

# **Домашняя работа по физике за 10-11 классы**

**к «Сборнику задач по физике для 10-11 классов  
общеобразовательных учреждений» Г.Н. Степанова,  
М.: «Просвещение», 2000 г.**

**учебно-практическое  
пособие**

1. а) да, т.к. расстояние во много раз больше диаметра Луны и Земли;  
 б) нет, т.к. понятия точки и диаметра несовместимы;  
 в) да, т.к. действие силы тяжести на сферически-симметричное тело подобно действию на точку;  
 г) нет, т.к. слово поверхность предполагает размер тела, а точка его не имеет;  
 д) да, т.к. расстояние очень большое.

2. а) да;  
 б) нельзя считать, т.к. гимнастические упражнения и измерения роста предполагают размер и положение тела;  
 в) да;  
 г) нельзя считать, т.к. гимнастические упражнения и измерения роста предполагают размер и положение тела

3.

- а) да;                                      б) нельзя;                                      в) да;  
 г) нельзя;                                      д) нельзя.

4. A(-100; 75),    B(100; 75),                      C(100; -75)                      D(-100; -75),  
 K(-75; 50),                      M(75; 0),                      L(-50; -25),                      E(-125; 50),  
 F(125; -25),                      N(125; 25).

5. в XOY: A(3; 3),                      в X'O'Y': A(-10; 5).

6. XOY: A(8; 2),                      B(16; 4) X'O'Y': A(-3; -1),                      B(1; 0)  
 X''O''Y'': A(0; 15),                      B(20; 20)  
 Координаты зависят, расстояние нет.

7. На такси мы оплачиваем путь, на теплоходе, поезде и самолете – перемещение.

8. Путь равен  $2,5 \times 2 = 5$  м. Перемещение равно 0.

9. A(-6; 2),                      C(-6; 8), D(6; 8), B(6; -4)  
 $S = |AC| + |CD| + |DB| = |8 - 2| + |6 - (-6)| + |(-4) - 8| = 30$  м  
 $|\vec{S}| = |AB| = \sqrt{(6 - (-6))^2 + ((-4) - 2)^2} = 6\sqrt{5}$  м.

Ответ: 30 м,  $6\sqrt{5}$  м.

10. Пусть  $S_{i0}$  ( $i = 1, 2 \dots 6$ ) начальное положение,  $S_{i1}$  – конечное,  $|S_i|$  – модуль,  $S_{ix}$  и  $S_{iy}$  – проекции на ось

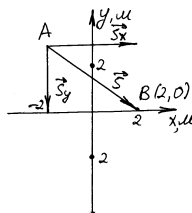
$$|S_i| = \sqrt{(S_{i0x} - S_{i1x})^2 + (S_{i0y} - S_{i1y})^2}$$

N	$S_{i0x}$	$S_{i0y}$	$S_{i1x}$	$S_{i1y}$	$ S_i , \text{ м}$	$S_{ix}$	$S_{iy}$
1	-5	3	-1	3	4	4	0
2	-3	-5	-3	-1	4	0	4
3	4	-2	1	-2	3	-3	0
4	1	3	4	1	$\sqrt{13}$	3	-2
5	-1	-2	-3	2	$2\sqrt{5}$	-2	4
6	6	4	3	3	$\sqrt{10}$	-3	-1

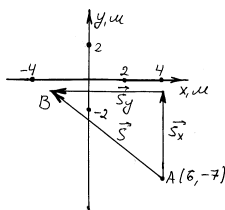
$$S_{ix} = S_{i1x} - S_{i0x},$$

$$S_{iy} = S_{i1y} - S_{i0y}.$$

$$11. |\vec{S}| = \sqrt{4^2 + (-3)^2} = 5 \text{ м.}$$



$$12. |\vec{S}| = \sqrt{(-8)^2 + 6^2} = 10 \text{ м.}$$

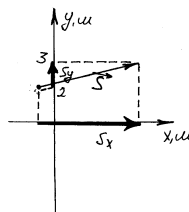


13.

$$|\vec{S}| = \sqrt{(5 - (-1))^2 + (3 - 2)^2} = \sqrt{37}$$

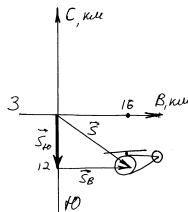
$$S_x = S - (-1) = 6$$

$$S_y = 3 - 2 = 1.$$



$$14. S = |\vec{S}_{ю}| + |\vec{S}_{в}| = |2| + |6| = 28$$

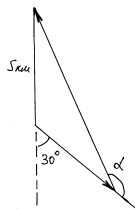
$$|\vec{S}| = \sqrt{12^2 + 16^2} = 20 \text{ км.}$$



15. Ошибка в условии.

$$180^\circ > \angle \alpha > 180 - 30 = 150^\circ$$

$\angle \alpha \neq 90^\circ$  никогда.



16. Не обязательно, т.к. точку пересечения материальные точки могут пройти в разное время.

17. Нет, т.к.  $1 \text{ м/с}$  – это только средняя скорость точки на каждом интервале.

18.  $x = -270 + 12t$  Движение равномерное

$$x(0) = -270 + 12 \cdot 0 = -270 \quad \text{прямолинейное}$$

$$v_x = 12 \quad x(20) = -270 + 12 \cdot 20 = -30$$

$$S(20) = |-30 - (-270)| = 240$$

$$\text{Если } x = 0 \quad 0 = -270 + 12t \quad 12t = 270$$

19.  $x = 150 - 10t$ . Движение равномерное и прямолинейное

$$x(0) = 150 - 10 \cdot 0 = 150 \quad v = -10 \text{ м/с}$$

$$100 = 150 - 10t \quad 10t = 50 \quad t = 5 \text{ с}$$

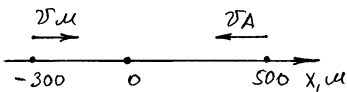
20.  $x = 20t$  – Движение равномерное и прямолинейное

$$x(0) = 20 \cdot 0 = 0 \quad v = 20 \text{ м/с}$$

$$x(15) = 300 \text{ м} \quad x(15) = 20 \cdot 15 = 300 \text{ м}$$

$$x = 100 \text{ м} \quad \text{в момент} \quad t = 5 \text{ с}$$

21.  $x_a = 500 - 20t$  ;  $x_m = -300 + 10t$



$$x_a(5) = 500 - 20 \cdot 5 = 400 \text{ м.}$$

$$x_m(5) = -300 + 10 \cdot 5 = -250 \text{ м.}$$

$$\text{при } x_a = 0 \quad 500 - 20t = 0$$

$$t = 25 \text{ с}$$

$$\text{при } x_m = 0 \quad -300 + 10t = 0$$

$$t = 30 \text{ с.}$$

$$\text{Встреча } x_a = x_m \quad 500 - 20t = -300 + 10t$$

$$30t = 800$$

$$t = \frac{80}{3} \approx 26,7 \text{ с}$$

$$x_{\text{встречи}} = \frac{80}{3} \cdot 10 - 300 =$$

$$= -\frac{80}{3} \cdot 20 + 500 \approx -33\text{м}$$

$$1,5 \text{ мин} = 90\text{с}$$

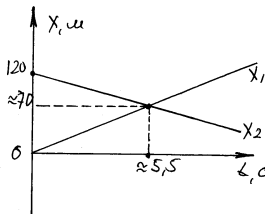
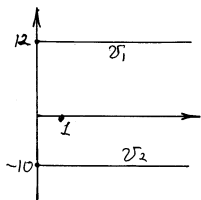
$$r(90) = |x_a(90) - x_m(90)| = |500 - 20 \cdot 90 - (-300) - 10 \cdot 90| = |-1900| = 1900\text{м.}$$

**22. Движения велосипедистов равномерные и прямолинейные.**

$$x_1 = 12t, \quad x_2 = 120 - 10t$$

$$v_A = 12 \text{ м/с}$$

$x_{\text{встречи}}$ , если  $x_1 = x_2$



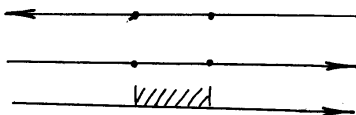
$$12t = 120 - 10t$$

$$22t = 120 \quad t = \frac{120}{22}$$

$$t \approx 5,45\text{с}$$

$$x = 12 \cdot \frac{120}{22} \approx 65,45\text{м}$$

**23. Если  $t_{10} < t_{21}$ ,  $t_{20} < t_{11}$ , то поезда пройти не смогут.**



$$x_1 = 72t \quad t_1 = \frac{x_1}{72}$$

$$x_2 = 40 + 30 - 54t$$

$$t_2 = \frac{70 - x_2}{54}$$

$$t_{10} = \frac{39,25}{72} = \frac{29,4375}{54} \text{ ч}$$

$$t_{11} = \frac{41,75}{72} = \frac{31,3125}{54} \text{ ч}$$

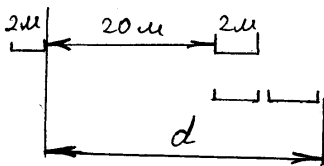
$$t_{20} = \frac{70 - 41,75}{54} = \frac{29,25}{54} \text{ ч}$$

$$t_{21} = \frac{70 - 39,25}{54} = \frac{31,75}{54} \text{ ч}$$

$$t_{10} < t_{21}$$

$$t_{20} < t_{11}$$

Значит поезда не могут пройти узкий участок.



**24. до обгона**

после обгона

$d = 20 + 2 = 22\text{м}$ , т.е. за оставшиеся  $300 - 2 = 298\text{м}$ , второй должен пройти на 22м больше.

$$S_2 = \frac{S_1}{V_1} \cdot V_2 = \frac{298}{60} \cdot 80 \approx 397,3\text{м},$$

т.е. второй пройдет больше почти на 100м.

100м > 22м, значит, он успеет обогнать.

25. I в состоянии покоя, II движется равномерно и прямолинейно.

$$x_1 = 0; x_2 = 100 - \frac{100}{20}t = 100 - 5t$$

Точка пересечения  $t = 20$ с место и время встречи этих тел.

26. I  $x(0) = 10$   $x(t) = 10$   $v = 0$  м/с

II  $x(0) = 0$   $x(t) = t$   $v = 1$  м/с

III  $x(0) = 10$   $x(t) = 10 - 1,5t$   $v = -1,5$  м/с

Графически: встречи

I-II  $t = 10$ ,  $x = 10$

I-III  $t = 0$ ,  $x = 10$

II-III  $t \approx 4$ ,  $x \approx 4$

Аналитически:

I-II  $10 = t$   $t = 10$ ,  $x = 10 \cdot 1 = 10$   $(t; x)$   $(10; 10)$

I-III  $10 = 10 - 1,5t$   $t = 0$ ,  $x = 10$   $(0; 10)$

II-III  $t = 10 - 15t$   $t = 4$ ,  $x = 1 \cdot 4 = 4$   $(4; 4)$

27. Равномерно и прямолинейно.

$$x_1(0) = 200\text{км}; v_1 = \frac{40-200}{4} = -40 \text{ км/ч}$$

$$x_2(0) = 120\text{км}; v_2 = \frac{40-120}{4} = -20 \text{ км/ч}$$

$$x_1 = 200 - 40t \quad x_2 = 120 - 20t$$

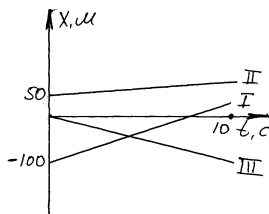
$$x_1 = x_2 \quad 200 - 40t = 120 - 20t \quad 20t = 80 \quad t = 4\text{с}$$

$$x = 200 - 40 \cdot 4 = 40$$

$$(t; x), \quad (4; 40)$$

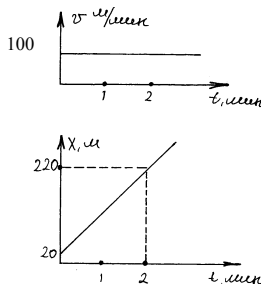
28.  $x_I = -100 + 15t$

$$x_2 = 50 + 5t \quad x_3 = -10t$$



$$29. v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{220 - 20}{2 - 0} = 100 \text{ м/мин}$$

$$x = 20 + 100t$$



$$30. v_x = \frac{x_2 - x_1}{\tau} = \frac{30 - 0}{\tau} = \frac{30}{\tau} \text{ м/с}$$

$$v_y = \frac{y_2 - y_1}{\tau} = \frac{-10 - 30}{\tau} = \frac{-40}{\tau} \text{ м/с}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{30^2 + (-40)^2} = \frac{50}{\tau} \text{ м/с.}$$

$$31. \text{ Найдем } v, \quad v = \sqrt{\frac{(x_2 - x_1)^2}{t} + \frac{(y_2 - y_1)^2}{t}} =$$

$$= \sqrt{\frac{(100 - 60)^2}{2} + \frac{(80 - 100)^2}{2}} = 10\sqrt{5} \approx 22,3 \text{ м/с} = 80,3 \text{ км/ч} > 60 \text{ км/ч}$$

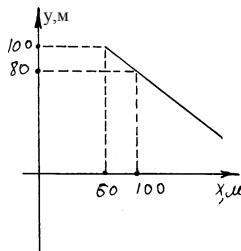
водитель превысил скорость.

32. Т.к. водитель движется по прямой, то рассмотрим  $V_x$

$$v_x = \frac{100 - 60}{2} = 20 \text{ м/с}$$

$$x(2 + 4) = x(6) = 100 + 4 \cdot 20 = 260 \text{ м}$$

$x_{\text{инспектора}} = 220 \text{ м} < 260 \text{ м}$ , т.е. ему придется догонять водителя.



33. прямая направлена вдоль дороги;

- 1) окружность с центром в этой точке и радиусом равным радиусу колеса;
- 2) неподвижна.

34. Они не подвижны относительно друг друга.

35. Да, если А и В двигаются по окружности вокруг одного центра, причем  $r(B) = 2r(A)$ .

36. а) я

б) двигаюсь на юг со скоростью 120 км/ч

в) двигаюсь на юг с  $90 + 80 = 170 \text{ км/ч}$ .

37.  $v_n = 1,5 \text{ м/с}$   $v_m$  относительно плота  $\frac{4m}{4c} = 1 \text{ м/с}$

$v_m$  относительно берега  $\sqrt{v_m^2 + v_n^2} = \sqrt{1,5^2 + 1^2} \approx 1,8 \text{ м/с}$

Система	Перемещение	
	мальчик	плот
Плот	$S = vt = 1 \cdot 4 = 4 \text{ м}$	$S = vt = 0 \cdot 4 = 0 \text{ м}$
Берег	$S = vt = 1,8 \cdot 4 = 7,2 \text{ м}$	$S = vt = 1,5 \cdot 4 = 6 \text{ м}$

38.  $v'_{\text{вел}} = 10 \text{ м/с} + 6 \text{ м/с} = 16 \text{ м/с}$

39. а)  $v = v_c + v_p = 1000 + 1000 = 2000 \text{ м/с}$

б)  $v = v_c - v_p = 1000 - 1000 = 0 \text{ м/с}$

в)  $v = \sqrt{v_c^2 + v_p^2} = \sqrt{1600^2 + 1000^2} \approx 1915 \text{ м/с}$

40.  $v'_n = \sqrt{v_e^2 + v_n^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \text{ м/с}$

41.  $v = v_B - v_L = 15 - 9 = 6 \text{ км/ч}$

Флажок вытягивается вперед.

42.  $v' = v_1 + v_2 = 54 + 72 = 126 \text{ км/ч} = 35 \text{ м/с}$

$t = \frac{l}{v'} = \frac{150 \text{ м}}{35 \text{ м/с}} \approx 4,3 \text{ с}$  Ответ: 4,3с.

43. до обгона  $V_1 = 54 \text{ км/ч} = 15 \text{ м/с}$

после  $t = \frac{2l}{v'}$   $v' = v_1 - v_2$   $t = \frac{2l}{v_1 - v_2} = \frac{2 \cdot 150}{15 - 10} = 60 \text{ с}$

Ответ: 60с.

44.  $t_{\text{полета мяча}} = t_{\text{встр}}$  От 30м до встречи

$t_{\text{встр}} = \frac{l}{v'}$   $v' = 2v = 2 \cdot 2 = 4 \text{ м/с}$

$t_{\text{встр}} = \frac{30 \text{ м}}{4} = 7,5 \text{ м/с}$

$S = vt = 5 \text{ м/с} \cdot 7,5 = 37,5 \text{ м}$  Ответ: 37,5м.

45.  $v_3 = \frac{l}{1}$  ;  $v_n = \frac{l}{3}$

$v' = v_3 + v_n = \frac{l}{1} + \frac{l}{3} = \frac{4}{3} l$   $t = \frac{l}{\frac{4l}{3}} = \frac{3}{4} \text{ мин. или } 45 \text{ с}$

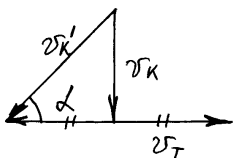


46. Нет,

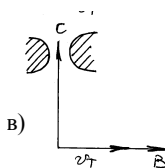
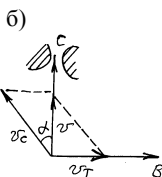
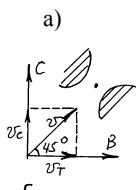
$$S' = S \cos \alpha \quad v_{\text{наполнения}} = v'_k = \frac{v_k}{\cos \alpha} = A v_k S$$

$$A S \cos \alpha \frac{v_k}{\cos \alpha} = A v_k \cos \alpha$$

$$47. \operatorname{tg} \alpha = \frac{v_k}{v_m} = \frac{6}{2} = 3 \quad \alpha = \operatorname{arctg} 3 \approx 71^\circ 3'$$



48. а)  $v_c = 5$  м/с на север



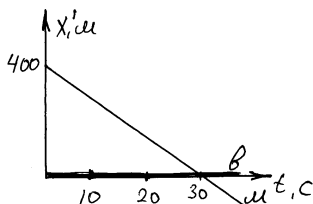
$$\text{б) } \sin \alpha = \frac{v_m}{v_c} = \frac{5}{9} \quad \alpha = \arcsin \frac{5}{9} \approx 33,7^\circ$$

в) Для того, чтобы войти в проход, судно должно иметь составляющую скорость, направленную на запад 5 м/с, тогда составляющая скорости на север  $v' = \sqrt{v_c^2 - 5^2} \geq 0$ , тогда как  $v_c > 5$  м/с.

$$49. x'(0) = 500 - 100 = 400$$

$$v' = v_m - v_b = -\frac{500}{50} - \frac{200-100}{30} = -10 - 3\frac{1}{3} = -13\frac{1}{3} \text{ м/с}$$

$$x' = x'_0 - vt = 400 - 13\frac{1}{3}t$$



$$50. x_2 = 0 \quad x_a = -100 + \frac{0 - (-100)}{5} t = -100 + 20t$$

$$а) \text{ гр. } x = 10t \quad \text{авт. } x = 10t + (-100) + 20t = -100 + 30t$$

$$б) \text{ гр. } x = -10t \quad \text{авт. } x = -10t + (-100) + 20t = -100 + 10t$$

$$51. v_c = \frac{S_1 + S_2}{t_1 + t_2} = \frac{S_1 + v_2 t_2}{t_1 + t_2} = \frac{90 + 3 \cdot 50}{2 + 5} = 48 \text{ км/ч}$$

$$52. S_1 = S_2 \quad v = \frac{S_1 + S_2}{\frac{S_1}{v_1} + \frac{S_2}{v_2}} = \frac{2 \cdot v_1 v_2}{v_1 + v_2} = \frac{2 \cdot 30 \cdot 20}{30 + 20} = 24 \text{ км/ч}$$

$$53. v_c = \frac{S}{\frac{S_1}{v_1} + \frac{S_2}{v_2}} \quad S_1 = \frac{S}{4} \quad S_2 = \frac{3S}{4}$$

$$\frac{S_2}{v_2} = \frac{S}{v_c} - \frac{S_1}{v_1} \quad v_2 = \frac{S_2}{\frac{S}{v_c} - \frac{S_1}{v_1}} = \frac{\frac{3}{4}S}{\frac{S}{40} - \frac{S}{4 \cdot 60}} = 48 \cdot \frac{3}{4} = 36 \text{ км/ч}$$

54. А достигнет С раньше, чем В, т.к. при движении по ямке его скорость  $v \geq v_0$ , а у В  $v \leq v_0$ . Шарик В может вообще не достичь С, если  $v_0$  слишком маленькая, но если В достигает С, то  $v_c = v_A$ , т.к. поступательная энергия в точках А, В, С шариков одинаковая,

следовательно, одинаковая и кинетическая энергия  $\frac{mv^2}{2}$  шариков

А и В.

$$55. t_{ADC} < t_{ABC}$$

$$56. a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{20 - 0}{10} = 2 \text{ м/с}^2 \quad 108 \text{ км/ч} = 30 \text{ м/с}$$

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{30 - 0}{2} = 15 \text{ с} \quad \text{Ответ: } 2 \text{ м/с}^2, 15 \text{ с.}$$

$$57. v = v_0 + at = 10 + 0,5 \cdot 20 = 20 \text{ м/с}$$

$$58. t = \frac{v_1 - v_0}{a} = \frac{30 - 15}{0,5} = 30 \text{ с} \quad \text{Ответ: } 30 \text{ с.}$$

$$59. a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{10 - 0}{10} = 1 \text{ м/с}^2 \quad \text{в системе, связанной с автомобилем}$$

$$v_0 = -15 \text{ м/с} \quad v = -15 + 10 = -5 \text{ м/с}$$

$$a = \frac{-5 - (-15)}{10} = 1 \text{ м/с}^2, \text{ т.е. ускорение не изменится.}$$

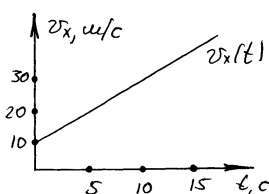
60. а) движение равноускоренное;

б)  $v_0 = 10 \text{ м/с}$

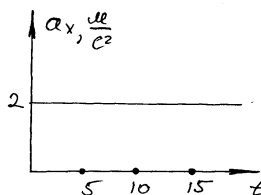
в)  $a = 2 \text{ м/с}^2$

г)  $v(5) = 10 + 2 \cdot 5 = 20 \text{ м/с},$

$v(10) = 10 + 2 \cdot 10 = 30 \text{ м/с}$



д)



е)

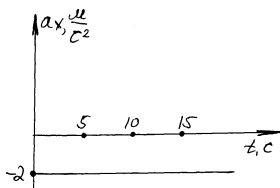
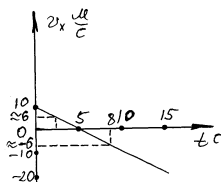
61. а) движение равноускоренное;

б)  $v_0 = 10 \text{ м/с};$

в)  $a = -2 \text{ м/с}^2, \vec{a} \text{ и } \vec{v}_0$  разнонаправлены

г)  $a_x = -2 \text{ м/с}^2$

д)



е)  $v(2) = 10 - 2 \cdot 2 = 6 \text{ м/с}$

$v(8) = 10 - 2 \cdot 8 = -6 \text{ м/с}$

модули скорости тела через 2с и 8с совпадают

$|v| = 6 \text{ м/с},$  а направления скорости различны

ж) момент времени, при котором  $v = 0$

62. а) равноускоренное

б)  $v_0 = 10 \text{ м/с}$

в)  $a = \frac{40-10}{9} \approx 3,33 \text{ м/с}^2$

г)  $v = 10 + 3,33t$

$v(2) = 10 + 3,33 \cdot 2 = 16,7 \text{ м/с}$

$v(5) = 10 + 3,33 \cdot 5 = 26,7 \text{ м/с}$

### 63. Движение равноускоренное

$$v_0 = 15 \text{ м/с} \quad a = \frac{0-15}{5} = -5 \text{ м/с}^2$$

$v = 15 - 5t$  в точке В  $v = 0$ , после тело движется в обратную сторону.

64. I.  $v_0 = 0 \quad a = \frac{20-0}{20} = 1 \text{ м/с}^2$

$$x(t) = v_0 t + \frac{at^2}{2} + x_0 = \frac{1}{2} t^2 + x_{01}$$

II.  $v_0 = 20 \quad a = \frac{0-20}{10} = -2 \text{ м/с}^2$

$$x(t) = 20t - \frac{2t^2}{2} + x_{02} = 20t - t^2 + x_{02}$$

Точка пересечения – момент, при котором  $v_1 = v_2$ .

### 65. I. в состоянии покоя

$$v_0 = 10 \text{ м/с} \quad a = 0 \quad x = 10t + x_{01}$$

### II. равноускоренное

$$v_0 = 20 \text{ м/с} \quad a = \frac{0-20}{20} = -2 \text{ м/с}^2$$

$$x = 20t - \frac{1}{2} t^2 + x_{02}$$

### III. равноускоренное

$$v_0 = -15 \text{ в/с} \quad a = \frac{-(-15)}{15} = 1 \text{ м/с}^2 \quad x = -15t + \frac{1}{2} t^2 + x_{03}$$

О времени встречи тела I и тела II сказать ничего нельзя, т.к.  $x_{01}$  и  $x_{02}$  неизвестны.

66.  $a = 2 \text{ м/с}^2 \quad v = v_0 + at = 10 + 2t$

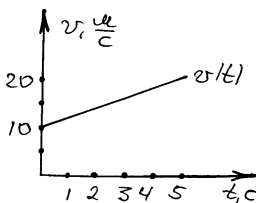


Рис 66

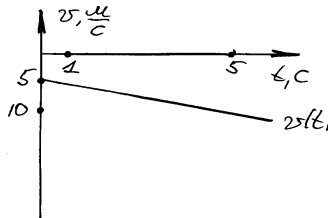
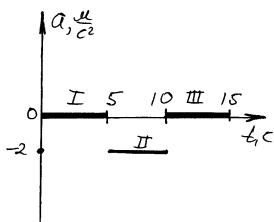


Рис 67

67.  $a = -1 \text{ м/с}^2 \quad v = -5 - t$  – скорость все время увеличивается, знак минус означает, что направление  $\vec{x}$  противоположно скорости  $\vec{v}$

**68.** От 0с до 5с и от 10с до 15с – равномерное, от 5с до 10с – равноускоренное.



I.  $a = 0$   $v = 5$  м/с

II.  $a = \frac{-5-5}{10-5} = -2$  м/с<sup>2</sup>  $v = 5 - 2(t-5) = 5 + 10 - 2t = 15 - 2t$

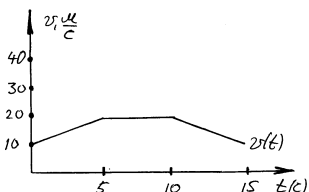
III.  $a = 0$   $v = -5$  м/с

**69.** I. от 0с до 5с  $a = 2$  м/с<sup>2</sup>  $v = 10 + 2t$

$v(5) = 10 + 2 \cdot 5 = 20$  м/с

II. от 5с до 10с  $a = 0$   $v = 20$  м/с

III. от 10с до 15с  $a = -2$  м/с<sup>2</sup>  
 $v = 20 - 2(t-10) = 20 + 20 - 2t = 40 - 2t$



**70.** Очевидно с 10 по 20 секунды  $a=0$  и  $v = \text{const}$ , т.к. с 0 до 10с  $a>0$  ( $a=1$ ), то скорость увеличивается и достигает максимального значения на 10с.

**71.**  $S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$   $S = 0,1$ м,  $v_0 = 0$   $t = 1$ с

$0,1 = \frac{a \cdot 1^2}{2}$   $a = 0,2$  м/с<sup>2</sup>  $S(3) = \frac{at^2}{2} = \frac{0,2 \cdot 3^2}{2} = 0,9$  м

**72.**  $S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ ;  $v_0 = 0$ ;  $S = \frac{at^2}{2}$   $t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 100}{0,5}} = 20$ с

**73.**  $S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$   $v_0 = 0$   $S = \frac{at^2}{2}$   $a = \frac{2S}{t^2}$

$a = \frac{2 \cdot 25}{5^2} = 2$  м/с<sup>2</sup>  $v(10) = at = 2 \cdot 10 = 20$  м/с

$$74. a = \frac{v-v_0}{t} = \frac{0-15}{10} = -1,5 \text{ м/с}^2$$

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2} = 15 \cdot 10 - \frac{1,5 \cdot 10^2}{2} = 75 \text{ м.}$$

$$75. S = v_0 t + \frac{at^2}{2} = \frac{at^2}{2}, \text{ т.к. } v_0 = 0 \quad a = \frac{v-v_0}{t} = \frac{v}{t}, \text{ т.к. } v_0 = 0$$

$$t = \frac{v}{a}; \quad S = \frac{a\left(\frac{v}{a}\right)^2}{2} = \frac{v^2}{2a} \quad a = \frac{v^2}{2S}$$

$$a = \frac{10^2}{2 \cdot 1000} = 0,05 \text{ м/с}^2 \quad S' = 2 \text{ км} = \frac{at'^2}{2}$$

$$t' = \sqrt{\frac{2S'}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2000}{0,05}} \approx 283 \text{ с} \quad v' = at' = 0,05 \cdot 283 = 14,15 \text{ м/с}$$

$$\Delta v = v' - v = 14,15 - 10 = 4,15 \text{ м/с.}$$

$$76. S(4) - S(3) = 7 \text{ м}$$

$$S = \frac{at^2}{2}, \text{ т.к. } v_0 = 0$$

$$S(4) - S(3) = \frac{a \cdot 4^2}{2} - \frac{a \cdot 3^2}{2} = 7$$

$$a(16 - 9) = 14 \text{ м/с}^2 \quad a = \frac{14}{7} = 2 \text{ м/с}^2$$

$$S(10) = \frac{at^2}{2} = \frac{2 \cdot 10^2}{2} = 100 \text{ м} \quad v = at = 2 \cdot 10 = 20 \text{ м/с.}$$

$$77. a = \frac{v-v_0}{t} = \frac{19-15}{t} = \frac{4}{t} \quad t = \frac{4}{a}$$

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \text{ т.к. } t = \frac{4}{a} \quad S = v_0 \frac{4}{a} + \frac{a\left(\frac{4}{a}\right)^2}{2} = 340 \text{ м}$$

$$v_0 = 15 \text{ м/с} \quad 15 \cdot \frac{4}{a} + \frac{a\left(\frac{4}{a}\right)^2}{2} = 340 \text{ м}$$

$$\frac{60}{a} + \frac{8}{a} = 340 \quad \frac{68}{a} = 340 \quad a = \frac{68}{340} = 0,2 \text{ м/с}^2$$

$$t = \frac{4}{a} = \frac{4}{0,2} = 20 \text{ с.}$$

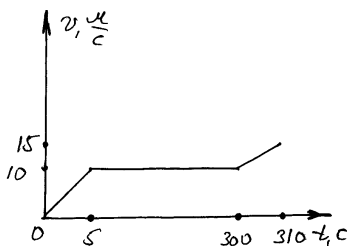
$$78. S = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad a = \frac{v-v_0}{t} \quad S = v_0 t + \frac{(v-v_0)t^2}{2}$$

$$S = v_0 t + \frac{v-v_0}{2} t \quad S = t(v_0 + \frac{v}{2} - \frac{v_0}{2})$$

$$S = \frac{t}{2}(v + v_0) \quad v_0 = \frac{2S}{t} - v = \frac{2 \cdot 100}{20} - 8 = 2 \text{ м/с}$$

$$a = \frac{v-v_0}{t} = \frac{8-2}{20} = 0,3 \text{ м/с}^2$$

$$79. v_{cp} = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{t_1 + t_2 + t_3} \quad 5 \text{ мин} = 300 \text{ с}$$



$$S_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{2 \text{ м/с} \cdot (5 \text{ с})^2}{2} = 25 \text{ м}, \quad v = a_1 t_1 = 2 \cdot 5 = 10 \text{ м/с}$$

$$S_2 = v t_2 = 10 \cdot 300 = 3000 \text{ м}; \quad a_3 = \frac{v_1 - v}{t_3} = \frac{15 - 10}{10} = 0,5 \text{ м/с}^2$$

$$S_3 = \frac{a_3 t_3^2}{2} = \frac{0,5 \cdot 10^2}{2} = 25 \text{ м} \quad \frac{25 + 3000 + 25}{5 + 300 + 10} = 9,68 \text{ м/с}$$

$$S = 25 + 3000 + 25 = 3050 \text{ м.}$$

$$80. X = V_0 t + \frac{at^2}{2} + X_0 \quad V_x = -10 + 3t$$

$$V_0 = -10 \text{ м/с} \quad a = 3 \text{ м/с}^2$$

$$X = -10t + \frac{3}{2}t^2 + 0 = -10t + \frac{3}{2}t^2$$

$$X(5) = -10 \cdot 5 + \frac{3}{2} \cdot 5^2 = 187,5 \text{ м} \quad S = X(15) - X(0) = 187,5 - 0 = 187,5 \text{ м.}$$

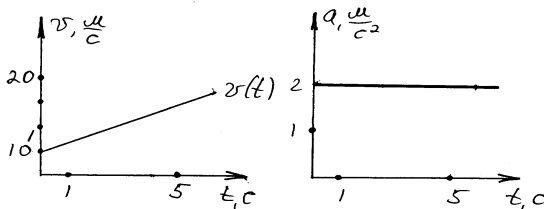
81. а) равноускоренное;

б)  $X = X_0 + V_0 t + \frac{a}{2} t^2$        $X_0 = 20\text{м},$        $V_0 = 5\text{м/с},$        $a = 2\text{ м/с}^2;$

в)  $V = V_0 + at = 5 + 2t;$

г)  $a = 2\text{м/с}^2;$

д)

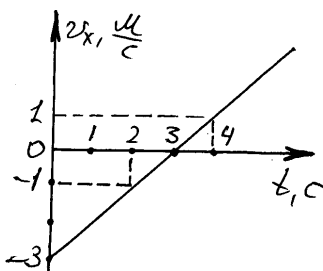


е)  $X(3) = 20 + 5 \cdot 3 + \frac{2 \cdot 3^2}{2} = 44\text{м};$

ж)  $S(3) = X(3) - X(0) = 44 - 20 = 24\text{м};$

з)  $\ell = |S| = 24\text{м}.$

82. а) равноускоренное  $X = X_0 + V_0 t + \frac{a}{2} t^2;$



б)  $X_0 = 15,$        $V_0 = -3\text{ м/с}$        $a_0 = 1\text{ м/с}^2;$

в)  $V = V_0 + at = -3 + t$

г) графически  $V(2) \approx 1\text{ м/с},$        $V(4) \approx 1\text{ м/с}$

аналитически:  $V(2) = -3 + 2 = -1\text{ м/с},$        $V(4) = -3 + 4 = 1\text{ м/с}$

Скорости тела на 2 и 4 секунды равны между собой по модулю, но противоположны по направлению.

д)  $X(3) = 15 - 3 \cdot 3 + 0,5 \cdot 3^2 = 10,5\text{м}$

$S(3) = |X(3) - X(0)| = |10,5 - 15| = 4,5\text{м}$

е)  $S(6) = |X(6) - X(0)| = |15 - 3 \cdot 6 + 0,5 \cdot 6^2 - 15| = 0$

ж)  $\ell(6) = S(t) + S(\text{от } t \text{ до } 6),$  где  $t$  – момент времени, при котором  $V = 0$

$V = -3 + t = 0 \Rightarrow t = 3\text{с}$



$$S(3) = 4,5 \text{ м (пункт д)}$$

$$S(\text{от } 3 \text{ до } 6) = |S(6) - S(3)| = |0 - 4,5| = 4,5 \text{ м}$$

$$\ell = 4,5 + 4,5 = 9 \text{ м.}$$

83. а) равноускоренное  $X = X_0 + Vt + \frac{a}{2} t^2$

б)  $X_0 = 24 \text{ м}$

в)  $V_0 = 10 \text{ м/с}$

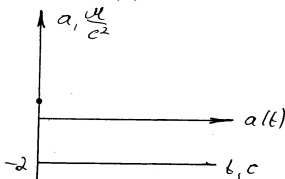
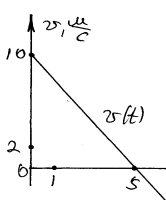
г)  $a = -2 \text{ м/с}^2$

д)  $V = V_0 + at = 10 - 2t$

$a = -2 \text{ м/с}^2$

е)  $V(2) = 10 - 2 \cdot 2 = 6 \text{ м/с}$

$V(4) = 10 - 2 \cdot 4 = 2 \text{ м/с}$



скорость с течением времени уменьшается, т.к.  $a < 0$

ж)  $S(10) = |X(10) - X(0)| = |24 + 10 \cdot 10 - 10^2 - 24| = 0$

з)  $\ell(10) = \ell(t) + \ell(\text{от } t \text{ до } 10)$ , где  $t$  – время, при котором  $V=0$

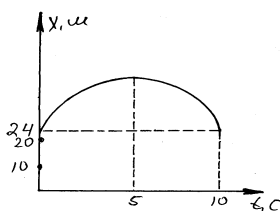
$V = V_0 + at = 10 - 2t$   $10 - 2t = 0$ ,  $t = 5 \text{ с}$

$\ell(5) = S(5) = |X(5) - X(0)| = 24 + 10 \cdot 5 - 5^2 - 24 = 25 \text{ м}$

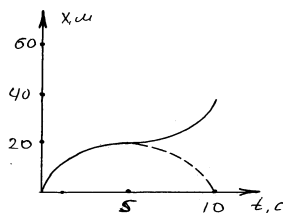
$\ell(\text{от } 5 \text{ до } 10) = |S(10) - S(5)| = |0 - 25| = 25 \text{ м}$

$\ell(10) = 25 + 25 = 50 \text{ м}$

и)



к)



84. Движения равноускоренные.

$X_1 = 10t + 0,4t^2$

$X_2 = -6t + 2t^2$

Встреча:  $X_1 = X_2$

$10t + 0,4t^2 = -6t + 2t^2$

$16t = 1,6t^2$

$t_1 = 0$

$16 = 1,6t$

$t_2 = 10$

$X(0) = 10 \cdot 0 + 0,4 \cdot 0^2 = 0$

$(t; X) = (0; 0) \text{ и } (10; 140)$

$X(10) = 10 \cdot 10 + 0,4 \cdot 10^2 = 140 \text{ м}$

$V = V_0 + at$

$V_1 = V_{01} + a_1 t$

$V_1 = 10 + 0,8t$

$V_2 = V_{02} + a_2 t$

$V_2 = -6 + 4t$

$$\begin{aligned}
 V_1 &= V_2 & 10 + 0,8t &= -6 + 4t & 16 &= 3,2t & t &= 5\text{с} \\
 V(5) &= 10 + 0,8 \cdot 5 = 14 \text{ м/с} \\
 r(5) &= |X_1(5) - X_2(5)| = |10 \cdot 5 + 0,5 \cdot 5^2 - (-6) \cdot 5 - 2 \cdot 5^2| = \\
 &= |50 + 10 + 30 - 50| = 40\text{м.}
 \end{aligned}$$

### 85. I. равноускоренное

II. равномерное

$$V_1 = V_0 + at = 2 + 0,4t, \quad V_2 = -4$$

При встрече  $X_1 = X_2 = X_{\text{встр}}$

$$2t + 0,2t^2 = 80 - 4t$$

$$0,2t^2 + 6t - 80 = 0$$

$$D = 6^2 - 4 \cdot 0,2 \cdot (-80) = 100$$

$$t_1 = \frac{-6 + \sqrt{100}}{2 \cdot 0,2} = 10\text{с,}$$

$$t_2 = \frac{-6 - \sqrt{100}}{2 \cdot 0,2} = -40\text{с}$$

$t_2 < 0$ , что не возможно по условию, следовательно,  $t_{\text{встр}} = 10\text{с}$ .

$$X_{\text{встр}} = X(10) = 2 \cdot 10 + 0,2 \cdot 10^2 = 40\text{м.}$$

$$r_{1,2} = |X_1 - X_2| = |2t + 0,2t - 80 + 46| = |0,2t + 6t - 80|$$

Т.к. при 10с автомобили встретятся, то  $r = 0$

$$S_1 = V_{01}t + \frac{at^2}{2} = 2 \cdot 10 + 0,2 \cdot 10^2 = 40\text{м}$$

$$S_2 = V_{02}t = -4 \cdot 10 = -40\text{м.}$$

### 86. при встрече

после остановки

От момента встречи до момента остановки расстояние между головными вагонами увеличится на  $2\ell$  м.

$$V_1 = V_0 - at^2, \quad S_1 = V_0t - \frac{at^2}{2}$$

$$V_2 = -V_0, \quad S_2 = V_2 - V_0t$$

$$r = S_1 - S_2 = V_0t - \frac{at^2}{2} - (-V_0t) = 2V_0t - \frac{at^2}{2}$$

$$t = 60\text{с} \quad V_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$a = \frac{V - V_0}{t} = \frac{0 - 10}{60} = -\frac{1}{6} \text{ м/с}^2$$

$$2\ell = 2 \cdot 10 \cdot 60 - \frac{1}{6 \cdot 2} \cdot 60^2,$$

$$2\ell = 1200 - 300$$

$$2\ell = 900$$

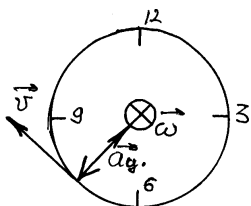
$$\ell = 450\text{м}$$

### 87. При движении колеса со скоростью $V$ (скорость его оси) точка соприкосновения с землей имеет $V = 0$ , а противоположная точка

2V. Скорость отрыва комочков грязи равна 2V, а скорость велосипедиста V, поэтому они могут его догнать.

$$88. V = \frac{1}{T_{12}}, \quad v_k = \frac{1}{0,5_c} = 2 \text{ Гц}, \quad V_{\text{я}} = \frac{1}{0,04_c} = 25 \text{ Гц}$$

$$89. \vec{\omega} \text{ направлен по правилу буравчика} \quad V = \frac{1}{T} = \frac{1}{60_c} \approx 0,017 \text{ Гц}$$



$$\omega = 2\pi V = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{60_c} = \frac{\pi}{30} \approx 0,105 \text{ рад/с}$$

$$V = \omega r = 0,105 \text{ рад/с} \cdot 0,1 \text{ м} = 0,0105 \text{ м/с}$$

$$a_y = \frac{V^2}{r} = \frac{(0,0105)^2}{0,1} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$$

$$90. T = 60 \text{ мин} = 3600 \text{ с}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \cdot 3,14}{3600} = 1,74 \cdot 10^{-3} \text{ рад/с}$$

$$V = \omega r = 1,74 \cdot 10^{-3} \cdot 4,5 = 7,9 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$$

$$91. V = \omega r \quad v = 2\pi\omega r = \frac{d}{2}, \quad v = \frac{V}{\pi d}$$

$$v = \frac{0,4 \text{ м/с}}{3,14 \cdot 0,16 \text{ м}} \approx 0,8 \text{ Гц}$$

$$92. V_1 = V_2, \quad V_3 = V_4, \quad \omega_2 = \omega_3$$

$$V_2 = V_1 = \omega_1 r_1 \quad \omega_3 = \omega_2 = \frac{V_2}{r_2} = \frac{\omega_1 r_1}{r_2}$$

$$v_4 = V_3 = \omega_3 r_3 = \frac{\omega_1 r_1 r_3}{r_2} \quad \omega_4 = \frac{V_4}{r_4} = \frac{\omega_1 r_1 r_3}{r_2 r_4}$$

$$v_4 = \frac{\omega_4}{2\pi} = \frac{2\pi v_1 r_1 r_3}{2\pi r_2 r_4} = v_1 \frac{r_1 r_3}{r_2 r_4} \quad v_4 = \frac{1200 \cdot 8 \cdot 11}{32 \cdot 55} = 60 \text{ об/мин} = 1 \text{ Гц}$$

$$93. V = \omega r, \quad \omega = \frac{V}{r} \quad r = \frac{V}{\omega} \quad v = \frac{1}{T} \quad \omega = 2\pi v$$

№	R, м	T, с	ω, рад/с	v, Гц	V, м/с
1	0,5	2	3,14	0,5	1,57
2	0,1	0,006	100	157	10
3	0,5	0,63	10	1,6	5
4	2	4	1,57	0,25	3,14
5	0,9	0,02	314	50	30

$$\begin{aligned}
 94. \quad r &= \frac{d}{2} & V_3 &= \omega_3 r_3 & \omega_3 &= \omega_2 \\
 \omega_2 &= \frac{V_2}{r_2} & V_2 &= V_1 & V_1 &= \omega_1 r_1 \\
 V_3 &= \frac{\omega_1 r_1 r_3}{r_2} & \omega_1 &= 2\pi\nu_1 & \nu &= 1200 \text{ об/мин} = 20 \text{ Гц} \\
 V &= \frac{2\pi\nu_1 r_1 r_3}{r_2} = \frac{2\pi\nu_1 d_1 d_3 \cdot 2}{d_2 \cdot 2 \cdot 2} = \frac{\pi\nu_1 d_1 d_3}{d_2} = \frac{3,14 \cdot 0,12 \cdot 0,6}{0,3} = 15 \text{ м/с}.
 \end{aligned}$$

95. Пусть  $n_1$  и  $n_2$  число зубьев, а  $S$  – расстояние между ними

$$\begin{aligned}
 \nu &= \omega_3 r_3 & \omega_3 &= \omega_2 & \omega_2 r_2 &= \omega_1 r_1 \\
 V &= \frac{\omega_1 r_1 r_3}{r_2} & \omega_1 &= 2\pi\nu_1 & r_1 &= \frac{n_1 S}{2\pi} & r_2 &= \frac{n_2 S}{2\pi} \\
 r_3 &= \frac{d_3}{2} & \nu &= 1 \text{ Гц} \\
 V &= \frac{\nu n_1 d_3}{n_2} = \frac{1 \cdot 3,14 \cdot 48 \cdot 0,7}{18} = 5,86 \text{ м/с}.
 \end{aligned}$$

96.  $V = \frac{\nu n_1 d_3}{n_2} = \frac{1 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 0,5}{15} = 5 \text{ м/с}.$

97. а) скорость уменьшится;

б) скорость уменьшится.

98.  $V_1$  – линейная скорость гайки вокруг болта,

$V_2$  – линейная скорость гайки вдоль болта

$$V_2 = V_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad V_1 = \omega R, \quad \omega = \frac{V_1}{R} = \frac{V_2}{R \operatorname{tg} \alpha}$$

$$\tau = \frac{\ell}{V_2} \quad V_2 = \frac{\ell}{\tau} \quad \omega = \frac{\ell}{\tau R \operatorname{tg} \alpha} = \frac{\ell \cos \alpha}{\tau \sin \alpha}$$

99.

№	T, с	V, м/с	R, м	$\alpha$ , м/с <sup>2</sup>	$\omega$ , рад/с
1	0,1	12,5	0,2	800	62,5
2	250	20	800	0,5	0,025
3	12,5	20	40	10	0,5
4	0,39	20	1,25	320	16
5	0,046	82	0,6	11000	137

100. а) сила тяжести компенсируется силой Архимеда;

б) сила тяжести компенсируется силой реакции со стороны дна ручья, сила давления воды компенсируется силой трения покоя;

в) сила тяжести компенсируется силой Архимеда, движущая сила винта компенсируется сопротивлением воды.

101. а) сила тяжести компенсируется сопротивлением воздуха;  
 б) сила Архимеда (в воздухе) компенсируется силой тяжести и сопротивлением воздуха;  
 в) сила Архимеда компенсируется силой тяжести и силой натяжения каната.

102. На вагон действует сила тяжести, скомпенсированная силой реакции со стороны рельс во время толчка на вагон, действует сила со стороны тепловоза, а после – сила трения качения. Вагон после толчка покатится, а потом через некоторое время остановится.

103. Движение по инерции – это движение тела равномерно и прямолинейно, если действие внешних сил скомпенсировано. Поэтому по инерции движется только г) пузырек в трубке. Но мы обычно употребляем выражение движется по инерции как раз для случаев а) и в).

104. Аналогично – г), но мы употребляем для б).

105. Если скорость катера в стоячей воде равна скорости течения.

106. При землетрясении толчки действуют сначала на основание зданий, в то время, как само здание стремится остаться в покое. В результате возникает сила, сдвигающая основание относительно самого здания. Жесткая связь между ними нарушается и здание рушится.

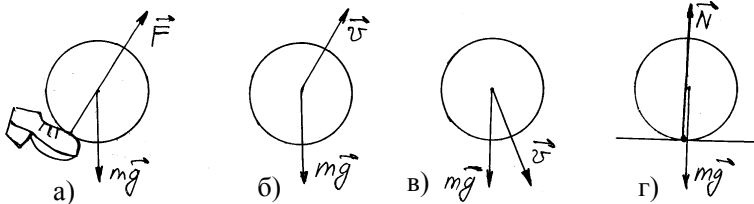
107. Мяч упадет на пол вертикально вниз – на него не действуют силы,двигающие его относительно вертикали, т.к. поезд движется равномерно и прямолинейно.

108. Собаке трудно изменить направление своего движения, т.к. она имеет большую массу и поэтому для изменения направления движения требуется или большая сила – сила трения ног собаки и земли, которая не может превышать некоторого предела или при меньшей силе большее время.

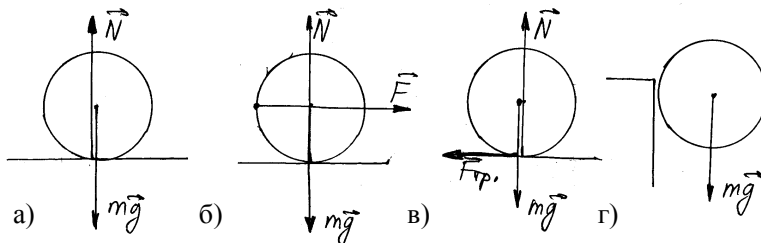
109. Для изменения направления движения бревен требуется большая сила, направленная перпендикулярно скорости, но как известно, сила взаимодействия воды и бревна очень мала (жидкое трение), поэтому бревна прибывает к берегу.

110. Поезд затормозил и мяч покатился по инерции вперед.

111.



112.



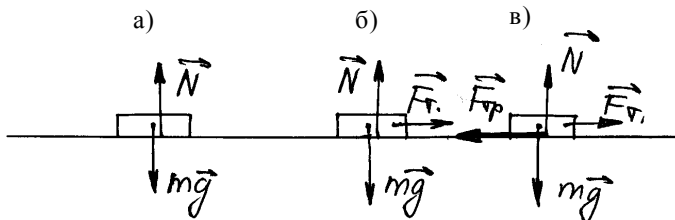
113. а) на человека действует сила тяжести и реакция опоры – пол лифта  $|\overline{mg}| = |\overline{N}|$ ;

б) на него действует сила тяжести и реакция опоры  $|\overline{mg}| < |\overline{N}|$ ;

в) аналогично а);

г) на него действует сила тяжести и сила реакции  $|\overline{mg}| > |\overline{N}|$ .

114.

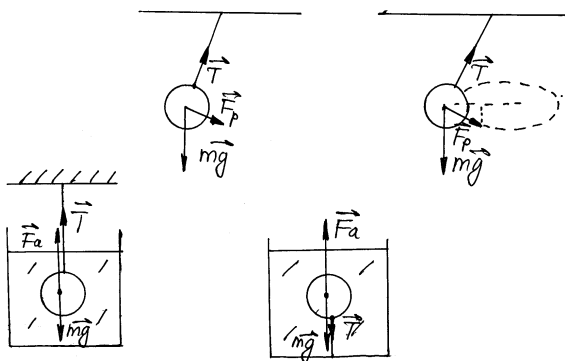


115. а)  $\vec{F}_p$  – равнодействующая

$T$  – натяжение нити

пад – сила тяжести

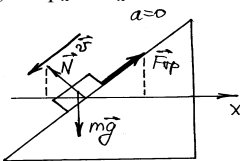
б) аналогично а)



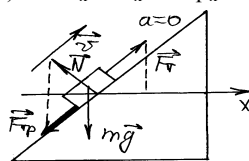
в)  $\overline{F_a}$  – сила Архимеда

116.

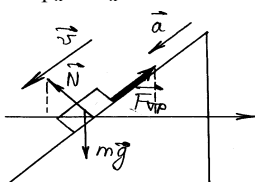
а)  $F_{\text{тр}x} = N_x$



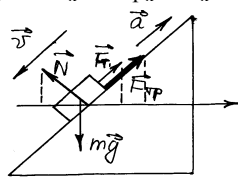
б)  $F_{\text{тяг}x} - N_x - F_{\text{тр}x} = 0$



в)  $F_{\text{тр}x} - N_x < 0$

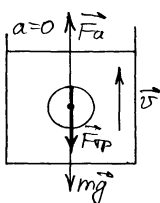


г)  $F_{\text{тяг}x} + F_{\text{тр}x} - N_x > 0$

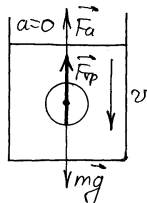


117.

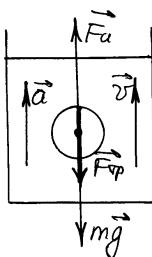
а)  $\overline{F_a} = \overline{F_{\text{тр}}} + \overline{mg}$



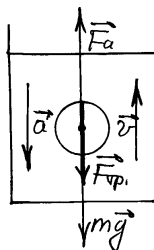
б)  $\overline{F_a} + \overline{F_{\text{тр}}} = \overline{mg}$



в)  $|\overline{F_a}| > |\overline{F_{\text{тр}}}| + |\overline{mg}|$



г)  $|\overline{F_a}| < |\overline{F_{\text{тр}}}| + |\overline{mg}|$



118.  $F = ma$      $F_1 = ma_1$      $F_2 = ma_2$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{ma_1}{a_2} = \frac{a_1}{a_2} \quad F_2 = \frac{F_1 a_2}{a_1} = \frac{50 \cdot 0,01}{0,1} = 5 \text{ H}$$

$$119. F = m_1 a_1 \quad F = m_2 a_2 \quad m_1 a_1 = m_2 a_2$$

$$a_2 = \frac{m_1 a_1}{m_2} = \frac{2\kappa_2 \cdot 2M / c^2}{5\kappa_2} = 0,8 \text{ М/с}^2.$$

$$120. a = \frac{F_1}{m_1} = \frac{F_2}{m_2} \quad F_2 = \frac{F_1 m_2}{m_1} = \frac{15H \cdot 2\kappa_2}{0,5\kappa_2} = 60H$$

$$121. S = \frac{at^2}{2} \quad a = \frac{2S}{t^2} \quad F = ma = \frac{2Sm}{t^2}$$

$$25 \text{ см} = 0,25\text{М} \quad 25\text{г} = 0,025\text{кг}$$

$$F = \frac{2 \cdot 0,25 \cdot 0,025}{1^2} = 0,0125H$$

$$122. S = \frac{at^2}{2} \quad V = at \quad t = \frac{V}{a}$$

$$S = \frac{a \left( \frac{V}{a} \right)^2}{2} = \frac{V^2}{2a} \quad a = \frac{V^2}{2S} \quad F = ma$$

$$F = \frac{mV^2}{2S} = \frac{2\kappa_2 \cdot (1000M / c)^2}{2 \cdot 3,5} = 2,86 \cdot 10^5 H$$

$$123. V = 10 + 0,5t \quad a = 0,5 \text{ М/с}^2 \quad F = ma \quad m = 1500 \text{ кг}$$

$$F = 0,5 \cdot 1500 = 750H$$

$$124. V_x = S - 3t \quad |a| = 3 \text{ М/с}^2 \quad m = \frac{F}{|a|} = \frac{6}{3} = 2 \text{ кг}$$

$$125. a = \frac{F}{m} = \frac{9 \cdot 10^4}{6 \cdot 10^4} = 1,5 \text{ М/с}^2 \quad V_0 = 0 \quad V = at = 1,5t$$

$$126. X = 20 - 10t + t^2 \quad X = X_0 + V_0 t + \frac{a}{2} t^2$$

$$a_x = 1 \cdot 2 = 2 \text{ М/с}^2 \quad F_x = ma_x = 500 \cdot 2 = 1000H$$

$$127. X = 100 + 5t + 0,5t^2 \quad X = X_0 + V_0 t + \frac{a}{2} t^2$$

$$a = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ М/с}^2 \quad m = \frac{F}{a} = \frac{150}{1} = 150\text{кг}$$

$$128. \text{I. } a_x = \frac{V - V_0}{t} = \frac{20 - 20}{30} = 0 \quad F_x = ma_x = 5\text{кг} \cdot 0 = 0$$

$$\text{II. } a_x = \frac{20 - 10}{30} = 0,33 \text{ М/с}^2 \quad F_x = ma_x = 5\text{кг} \cdot 0,33 \text{ М/с}^2 = 1,67H$$

$$\text{III. } a_x = \frac{0 - 30}{30} = -1 \text{ М/с}^2 \quad F_x = ma_x = 10\text{кг} \cdot (-1) \text{ М/с}^2 = -10H$$



$$129. F_x = ma_x \quad a_x = \frac{V - V_0}{t}$$

$$1) \text{ от } 0 \text{ до } 5\text{с} \quad a_x = \frac{10-0}{5} = 2 \text{ м/с}^2 \quad F_x = 2\text{кг} \cdot 2\text{м/с}^2 = 4\text{Н}$$

$$2) \text{ от } 5\text{с до } 10\text{с} \quad a_x = \frac{10-10}{0} = 0 \quad F_x = 2\text{кг} \cdot 0\text{м/с}^2 = 0$$

$$3) \text{ от } 10\text{с до } 20\text{с} \quad a_x = \frac{0-10}{10} = -1\text{м/с}^2 \quad F_x = 2\text{кг} \cdot -1\text{м/с}^2 = -2\text{Н}$$

130. В момент взлета да, затем весы опять придут в равновесие, т.к. клетка является замкнутой системой.

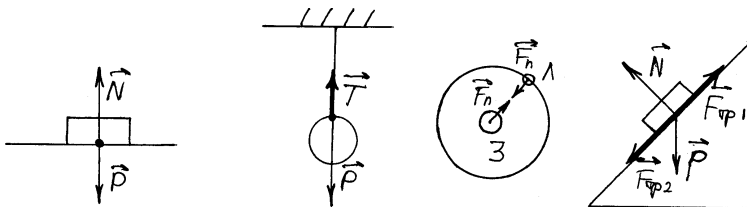
131. Так как ускорение вертолета равно 0, то сила, с которой он действует на землю равна  $mg$ , т.е. одинакова при а) и б).

132. Во втором, т.к. второй случай эквивалентен тому, что второй конец каната не привязан к стене, а его растягивает другой человек с силой  $2F$ .

133. Нет. Так как растягивание каната мальчиком с силой 100Н эквивалентно тому, что один конец каната закреплен, а к другому подвешен груз 100Н.

134. Динамометр показывает 1Н, т.к. подвеска груза 1Н и корпуса эквивалентна его жесткому креплению.

135.



а)  $\overline{P}$  – вес тела,  $\overline{N}$  – реакция опоры,  
 $T$  – натяжение  $\overline{F}_n$  – сила притяжения

б) \_\_\_\_\_ в)

г)  $\overline{F}_{тр1}$  – приложено к бруску  
 $\overline{F}_{тр2}$  – к наклонной плоскости

136. Не нарушится, т.к. система замкнута, т.е. сумма внутренних сил равна 0, а сумма внешних сил в обоих случаях не изменяется.

137. Верхний динамометр уменьшит показания на  $F_a = \rho Vg = 10\text{н/кг} \cdot 0,0002\text{м}^3 \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 = 2\text{Н}$ , соответственно второй увеличит показания на 2Н и тогда: 1) 2Н, 2) 10Н.

**138.** Да, изменится. Для восстановления равновесия на вторую чашу нужно положить груз весом  $P = F_a$

$$F_a = \rho b g V \quad V = \frac{m_{ал}}{\rho_{ал}} \quad m = \frac{\rho}{g}$$

$$m = \frac{\rho b m_{ал}}{\rho_{ал}} = \frac{1000 \text{ кг} / \text{м}^3 \cdot 0,054}{2700 \text{ кг} / \text{м}^3} = 0,02 \text{ кг} \text{ или } 20 \text{ г}.$$

**139.**  $F = \frac{G m_1 m_2}{R^2}$ , из этой формулы:

- а) сила удвоится; б) увеличится в 4 раза;  
в) увеличится в 9 раз.

**140.**  $F = \frac{G m_1 m_2}{R^2}$ , отсюда

- а) сила уменьшится в  $2^2 = 4$  раза; б) уменьшится в 9 раз;  
в) увеличится в  $\frac{1}{(1-0,5)^2} = 4$  раза.

**141.**  $F = \frac{G m M_3}{r^2}$

- а)  $r = R + R$ ,  $r^2 = 4R^2$  – уменьшится в 4 раза;  
б)  $r = R + 5R$ ,  $r^2 = 36R^2$  – уменьшится в 36 раз.

**142.**  $F = \frac{G m M_{\odot}}{r^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2 / \text{кг}^2 \cdot 1,99 \cdot 10^{30} \text{ кг} \cdot 80 \text{ кг}}{(1,5 \cdot 10^{11} \text{ м})^2} = 0,47 \text{ Н}$

$$F_{тяги} = g m = 9,8 \text{ Н/м} \cdot 80 \text{ кг} = 784 \text{ Н}$$

$$\frac{F_{тяги}}{F} = \frac{784}{0,47} \approx 1700 \quad F_{тяги} \text{ больше } F \text{ в } 1700 \text{ раз}.$$

**143.**  $F = \frac{G M m}{r^2} \quad r = \frac{D}{2} \quad M = F = \frac{4\pi}{3} r^3 \cdot \rho_3$

$$F = \frac{G \frac{4\pi}{3} \left(\frac{D}{2}\right)^3 m \rho_3}{\left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{2}{3} \pi G D m \rho_3 =$$

$$= \frac{2}{3} \cdot 3,14 \cdot 6,67 \cdot 10^{11} \cdot 22 \text{ м} \cdot 19300 \text{ кг} / \text{м}^3 \cdot m = 6 \cdot 10^5 \cdot m \text{ Н}, \text{ где}$$

$m$  – ваша масса в килограммах.

**144.**  $F = \frac{G M_{л} m}{R^2}$ ,  $M = \frac{4}{3} \pi R_{л}^3 \cdot \rho_{л}$ ;  $F = \frac{4}{3} \pi G R_{л} \rho_{л} m$

$$R = \frac{3F}{4\pi G \rho_{л} m} = \frac{3 \cdot 1,7 \text{ Н}}{4 \cdot 3,14 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2 / \text{кг}^2 \cdot 3,5 \cdot 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3 \cdot 1 \text{ кг}} = 1,7 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$145. g = \frac{F}{m} = \frac{GM_B m}{R^2 m} = \frac{GM_B}{R^2}$$

$$g = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2 / \text{кг}^2 \cdot 4,9 \cdot 10^{24} \text{ кг}}{(6,1 \cdot 10^6 \text{ м})^2} \approx 8,8 \text{ Н} / \text{кг}$$

$$146. \frac{GM_3}{R_3^2} = g_3 \quad g_{10} = \frac{GM_{10}}{R_{10}^2} = \frac{G317M_3}{(11R_3)^2} = \frac{317}{121} g_3$$

$$g_{10} = \frac{317}{121} \cdot 9,8 \text{ Н} / \text{кг} = 25,7 \text{ Н} / \text{кг}$$

$$147. g_{\otimes} = \frac{GM_{\otimes}}{R_{\otimes}^2} \quad R = \sqrt{\frac{GM_{\otimes}}{g_{\otimes}}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^{30}}{1508}} = 3 \cdot 10^8 \text{ м}$$

$$M = \frac{4}{3} \pi R_{\otimes}^3 \rho_{\otimes} \quad \rho = \frac{3M_{\otimes}}{4\pi R_{\otimes}^3} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{4 \cdot 3,14 \cdot (3 \cdot 10^8)^3} = 1,77 \cdot 10^4 \text{ кг} / \text{м}^3$$

В ответах стоит цифра  $1,4 \cdot 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3$  – она правильная, в то же время ход нашего решения тоже правильный, следовательно, какое-то данное в условиях указано неверно, т.к.  $M_0$  действительно  $2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ , а  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2 / \text{кг}^2$ , то, очевидно, неверно указано  $g_{\otimes}$ .

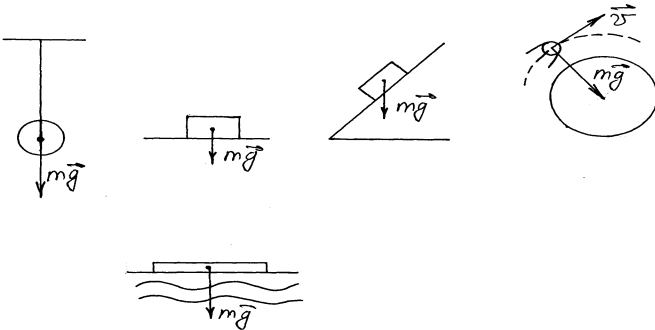
$$148. F = \frac{GMm}{R^2} \quad F_3 = \frac{GM_3 m}{r_3^2} \quad F_{\text{л}} = \frac{GM_{\text{л}} m}{r_{\text{л}}^2}$$

$$\frac{GM_3 m}{r_3^2} = \frac{GM_{\text{л}} m}{r_{\text{л}}^2} \quad r_{\text{л}} = 60R - r_3 \quad M_{\text{л}} = \frac{M_3}{81}$$

$$\frac{M_3}{r_3^2} = \frac{M_3}{81(60R - r_3)^2} \quad 81(60R - r_3)^2 = r_3^2$$

$$9(60R - r_3) = r_3 \quad 540R = 10r_3 \quad r_3 = \frac{540R}{10} = 54R.$$

149.



150. а) сила тяжести – это сила, притягивающая тела к Земле;  
 б) сила тяжести – сила гравитационного взаимодействия;  
 в) сила тяжести приложена к телу, которое притягивается к Земле;  
 г) сила тяжести направлена к центру Земли;  
 д) сила тяжести прямопропорциональна массе тела и обратнопропорциональна квадрату расстояния между телом и центром Земли.

151. Масса «Лунохода» не меняется – эта величина не зависит от того, где находится тело.

$$F_{\text{л}} = mg_{\text{л}} \quad g_{\text{л}} = 1,7 \text{ м/с}^2, \quad g_3 = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$\frac{F_3}{F_{\text{л}}} = \frac{g_3}{g_{\text{л}}} = \frac{9,8}{1,7} = 5,8, \quad \text{т.е. сила тяжести на Луне в 5,8 раз меньше,}$$

чем на Земле.

152. Да, если тяжесть не зависит от того, куда помещен шар. Она зависит только от массы шара и расстояния до центра Земли. В нашем случае масса и расстояние равны между собой, следовательно, равны и силы.

$$153. F = \frac{GMm}{r^2} \quad g = \frac{F}{m} = \frac{GM}{r^2}$$

$$\text{а) } r = R + R = 2R \quad F = \frac{GMm}{(2R)^2} = \frac{GMm}{4R^2}$$

$$F = \frac{GMm}{r^2} \quad g = \frac{F}{m} = \frac{GM}{r^2} \quad g' = \frac{F}{m} = \frac{GM}{4R^2} = \frac{g}{4},$$

т.е. меньше в 4 раза, чем у поверхности.

$$\text{б) } r = R + 2R = 3R \quad F = \frac{GMm}{(3R)^2} = \frac{GMm}{9R^2}$$

$$g' = \frac{F}{m} = \frac{GM}{9R^2} = \frac{g}{9}, \quad \text{т.е. меньше в 9 раз, чем у поверхности.}$$

$$154. \quad \frac{g_1}{g} = \frac{R^2}{r^2}$$

$$\text{а) } \frac{g_1}{g} = \frac{1}{2} = \frac{R^2}{r^2} \quad r^2 = 2R^2 \quad r = \sqrt{2}R \quad h = r - R = \sqrt{2}R - R = (\sqrt{2} - 1)R$$

$$\text{б) } \frac{g_1}{g} = \frac{1}{3} = \frac{R^2}{r^2} \quad r^2 = 3R^2 \quad r = \sqrt{3}R \quad h = r - R = \sqrt{3}R - R = (\sqrt{3} - 1)R$$

$$\text{в) } \frac{g_1}{g} = \frac{1}{5} = \frac{R^2}{r^2} \quad r^2 = 5R^2 \quad r = \sqrt{5}R \quad h = r - R = \sqrt{5}R - R = (\sqrt{5} - 1)R$$

155. Во всех четырех случаях тело движется под действием силы тяжести равноускоренно с ускорением  $g$ .

а) на высоте  $h$  тело достигло своей верхней точки и далее оно начнет падать.

- б) тело бросили вверх с поверхности Земли с начальной скоростью  $V_0$ .  
 в) тело бросили вверх с высоты  $h$  с начальной скоростью  $V_0$ .  
 г) тело бросили вниз с высоты  $h$  с начальной скоростью  $V_0$ .

Все тела движутся под действием силы тяжести вдоль оси  $y$ . Динамическое уравнение, описывающее движение, для всех случаев одно:  $F = mg$ ; а кинематические  $X(t)$  и  $V(t)$  – различны.

$$156. S = V_0 t + \frac{gt^2}{2} \quad V_0 = 0 \quad S = \frac{gt^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2S}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80}{9,8}} \approx 4c$$

$$V = V_0 + gt = gt = 9,8 \cdot 4 \approx 40 м / c$$

$$157. V = V_0 + gt \quad V_0 = 0 \quad V = gt \quad t = \frac{V}{g} = \frac{100}{9,8} \approx 10c$$

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{9,8 \cdot 10^2}{2} \approx 500 м$$

$$158. V = V_0 + gt \quad V_0 = 0 \quad V = gt = 9,8 \cdot 5 \approx 50 м / c$$

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{9,8 \cdot 5^2}{2} \approx 125 м$$

159. Время падения найдем из формулы

$$S = \frac{gt^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2S}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80}{9,8}} \approx 4c$$

$$1) \quad \text{за первую секунду} \quad \ell = S(1) - S(0) = \frac{9,8 \cdot 1^2}{2} - \frac{9,8 \cdot 0^2}{2} \approx 5 м$$

$$2) \quad \text{за последнюю} \quad \ell = S(4) - S(3) = \frac{9,8 \cdot 4^2}{2} - \frac{9,8 \cdot 3^2}{2} \approx 35 м.$$

160. По аналогии с прошлой задачей

$$\ell = S(t) - S(t-4) = \frac{gt^2}{2} - \frac{g(t-4)^2}{2} = \frac{g}{2}(t^2 - (t-4)^2) = \frac{g}{2}(8t-16)$$

$$\frac{9,8}{2}(8t-16) = 196, \quad 8t-16 = 40; \quad 8t = 56 \quad t = 7c$$

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{9,8 \cdot 7^2}{2} \approx 245 м.$$

$$161. \frac{gt^2}{2} - \frac{g(t-1)^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{gt^2}{2}; \quad \frac{1}{2} \cdot \frac{gt^2}{2} = \frac{g(t-1)^2}{2}; \quad \frac{1}{2}t^2 = (t-1)^2$$

$$0,5t^2 = t^2 - 2t + 1$$

$$t^2 - 4t + 2 = 0$$

$$t_1 = \sqrt{2} + 2 \approx 3,4c \quad t_2 = \sqrt{2} - 2 \approx 0,4c$$

$t_2$  – не удовлетворяет условию, т.к.  $t \geq 1c$ , следовательно  $t = 3,4c$

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{9,8 \cdot 3,4^2}{2} \approx 57 \text{ м}$$

**162.**  $\ell = y_1 - y_2 \quad y = y_0 + V_0 t + \frac{gt^2}{2} \quad V_{01} = V_{02} = 0$ , следовательно,

$$\ell = \left( y_{01} + \frac{gt^2}{2} \right) - \left( y_{02} + \frac{gt^2}{2} \right) = y_{01} - y_{02} = \text{const}$$

**163.**  $y_1 = \frac{gt^2}{2}$ , т.к.  $V_{01} = 0 \quad y_{01} = 0 \quad y_2 = \frac{g(t-2)^2}{2}$

$$\ell_0 = \frac{g \cdot 2^2}{2} = \frac{9,8 \cdot 2^2}{2} \approx 20 \text{ м} \quad \ell = \frac{gt^2}{2} - \frac{g(t-2)^2}{2} =$$

$$= \frac{g}{2} (t^2 - t^2 + 4t - 4) = 2g(t-1)$$

Если  $\ell = 2\ell_0 = 2 \cdot 20 \text{ м}$ , то  $2 \cdot 9,8(t-1) = 40$   
 $t-1 = 2 \quad t = 2+1 = 3 \text{ с}$ , т.е. 3 с с момента падения первого тела или  $3-2 = 1 \text{ с}$  с момента падения второго.

**164.**  $t = t_n + t_{3в}$ , где  $t_n$  – время падения,  $t_{3в}$  – время распространения звука.

$$t_n = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad t_{3в} = \frac{h}{V_{3в}} \quad \sqrt{\frac{2h}{g}} + \frac{h}{V_{3в}} = t \quad V_{3в} \approx 330 \text{ м/с}$$

$$\sqrt{\frac{2h}{9,8}} + \frac{h}{330} = 4 \quad 0,45\sqrt{h} + 0,003h - 4 = 0 \quad \sqrt{h} = y$$

$$0,003y^2 + 0,45y - 4 = 0$$

$$y_1 \approx 8,3, \text{ но } y = \sqrt{h} \geq 0, \text{ следовательно,}$$

$$y_2 \approx -158 \quad y = 8,3 \quad h = y^2 = 8,3^2 \approx 70 \text{ м.}$$

**165.**  $\sqrt{\frac{2h}{9,8}} + \frac{h}{330} = 6 \quad 0,45\sqrt{h} + 0,003h - 6 = 0 \quad \sqrt{h} = y$

$$0,003y^2 + 0,45y - 6 = 0$$

$$y_1 = -162, \text{ но } y = \sqrt{h} \geq 0, \text{ следовательно, } y = 12,3$$

$$y_2 = 12,3 \quad h = y^2 = 12,3^2 \approx 150 \text{ м.}$$

**166.**  $V_0 = 24 \text{ м/с} \quad h = V_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad t = \frac{V_0 - V}{g} = \frac{24-0}{9,8} \approx 2,5 \text{ с}$

$$h = 24 \cdot 2,5 - \frac{9,8 \cdot 2,5^2}{2} \approx 30 \text{ м} \quad S = V_0 t - \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$V_0 \cdot 8 - \frac{9,8 \cdot 8^2}{2} = 0 \quad 8V_0 = 32, \quad V_0 = 4 \text{ м/с}$$

$$h = V_0 t' - \frac{gt'^2}{2} \quad t' - \text{время, при котором } V = 0$$

$$V - V_0 = -gt'; \quad t' = \frac{4-0}{9,8} \approx 0,4\text{с}; \quad h = 4 \cdot 0,4 - \frac{9,8 \cdot 0,4^2}{2} \approx 0,8\text{м}.$$

**168.** Камень оказался бы на высоте

$$h' = V_0 t \quad h = V_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad t = \frac{V - V_0}{-g} = \frac{V_0}{g}, \text{ следовательно}$$

$$h' = V_0 \cdot \frac{V_0}{g} = \frac{V_0^2}{g} \quad h = V_0 \cdot \frac{V_0}{g} - \frac{g \left( \frac{V_0}{g} \right)^2}{2} = \frac{V_0^2}{2g} \quad \text{или}$$

$$h = \frac{1}{2} h' \quad h' = 2h = 2 \cdot 20\text{м} = 40\text{м}.$$

$$\mathbf{169.} \quad h = V_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad t = \frac{\frac{V_0}{2} - V_0}{-g} = \frac{V_0}{2g}$$

$$h = V_0 \cdot \frac{V_0}{2g} - \frac{g \left( \frac{V_0}{2g} \right)^2}{2} = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{V_0^2}{8g} = \frac{3}{8} \frac{V_0^2}{g}$$

$$\mathbf{170.} \quad V = V_0 + gt \quad S(t) = V_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

$$\ell(t) = S_r - S_b = V_0 t + \frac{gt^2}{2} - V_0 t = \frac{gt^2}{2}$$

$$\text{а) } V = 0 + 9,8 \cdot 2 \approx 20\text{м/с} \quad V_0 = 0$$

$$S = 0 \cdot 2 + \frac{9,8 \cdot 2^2}{2} \approx 20\text{м} \quad \ell = \frac{9,8 \cdot 2^2}{2} \approx 20\text{м}.$$

$$\text{б) } V_0 = 1,5 \quad V = 1,5 + 9,8 \cdot 2 \approx 21\text{м/с}$$

$$S = 1,5 \cdot 2 + \frac{9,8 \cdot 2^2}{2} \approx 23\text{м} \quad \ell = \frac{9,8 \cdot 2^2}{2} \approx 20\text{м}$$

$$\text{в) } V_0 = -1,5 \quad V = -1,5 + 9,8 \cdot 2 \approx 18\text{м/с}$$

$$S = -1,5 \cdot 2 + \frac{9,8 \cdot 2^2}{2} \approx 17\text{м} \quad \ell = \frac{9,8 \cdot 2^2}{2} \approx 20\text{м}$$

$$\mathbf{171. а) } \quad V_0 = 20\text{м/с} \quad y_0 = 0$$

$$y = V_0 t - \frac{gt^2}{2} = 20t - \frac{9,8t^2}{2} = 20t - 5t^2$$

$$\text{б) } V_0 = 20\text{м/с} \quad y_0 = 25\text{м}$$

$$y = 25 + 20t - \frac{9,8t^2}{2} = 25 + 20t - 5t^2$$

падение при  $y = 0$

$$25 + 20t - 5t^2 = 0$$

решая, находим

$$t_1 = 5\text{с, но } t \geq 0, \text{ следовательно, } t_2 = -1\text{с} \quad t = 5\text{с.}$$

$$172. V_0 = at = 2 \cdot 5 = 10\text{м/с} \quad y_0 = \frac{at^2}{2} = \frac{2 \cdot 5^2}{2} = 25\text{м}$$

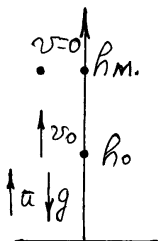
$$y = y_0 + V_0t - \frac{gt^2}{2} = 25 + 10t - \frac{9,8t^2}{2} = 25 + 10t - 5t^2$$

$$t_1 = 3,5\text{с,}$$

но  $t \geq 0$ , следовательно,

$$t_2 = -1,5\text{с} \quad t = 3,5\text{с.}$$

173.



$h_0$  – высота, на которой выключаются двигатели

$h_m$  – максимальная высота

$$h_0 = \frac{at^2}{2} = \frac{5 \cdot 10^2}{2} = 250\text{м}$$

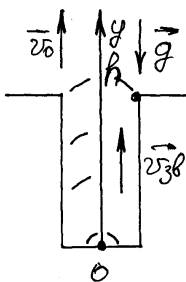
$$h_m = h_0 + V_0t' - \frac{gt'^2}{2}, \text{ где}$$

$V_0 = at = 5 \cdot 10 = 50\text{м/с}$ , а  $t'$  – время, при котором  $V = 0$

$$t' = \frac{V - V_0}{-g} = \frac{0 - 50}{-9,8} \approx 5\text{с}$$

$$h_m = 250 + 50 \cdot 5 - \frac{9,8 \cdot 5^2}{2} = 375\text{м.}$$

174.



$$t = t_n + t_{3в} \quad h = h_0 + V_0t_n - \frac{gt_n^2}{2}$$

$$h_0 = 40\text{м}$$

$$V_0 = 12\text{м/с, но для } h = 0$$

$$0 = 40 + 12t_n - \frac{9,8t_n^2}{2}$$

$$0 = 40 + 12t_n - 5t_n^2$$

$$t_{n1} = 4,2\text{с}$$

$t_{n2} = -2$ , но  $t \geq 0$ , следовательно,  $t_n = 4,2\text{с}$

$$t_{3в} = \frac{h}{V_{3в}} = \frac{40\text{м}}{330\text{м/с}} = 0,12\text{с}$$

$$t = 4,2 + 0,12 \approx 4,32\text{с.}$$



$$175. H = \frac{gt^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$h = V_0 t - \frac{gt^2}{2} = V_0 \sqrt{\frac{2H}{g}} - \frac{2gH}{g \cdot 2} = V_0 \sqrt{\frac{2H}{g}} - H$$

$$a) V_0 = (h+H) \sqrt{\frac{g}{2H}} \quad S = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{(h+H)^2 g}{2H \cdot 2g} = \frac{(h+H)^2}{4H}$$

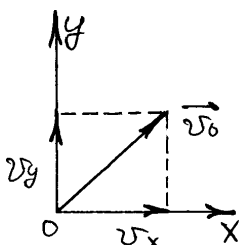
$$б) V_0 = 2h \sqrt{\frac{g}{2h}} = \sqrt{\frac{4h^2 g}{2h}} = \sqrt{2hg} \quad S = \frac{(2h)^2}{4h} = \frac{4h^2}{4h} = h$$

176. Тело бросили со скоростью  $V_0$  с земли под углом  $\alpha$  к горизонту;

- 1) Тело бросили со скоростью  $V_0$  с высоты  $h$  под углом  $\alpha$  к горизонту;
- 2) Тело бросили со скоростью  $V_0$  с некоторой высоты под углом  $\alpha$  под горизонт;
- 3) Тело бросили горизонтально со скоростью  $V_0$  с некоторой высоты.

Тела движутся под действием силы тяжести, имея начальную скорость  $V_0$ . Траектории всех тел – параболы. Динамическое уравнение для всех случаев одно:  $F = mg$ . Кинематические уравнения  $V(t)$  и  $X(t)$  – различны.

177.



$$V_x = V_0 \cos \alpha = 20 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 10 \sqrt{3} \approx 17,3$$

м/с

$$V_y = V_0 \sin \alpha = 20 \cdot \frac{1}{2} = 10 \text{ м/с}$$

$$178. V_x = V_0 \cos \alpha = 40 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 20 \cdot \sqrt{2} =$$

28,2 м/с

$$V_y = V_0 \sin \alpha = 40 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 20 \cdot \sqrt{2} = 28,2 \text{ м/с}$$

$$179. V_y = V_0 \sin \alpha \quad \sin \alpha = \frac{V_y}{V_0} = \frac{10}{20} = \frac{1}{2} \quad \alpha = \arcsin \frac{1}{2} = 30^\circ$$

$$180. V_y = V_0 \sin \alpha \quad \sin \alpha = \frac{V_y}{V_0} = \frac{17}{20} \approx 0,85 \quad \alpha = \arcsin 0,85 \approx 60^\circ$$

$$181. \frac{V_y}{V_x} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{17}{10} = 1,7 \quad \alpha = \arctg 1,7 \approx 60^\circ$$

$$V_0 = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{10^2 + 17^2} = 20 \text{ м/с}$$

$$182. \alpha = 0 \quad V_x = V_0 \cos \alpha = V_0 \cdot 1 = V_0 = 30 \text{ м/с}$$

$$V_y = V_0 \sin \alpha = V_0 \cdot 0 = 0$$

183. Время падения предмета определяется только компонентой  $V_{y0}$ , которая в обоих случаях равна 0, следовательно, время падения будет одинаково.

$$184. \text{ а) } V_x = V_0 \cos \alpha = 141 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 100 \text{ м/с}$$

$$V_y = V_0 \sin \alpha = 141 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 100 \text{ м/с}$$

б) Когда тело упадет на землю, его скорость  $V_y'$  будет равна  $-V_y$

$$t = \frac{(-V_y) - V_y}{-g} = \frac{(-100) - 100}{9,8} \approx 20 \text{ с}$$

$$\text{ в) } l = V_x \cdot t = 100 \cdot 20 = 2000 \text{ м}$$

$$185. V_x = V_0 \cos \alpha = 1000 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 860 \text{ м/с}$$

$$V_y = V_0 \sin \alpha = 1000 \cdot \frac{1}{2} = 500 \text{ м/с. В момент падения } V_y' = -V_y$$

$$t = \frac{(-V_y) - V_y}{-g} = \frac{(-500) - 500}{9,8} = 100 \text{ с}$$

$$l = V_x \cdot t = 860 \cdot 100 = 86000 \text{ м}$$

$$V = \sqrt{V_y'^2 + V_x^2} = \sqrt{(-V_y)^2 + V_x^2} = \sqrt{(-500)^2 + 860^2} = 1000 \text{ м/с}$$

186. Скорость  $V_y'$  в момент падения равна  $-V_y$

$$\frac{(-V_y) - V_y}{-g} = 12 \text{ с} \quad 2V_y = 12 \text{ м/с} = 12 \cdot 9,8 \approx 120$$

$$V_y = \frac{120}{2} = 60 \text{ м/с} \quad \text{в наивысшей точке } V_y = 0$$

$$t = \frac{0 - V_y}{-g} = \frac{0 - 60}{-10} = 6 \text{ с} \quad h_M = V_0 t - \frac{gt^2}{2} = 60 \cdot 6 - \frac{9,8 \cdot 6^2}{2} = 180 \text{ м}$$

187. Из прошлой задачи  $V_y = gt = 9,8 \cdot 1 \approx 10 \text{ м/с}$

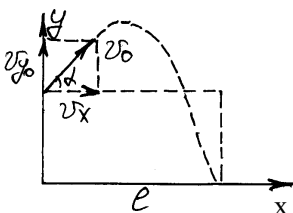
$$V_y = V_0 \sin \alpha \quad \sin \alpha = \frac{V_y}{V_0} = \frac{10}{20} = \frac{1}{2}$$

$$\alpha = \arcsin \frac{1}{2} = 30^\circ \quad V_x = V_0 \cos \alpha = 20 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 17 \text{ м/с}$$

Время полета в 2 раза больше времени подъема на максимальную высоту и равно  $t_n = 1 \cdot 2 = 2 \text{ с}$

$$\ell = V_x \cdot t_n = 17 \cdot 2 = 34 \text{ м}$$

**188.**



$$V_x = V_0 \cos \alpha = 20 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 17 \text{ м/с} \quad V_{y0} = V_0 \sin \alpha = 20 \cdot \frac{1}{2} = 10 \text{ м/с}$$

$$y = y_0 + V_{y0}t - \frac{gt^2}{2} \quad y = 2 + 10t - \frac{9,8t^2}{2} = 2 + 10t - 5t^2$$

при падении  $y = 0$   $0 = 2 + 10t - 5t^2$

$$t_1 = 2,2 \text{ с, но } t \geq 0, \text{ следовательно } t_2 = -0,2 \text{ с} \quad t = 2,2 \text{ с}$$

$$\ell = V_x \cdot t = 17 \cdot 2,2 \approx 37 \text{ м}$$

**190.**  $\ell = V_x t$ , где  $t$  – время падения ( $y = 0$ )

$$\text{а) } V_{y0} = V_0 \sin \alpha = 0 \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{9,8}} = 2 \text{ с}$$

$$\ell = V_0 \cos \alpha \cdot t = V_0 t = 25 \cdot 2 = 50 \text{ м}$$

$$\text{б) } V_x = V_0 \cos \alpha = 25 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 21,6 \text{ м/с; } V_{y0} = V_0 \sin \alpha = 25 \cdot \frac{1}{2} = 12,5 \text{ м/с}$$

$$y = y_0 + V_{y0}t - \frac{gt^2}{2} = 20 + 12,5t - \frac{9,8t^2}{2}$$

при падении  $y = 0$ ,  $t_1 = 3,6 \text{ с, } t \geq 0$ , следовательно,

$$t_2 = -1,1 \text{ с} \quad t = 3,6 \text{ с}$$

$$\ell = V_x t = 21,6 \cdot 3,6 = 78 \text{ м}$$

$$\text{в) } V_x = V_0 \cos \alpha = 25 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 21,6 \text{ м/с}$$

$$V_y = V_0 \sin \alpha = 25 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) = -12,5 \text{ м/с}$$

$$y = y_0 + V_{y0}t - \frac{gt^2}{2} = 20 - 12,5t - \frac{9,8t^2}{2}$$

$$y = 0, \quad t_1 = 1,1 \text{ с, но } t \geq 0, \text{ следовательно, } t_2 = -3,5 \text{ с}$$

$$t = 1,1 \text{ с}$$

$$\ell = V_x t = 21,6 \cdot 1,1 = 24 \text{ м}$$

$$191. h = \frac{gt^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{9,8}} = 2 \text{ с}$$

$$V_x = \frac{\ell}{t} = \frac{6 \text{ м}}{2 \text{ с}} = 3 \text{ м/с} \quad V_{y0} = 0, \text{ следовательно, } V_0 = V_x = 3$$

$$\text{м/с}$$

$$192. h = V_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad t = \frac{V_0}{g} \quad h = V_0 \frac{V_0}{g} - \frac{g \left(\frac{V_0}{g}\right)^2}{2} =$$

$$\frac{V_0^2}{2g}$$

$$V_0 = \sqrt{2hg} = \sqrt{2 \cdot 1 \cdot 9,8} \approx 4,4 \text{ м/с}$$

Дальность  $\ell = V_0 t'$ , где  $t'$  – время свободного падения с высоты 0,64 м

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,64}{9,8}} = 0,36 \text{ с} \quad \ell = 4,4 \cdot 0,36 \approx 1,6 \text{ м}$$

$$193. V_x = V_{x0} \quad V_y = V_{y0} + gt, \quad \text{т.к. } V_{y0} = 0$$

$$V_y = gt \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{9,8}} = 1 \text{ с}$$

$$V_y = 9,8 \cdot 1 \approx 10 \text{ м/с} \quad V_x = 6 \text{ м/с}$$

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{10^2 + 6^2} \approx 11,5 \text{ м/с}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_y}{V_x} = \frac{10}{6} \approx 1,67 \quad \alpha = \operatorname{arctg} 1,67$$

$$194. h = \frac{gt^2}{2} \quad \ell = V_0 t, \quad \text{т.к. } V_x = V_0 \quad (\alpha = 0)$$

$$t = \frac{\ell}{V_0} = \frac{h}{V_0} \quad h = \frac{g \left( \frac{h}{V_0} \right)^2}{2} = \frac{gh^2}{2V_0^2} \quad h = \frac{gV_0^2}{2} = \frac{2 \cdot 10^2}{9,8} \approx$$

20 м

$$195. a = \frac{V^2}{r} = \frac{V^2}{Rr'}, \quad a = \frac{GMm}{r^2 m} = \frac{GM}{r^2} = \frac{g}{r'^2}, \quad \text{где}$$

$r'$  – расстояние от центра Земли, выраженное в радиусах Земли.

$$\frac{V^2}{r'R} = \frac{g}{r'^2} \quad R = 6,37 \cdot 10^6 \text{ м} \quad V = \sqrt{\frac{gR}{r'}}$$

$$\text{а) } r' = 3, \quad 2 + 1 = 3 \quad V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 6,37 \cdot 10^6}{3}} \approx 4,6 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$

$$\text{б) } r' = 6, \quad 5 + 1 = 6 \quad V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 6,37 \cdot 10^6}{6}} \approx 3,2 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$

$$196. V = \sqrt{g_a R_a} = \sqrt{1,7 \cdot 1,7 \cdot 10^6} = 1,7 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$

$$197. V = \sqrt{g_b R_b} = \sqrt{g_3 R_3 \cdot 0,9 \cdot 0,95} = V_3 \cdot \sqrt{0,9 \cdot 0,95} = 7,9 \cdot 10^3 \cdot 0,92 = 7,3 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$

$$198. V = \sqrt{gR} = \sqrt{\frac{GM}{R^2} R} = \sqrt{\frac{GM}{R^2}} = \sqrt{\frac{2GM}{D}}$$

$$V_c = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^{30}}{1,4 \cdot 10^9}} = 4,36 \cdot 10^5 \text{ м/с.}$$

199. Да, можно.

$$r = 3,84 \cdot 10^8 \text{ м} \quad r' = \frac{r}{R} = \frac{3,84 \cdot 10^8}{6,37 \cdot 10^6} \approx 60$$

Из задачи 195 
$$V = \sqrt{\frac{gR}{r'}} = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 6,37 \cdot 10^6}{60}} \approx 1 \cdot 10^3 \text{ м/с.}$$

200. 
$$r' = \frac{r}{R} = \frac{R+h}{R} = \frac{6,37 \cdot 10^6 + 0,6 \cdot 10^6}{6,37 \cdot 10^6} = 1,09$$

$$V = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 6,37 \cdot 10^6}{1,09}} \approx 7,6 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$

$$T = \frac{2\pi r'}{V} = \frac{2\pi(R+h)}{V} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot (6,37 \cdot 10^6 + 0,6 \cdot 10^6)}{7,6 \cdot 10^3} \approx 5700 \text{ с или } 96 \text{ мин.}$$

201. 
$$r' = 2 \quad \sqrt{\frac{gR}{r'}} = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 6,37 \cdot 10^6}{2}} = 5,6 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$

$$T = \frac{2\pi(R+R)}{V} = \frac{4\pi R}{V} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 6,37 \cdot 10^6}{5,6 \cdot 10^3} = 14300 \text{ с или } \approx 4 \text{ ч.}$$

202. 24 ч это 86400с 
$$T = \frac{2\pi r'}{V} = \frac{4\pi r'R}{\sqrt{\frac{gR}{r'}}} = 2\pi r'^{3/2} \sqrt{\frac{R}{g}}$$

$$r' = \left( \frac{T \sqrt{g}}{2\pi \sqrt{R}} \right)^{2/3} \quad r' = \left( \frac{86400 \cdot \sqrt{9,8}}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{6,37 \cdot 10^6}} \right)^{2/3} = 6,7$$

$$h = (\Gamma' - 1)R = (6,7 - 1) \cdot 6,37 \cdot 10^6 = 3,6 \cdot 10^4 \text{ м}$$

203. а) сила, с которой деформируемое тело действует на деформирующее тело

б) в случае упругих деформаций

в) к деформирующему телу

г) в сторону, противоположную направлению деформации

д) от вещества деформируемого тела и степени деформации

е) это сила электромагнитного взаимодействия атомов тела.

204. а) растяжение; б) сжатие; в) растяжение и изгиб; г) изгиб; д) сдвиг

е) кручение

$$205. 0,5 \text{ см} = 0,005 \text{ м} \quad K = \frac{F}{X} = \frac{5}{0,005} = 1000 \text{ н/м.}$$

$$206. F_1 = F_2 \quad K_1 X_1 = K_2 X_2 \\ K_2 = \frac{K_1 X_1}{X_2} = \frac{100 \cdot 0,05}{0,01} = 500 \text{ н/м.}$$

$$207. K = \frac{\Delta F}{\Delta X} = \frac{5}{0,02} = 250 \text{ н/м}$$

По графику, если  $F = 5 \text{ н}$   $X = 2 \text{ см}$

$$\ell = \ell_0 + \Delta x = 20 + 2 = 22 \text{ см.}$$

$$208. K_1 = \frac{2H}{1 \text{ см}} = 2 \text{ н/см} \text{ или } 200 \text{ н/м}; K_2 = \frac{5H}{1 \text{ см}} = 5 \text{ н/см} \text{ или } 500 \text{ н/м}$$

Жесткость второй пружины больше в  $\frac{5}{2} = 2,5$  раза

$$F_1 = F_2 = F \quad \Delta X_1 = \frac{F}{K_1} \quad \Delta X_2 = \frac{F}{K_2} \quad \Delta X = \Delta X_1 + \Delta X_2$$

$$K = \frac{F}{\Delta X} = \frac{F}{\frac{F}{K_1} + \frac{F}{K_2}} = \frac{K_1 K_2}{K_1 + K_2} = \frac{20 \cdot 40}{20 + 40} \approx 13,3 \text{ н/м.}$$

210. Составляющая силы упругости, перпендикулярная двери уменьшается, т.к. пружина стоит под углом. Также уменьшается и расстояние пружины и, поэтому, уменьшается и сама сила упругости.

$$211. F = mg + ma = KX \quad a = \frac{KX}{m} - g; a = \frac{59 \cdot 10^3 \cdot 0,002}{10} - 9,8 = 2 \text{ м/с}^2.$$

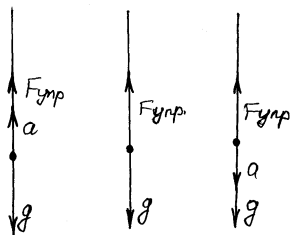
$$212. KX = F \quad F = mg + ma \quad F = m_1 g \quad m = 200 \quad m_1 = 240$$

$$a = \frac{m_1 - m}{m} g = \frac{240 - 200}{200} \cdot 9,8 \approx 2 \text{ м/с}^2.$$

213. Во время трогания с места ускорение тепловоза достаточно большое – порядка  $1 \text{ м/с}^2$ , а масса его и вагонов колоссальна, поэтому на сцепку действует очень большая

сила, разрывающая её. Обычно она рвется в самом ненадежном месте – это точка крепления сцепки к вагону.

214.



$$F_{\text{упр}} = ma - mg = m(a - g) \quad g = -9,8 \text{ м/с}^2 \quad a = \frac{\Delta V_x}{\Delta t}$$

$$1) \quad a = \frac{3,6-0}{2-0} = 1,8 \text{ м/с}^2 \quad F = 1500(1,8 - 1 - 9,8) = 17400 \text{ Н}$$

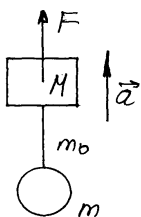
$$2) \quad a = 0 \quad F = 1500(0 - (-9,8)) = 14700 \text{ Н}$$

$$3) \quad a = \frac{0-3,6}{12-10} = -1,8 \quad F = 1500(-1,8 - (-9,8)) = 12000 \text{ Н}$$

215.  $F_{\text{упр}} = K\Delta X = 50 \cdot (0,15 - 0,10) = 2,5 \text{ Н}$ , т.к. коробка движется равномерно  $|F_{\text{упр}}| = |F_{\text{тр}}|$ ;  $F_{\text{тр}} = 2,5 \text{ Н}$ .

216. Если нить будет весьма растяжима, то придется вводить дополнительно уравнения, описывающие поведение нити (движение и растяжение в разных её местах), которые решаются очень сложно или не решаются вообще.

217.



Натяжение нити  $T$  конусе и нижнем будет различным

$$a = \frac{F}{\sum m} = \frac{F}{M + m + m_0}$$

$$\text{вверху} \quad T = a(m + m_0) = \frac{F(m + m_0)}{M + m + m_0}$$

$$\text{внизу} \quad T = am = \frac{Fm}{M + m + m_0}.$$



218. Сила, действующая на воду в стакане со стороны воды в сосуде,  
равна 0, т.к. глубина погружения равна 0, следовательно,  
 $mg = T \quad m = M_c + M_b \quad T = g(M_c + M_b).$

219. Смотри рис. 45 в задачнике.

$$F_{\text{упр}} = ma_y \quad a_y = \omega^2 \Gamma \quad r = \ell_0 + \Delta \ell$$

$$\omega = 2\pi\nu \quad \ell_0 = 0,2 \text{ м} \quad m = 0,5 \text{ кг}$$

$$\text{нужно найти } \Gamma \quad F_{\text{упр}} = K\Delta \ell$$

$$\text{следовательно, } K\Delta \ell = m(2\pi\nu)^2(\ell_0 + \Delta \ell)$$

$$\Delta \ell = \frac{4\pi^2 \nu^2 \ell_0 m}{K - 4\pi^2 \nu^2 m} = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 2^2 \cdot 0,2 \cdot 0,05}{40 - 4 \cdot 3,14^2 \cdot 2^2 \cdot 0,05} = 0,05 \text{ м}$$

$$r = \ell_0 + \Delta \ell = 0,2 + 0,05 = 0,25 \text{ м.}$$

220. Нет, при раскачивании груза возникает дополнительная сила натяжения, компенсирующая центробежную силу груза, которая при сильном раскачивании может быть очень большой.

$$F_y \propto v^2 \quad (F_y = m \cdot 4\pi^2 \nu^2 \ell).$$

- 221.

$$F_{\text{упр}} = Mg + Ma - Fa \quad Fa = gpbv = \frac{gpbM}{\rho_c}$$

$$F_{\text{упр}} = KX \quad X = \frac{M \left( g + a - \frac{gpb}{\rho_c} \right)}{K} = \frac{M}{K\rho_c} (g\rho_c + a\rho_c - g\rho_b).$$

222. Закон Гука выполняется только для линейных деформаций, т.е.

$$F_{\text{упр}} = KX + \alpha, \text{ где } \alpha - \text{некоторая поправка, также неравенство}$$

$$F_{\text{упр}} \neq mg \text{ можно объяснить тем, что тело погружено в жидкость и на него действует еще сила Архимеда } F_0.$$

223. а) сила трения – сила взаимодействия двух тел, движущихся одно по другому;

- б) сила трения возникает, если одно тело движется по другому;

- в) сила трения приложена к телу, которое движется и соответственно по III закону Ньютона к телу, по которому движется первое тело;
  - г) сила трения направлена против движения тела;
  - д) сила трения зависит от характера поверхностей соприкосновения (шероховатость) и от других сил взаимодействия тел (например, от реакции опоры  $N$   $F_{\text{тр}} = \mu N$ , где  $\mu$  – коэф. трения).
  - е) это сила электромагнитного взаимодействия атомов тел, расположенных на их поверхности.
224. Введение смазки между трущимися поверхностями уменьшает трение и судно начинает легче скользить по стапелю.
  225. Песок увеличивает шероховатость льда и подошвы обуви меньше на нем проскальзывают.
  226. Чтобы гвоздь не проворачивался в отверстии.
  227. Если сила трения качения между колесом и поверхностью дороги слишком мала, чтобы его сдвинуть нужно увеличить эту силу, например, посыпав под колеса песок.
  228. Чтобы увеличить сцепление колеса с дорогой, для предотвращения проскальзывания.
  229. Чтобы ремень не скользил по шкиву.
  230. Между каплей дождя и крышей возникает жидкое трение, т.к. капля жидкая, которое очень мало, а между снегом и крышей действует обычная сила сцепления твердых тел, которая значительно больше.
  231. Аналогично 230, кроме того мука и крупа – твердые вещества, крупинки которых имеют постоянную форму, а вода – жидкость и она не имеет собственной формы.
  232. Неразведённой пилить сложнее, т.к. при ее работе пропилом получается узкий и трение возникает не только между зубьями и деревом, но и между пропилом в дереве и самой пилой.
  233. Набухшая доска, расширяясь, сдавливает гвоздь со всех сторон, значительно увеличивая силу трения.
  234. Если муравей ползет вверх, то на соломинку действует дополнительная сила трения со стороны муравья направ-

ленная вниз, которая увеличивает суммарную силу, действующую на соломинку, и она упадет быстрее; б) аналогично, сила уменьшится и соломинка упадет медленнее, чем в случае в).

**235.** Сила трения покоя, действующая на ящик, направлена по его движению, т.к. это и есть сила, приводящая его в движение.

**236.** Аналогично задаче № 235. Сила, действующая на груз, направлена по движению тележки – это сила трения покоя.

**237.** Коэффициент трения между ящиком и фанерой, между фанерой и полом, а также массу фанеры и ящика.

$$\mathbf{238.} \ a = \frac{V - V_0}{t} = \frac{0 - 10}{40} = -0,25 \text{ м/с}^2, \quad F_{\text{тр}} = ma = 60 \text{ кг} \cdot 0,25 =$$

$$15 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N \quad N = mg, \quad \text{следовательно,}$$

$$\mu = \frac{F_{\text{мп}}}{mg} = \frac{ma}{mg} = \frac{a}{g} = \frac{0,25}{9,8} \approx 0,024.$$

**239.** Найдем  $S_{x1}$  и  $S_{x2}$

$$1) \ V_x = V_{y0} \quad \text{Перемещение } S_y$$

$$S_y = V_{y0}t - \frac{gt^2}{2} \quad V_y t - \frac{gt^2}{2} = 0 \quad t_1 = 0,$$

$$\text{нам нужно определить } t_2 \quad t_2 = \frac{2V_y}{g}, \text{ следовательно,}$$

$$S_x = V_x t = V_x \frac{2V_y}{g}, \text{ т.к. } V_x = V_y = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

$$(\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}) \quad S_x = \frac{V_0}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2 \frac{V_0}{\sqrt{2}}}{g} = \frac{V_0^2}{g};$$

$$2) \ S_x = V_{x0}t + \frac{at^2}{2} \quad a = -\frac{F_{\text{мп}}}{m} \quad F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$$

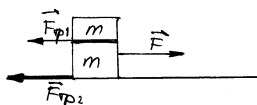
$$S_x = V_{x0}t - \frac{g\mu t^2}{2} \quad a = -\frac{\mu mg}{m} = -\mu g$$

$$\text{В конце } V_x = 0 \quad t = \frac{V_x - V_{x0}}{a} = \frac{0 - V_0}{-g\mu} = \frac{V_0^2}{g\mu}$$

$$S_x = \frac{V_0 V_0}{g\mu} - \frac{g\mu \left( \frac{V_0}{g\mu} \right)^2}{2} = \frac{V_0^2}{2\mu g} = \frac{V_0^2}{2 \cdot 0,02g} = \frac{V_0^2}{0,04g} = 20 \frac{V_0^2}{g},$$

т.е. вторым способом можно запускать в 20 раз дольше.

240.



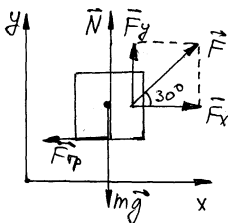
$$F_{\text{тр}} = F_{\text{тр1}} + F_{\text{тр2}} \quad |F| = |F_{\text{тр}}| \quad F_{\text{тр1}} = mg\mu$$

$$F_{\text{тр2}} = (m + m)g\mu = 2mg\mu, \quad F = mg\mu + 2mg\mu = 3mg\mu = 3 \cdot 1 \cdot 9,8 \cdot 0,3 \approx 9\text{H}$$

241.  $F_{\text{тр}} = F_{\text{упр}} \quad F_{\text{тр}} = mg\mu \quad F_{\text{упр}} = Kx$

$$x = \frac{mg\mu}{K} = \frac{2 \cdot 9,8 \cdot 0,3}{100} = 0,06 \text{ м.}$$

242.



$$\text{OX: } F_x - F_{\text{тр}} = 0$$

$$\text{OY: } N + F_y -$$

$$mg = 0$$

$$F_{\text{тр}} = N\mu, \text{ следовательно } \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} + F_y -$$

$$mg = 0$$

$$F_x = F \cos \varphi = F \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0,86F$$

$$F_y = F \sin \varphi = F \frac{1}{2} = 0,5$$

$$\text{OY: } \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} + F_y - mg = 0$$

$$\text{OX: } \frac{F_x}{\mu} - \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} = 0$$

Складывая почленно

$$\frac{F_x}{\mu} + F_y - mg = 0$$

$$\frac{F \cdot 0,86}{0,2} + F \cdot 0,5 - 100 \cdot 9,8 = 0$$

$$F = \frac{100 \cdot 9,8}{\frac{0,86}{0,2} + 0,5} \approx 200 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}} = F_x = 200 \cdot 0,86 \approx 170 \text{ Н}$$

$$243. \text{ OY: } N + F_y - mg = 0$$

$$F_y = F \cdot \sin 30^\circ = 0,5F$$

$$\text{OX: } F_x - F_{\text{тр}} = ma$$

$$F_x = F \cos 30^\circ = 0,86F$$

$$N = \frac{F_{mp}}{\mu}$$

$$\begin{cases} \frac{F_{mp}}{\mu} + F_y - mg = 0 \\ \frac{F_x}{\mu} - \frac{F_{mp}}{\mu} = \frac{ma}{\mu} \end{cases}$$

складывая почленно:

$$F_y - mg = \frac{ma - F_x}{\mu}; \quad \mu = \frac{ma - F_x}{F_y - mg}; \quad \mu = \frac{10 \cdot 3,5 - 50 \cdot 0,86}{50 \cdot 0,5 - 10 \cdot 9,8} \approx 0,11.$$

244.

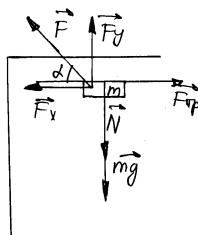
$$\text{OX: } F_{\text{тр}} - F \cos \alpha = 0 \quad \text{OY: } mg + N -$$

$$F \sin \alpha = 0$$

$$\text{т.к. } F_y = F \sin \alpha$$

$$F_x = F \cos \alpha$$

$$N = \frac{F_{\text{тр}}}{\mu}$$



$$\begin{cases} \frac{F_{mp}}{\mu} - \frac{F \cos \alpha}{\mu} = 0 \\ mg + \frac{F_{mp}}{\mu} - F \sin \alpha \end{cases}$$

вычитая почленно из 2-го 1-ое полу-

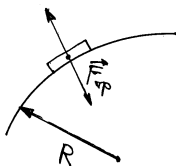
чим

$$mg - F \sin \alpha + \frac{F \cos \alpha}{\mu} = 0 \quad \mu = \frac{F \cos \alpha}{F \sin \alpha - mg}.$$

245. Монета в наклонном положении стремится упасть так, что точка падения А сдвинется в сторону, противоположную наклону. Этому препятствует сила трения покоя со стороны опоры, направлен-

ная всегда в ту сторону, куда наклонена монета, в эту же сторону поворачивает монета.

246.



Как известно, наибольшая сила трения покоя  $F_{\max}$

$$= F_{\text{тр скольжения}} = N\mu$$

$$F_{\text{тр}} = ma_{\text{ц}} \quad a_{\text{ц}} = \frac{V^2}{R} \quad N = mg$$

$$mg\mu = m \frac{V^2}{R}$$

$$V = \sqrt{Rg\mu} \quad V = \sqrt{16 \cdot 9,8 \cdot 0,4} = 8 \text{ м/с}$$

$$\mu_1 = \frac{0,4}{4} = 0,1$$

$$V' = \sqrt{16 \cdot 9,8 \cdot 0,1} = 4 \text{ м/с}, \quad \text{т.е. скорость требуется снизить в два раза.}$$

247.  $F_{\text{тр}} = ma_{\text{ц}} \quad a_{\text{ц}} = \omega^2 R = 4\pi^2 v^2 R$

$$F_{\text{тр}} = mg\mu \quad mg\mu = m4\pi^2 v^2 R \quad \mu = \frac{4\pi^2 v^2 R}{g}$$

$$v = 78 \text{ мин}^{-1} = 1,3 \text{ Гц} \quad R = 0,07 \text{ м}$$

$$\mu = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 1,3^2 \cdot 0,07^2}{9,8} \approx 0,033$$

248. Найдем  $\mu$ .

$$|N| = |mg| \quad F_{\text{тр}} = \frac{N}{\text{tg} 60^\circ}, \text{ но } F_{\text{тр}} = \mu N, \text{ следовательно,}$$

$$\mu = \frac{1}{\text{tg} 60^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{3} \approx 0,58. \text{ Далее, используя пример 246}$$

$$mg\mu = m \frac{V^2}{R} \quad R = \frac{V^2}{g\mu}, \quad V = 25 \text{ км/ч} = 7 \text{ м/с}$$

$$R = \frac{7^2}{9,8 \cdot 0,58} \approx 8,5 \text{ м.}$$

249. Используя 246 и 248

$$\mu = \frac{1}{\operatorname{tg} 72^\circ} \quad V = \sqrt{Rg\mu}.$$

250. Используя 246 и 248

$$V = \sqrt{Rg\mu} \quad \mu = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} \quad \alpha = \operatorname{arctg} \left( \frac{1}{\mu} \right).$$

251. Чтобы шофер, повернув, проехал перед сосной, радиус поворота

R должен быть  $\leq d$ .

$$R_{\max} = d, \quad \text{используя №248} \quad R_{\max} = \frac{V^2}{g\mu}.$$

Тормозной путь S равен

$$S = Vt - \frac{at^2}{2}, \quad \text{где } a = \frac{F_{mp}}{m} = \frac{mg\mu}{m} = g\mu$$

$$t = \frac{V}{a} = \frac{V}{g\mu} \quad S = V \frac{V}{g\mu} - \frac{g\mu \left( \frac{V}{g\mu} \right)^2}{2} = \frac{V^2}{2g\mu} = \frac{1}{2} R, \quad \text{т.е.}$$

затормозить выгоднее.

252. Запишем второй закон Ньютона

$F = F_{\tau} + F_{\text{тр}} = \overline{mg} - \overline{AV}$ , где A – некоторый противоположный коэффициент трения знак (-), т.к.  $\overline{F_{\text{тр}}}$  и  $\overline{V}$  противоположны по направлениям.

$F_{\text{тр}y} = -AV_y$   $F_{\tau y} = -mg$  т.е. ускорение тела при движении вверх  $a > g$  на величину  $\frac{AV_y}{m}$ , а при движении вниз  $a < g$ .

Т.к.  $a > g$  при движении вверх, то тело достигнет наивысшей точки

( $V_y = 0$ ) быстрее, чем при свободном падении, где  $a = g$ , и наоборот, при спуске тело будет падать медленнее, чем при

свободном падении. Т.к. при свободном падении время подъема равно времени спуска:  $t_{\text{п}} = t_{\text{с}} = \frac{V_{y0}}{g}$ , то при наличии сопротивления воздуха спуск займет больше времени, чем подъем.

**253.** Сила сопротивления воздуха пропорциональна площади поперечного сечения тела, соответственно дополнительное ускорение:

$$a = \frac{F_{\text{пр}}}{m}, \text{ создаваемое этой силой обратно пропорционально массе.}$$

$$\text{Т.е. } a \sim \frac{S}{m}, \text{ но } S \sim r^2, \text{ а } m \sim r^3, \text{ следовательно, } a \sim \frac{r^2}{r^3} \sim \frac{1}{r},$$

т.е. чем больше размер градины, тем меньше она тормозится воздухом.

**254.** Аналогично 253, т.к. скорость крупных капель больше, чем мелких из-за меньшего торможения, то и достигнут поверхности земли они быстрее.

**255.** Нет, силы сопротивления при одной и той же скорости этих шаров равны, но  $a = \frac{F}{m}$ , т.к. масса полого шара < массы сплошного, то, следовательно, тормозиться он будет быстрее.

$$\text{256. } F = ma', \text{ где } a' = g - a = 9,8 - 9 = 0,8 \text{ м/с}^2$$

$$F = 1 \text{ кг} \cdot 0,8 \text{ м/с}^2 = 0,8 \text{ Н.}$$

**257.**  $a = a' + g$ , где  $a'$  – ускорение, сообщаемое силой трения.

$$a = \frac{V_0}{t} = \frac{30}{2,5} = 12 \text{ м/с}^2$$

$$F_{\text{тр}} = ma' \quad a' = 12 - 9,8 \approx 2 \text{ м/с}^2 \quad 40 \text{ г} = 0,04 \text{ кг}$$

$$F_{\text{тр}} = 0,04 \cdot 2 = 0,08 \text{ Н.}$$



$$258. a = g - a' \quad h = \frac{at^2}{2} \quad t = \frac{V}{a} \quad h = \frac{a \left( \frac{V}{a} \right)^2}{2} = \frac{V^2}{2a}$$

$$a = \frac{V^2}{2h} = \frac{13^2}{2 \cdot 10} = 8,4 \text{ м/с}^2 \quad a' = g - a = 9,8 - 8,4 = 1,4 \text{ м/с}^2$$

$$F = m a' = 60 \cdot 1,4 = 84 \text{ Н}$$

В ответах  $F = 96 \text{ Н}$ , очевидно получено при  $g = 10 \text{ м/с}^2$ , тогда

$$10 - 8,4 = 1,6$$

$$F = 60 \cdot 1,6 = 96 \text{ Н}.$$

259. При движении парашюта сила сопротивления ( $F_c$ ) равна силе тяжести ( $F_T$ ), т.к. движется равномерно.

$$F_c = AV \quad F_T = mg, \text{ откуда следует } AV = mg$$

$$AV_1 = m_1 g, \text{ где } m_1 - \text{масса женщины}$$

$$AV_2 = m_2 g, \text{ где } m_2 - \text{масса мужчины}.$$

$$V_2 = \frac{V_1 m_2}{m_1} = \frac{6,5 \cdot 100}{50} = 13 \text{ м/с}; \quad m - \text{масса балласта}$$

Сила Архимеда при сбросе балласта почти не меняется, т.к. она пропорциональна объему, а объем балласта очень мал.

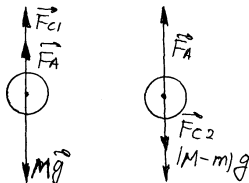
$$\text{В случае а) и б) } \Sigma F = 0$$

$$\text{а) } F_{c1} + F_A - Mg = 0$$

$$\text{б) } -F_{c2} + F_A - (M - m)g = 0$$

складывая уравнения а) и б)

$$2F_A - 2Mg + mg = 0 \quad mg = 2Mg - 2F_A \quad m = 2 \left( M - \frac{F_A}{g} \right).$$



261. а) весом тела называется сила, с которой тело давит на опору или растягивает подвес;

б) вес возникает из-за действия других сил на тело, обычно это сила тяжести;

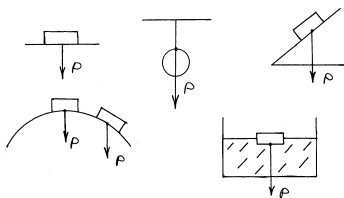
в) вес приложен к опоре или подвесу;

г) направление веса тела зависит от конкретной ситуации, но обычно вертикально вниз;

д) вес тела зависит от многих условий: массы, ускорения и т.д., но обычно только от массы;

е) сила электромагнитного взаимодействия атомов тела и поверхности опоры или подвеса.

262.



а), в), г) – к поверхности;

б) – к подвесу;

д) – к воде.

263. Максимальный вес в нижней точке, т.к. ускорение акробата максимально. Минимальный  $P = 0$  в полете, т.е. когда акробат не касается батута.

264. Нет, т.к. он давит силой равной  $mg$  на воду.

265. а)  $F = mg + ma = m(g + a) = 2(9,8 + 2) \approx 24\text{Н}$ ; б)  $F = mg = 2 \cdot 9,8 \approx 20\text{Н}$

266. Т.к. ускорение человека в обоих случаях равно  $0$ , то  $P = mg = 60 \cdot 9,8 \approx 600\text{Н}$

267. а) от  $0$  до  $20\text{с}$

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{1,5 - 0}{20 - 0} = 0,075 \text{ м/с}^2$$

$$P = mg + ma = 60 \cdot 9,8 + 60 \cdot 0,075 \approx 593\text{Н}$$

$$\text{б) } a = 0 \quad P = mg = 60 \cdot 9,8 = 588 \text{ Н}$$

в) от 60 до 160с

$$a = \frac{0-1,5}{40} \approx -0,04 \text{ м/с}^2$$

$$P = mg + ma = 60 \cdot 9,8 - 60 \cdot 0,04 \approx 586 \text{ Н}$$

Результат не сходится с ответом в задачнике, потому что при получении ответов там  $g$  было взято  $10 \text{ м/с}^2$ , а не  $9,8 \text{ м/с}^2$ , но этого делать нельзя, т.к.  $\Delta g = 10 - 9,8 = 0,2 \text{ м/с}^2$  много больше, чем  $a = 0,075 \text{ м/с}^2$  и  $a = 0,04 \text{ м/с}^2$ .

$$\begin{aligned} 268. \text{ а) } a &= \frac{P-mg}{m} \quad m = 60 \text{ кг} \quad mg = 600 \text{ Н} \quad a \\ &= \frac{540-600}{60} = -1 \text{ м/с}^2, \text{ т.е. } |a| = 1 \text{ м/с}^2 \text{ и } \vec{a} \text{ направлено вертикально вниз;} \end{aligned}$$

$$\text{б) } a = \frac{P-mg}{m} = \frac{720-600}{60} = 2 \text{ м/с}^2, \quad \vec{a} \text{ направленно вверх}$$

о скорости ничего определенного сказать нельзя.

$$269. \text{ а) } m = \frac{P}{g+a} = \frac{100}{9,8+5} \approx 6,8 \text{ кг}; \quad \text{б) } m = \frac{P}{g-a} = \frac{100}{9,8-5} \approx 21$$

кг.

$$270. a = \frac{P}{m} - g = \frac{1800}{150} - 9,8 \approx 2 \text{ м/с}^2, \text{ т.к. } a > 0, \text{ то лифт едет вверх.}$$

$$271. P = mg + ma = 80 \cdot 9,8 + 80 \cdot 20 \approx 2400 \text{ Н}$$

$$\text{Перегрузка } f = \frac{P}{mg} = \frac{2400}{80 \cdot 9,8} \approx 3.$$

$$272. \text{ а) } P = m(g+a); \quad a = \frac{V^2}{R}; \quad P = m(g + \frac{V^2}{R}) = 40(9,8 + \frac{10^2}{20}) \approx 600 \text{ Н}$$

$$\text{б) } P = m(g-a) \quad a = \frac{V^2}{R} \quad P = m(g - \frac{V^2}{R}) = 40(9,8 -$$

$$\frac{5^2}{20}) \approx 300 \text{ Н.}$$

273. Рассмотрим систему в отсутствие силы тяжести

$$P = ma = \frac{m\omega^2}{R} = m4\pi^2\nu^2R \quad \nu = 2780 \text{ об/мин} = 46,3 \text{ Гц} \quad R$$

$$= 0,1 \text{ м}$$

$1 \cdot 4 \cdot 3,14^2 \cdot 46,3^3 \cdot 0,1 \approx 8500 \text{ Н}$   $\vec{P}$  направлен по радиусу центрифуги от центра к стенкам.

$$274. P = mg - ma = m(g - \frac{V^2}{R}), \quad P = 5000 \text{ кг} \cdot (9,8 \text{ Н/кг} - \frac{20^2}{50}) \approx 10000 \text{ Н}.$$

$$275. P = m(g - \frac{V^2}{R}) \quad V = \sqrt{\left(g - \frac{P}{m}\right)R} = \sqrt{\left(9,8 - \frac{15000}{2000}\right) \cdot 40} \approx 10 \text{ м/с}.$$

$$276. P' = \frac{1}{2}P = \frac{1}{2}mg \quad P' = mg - m\frac{V^2}{R} = \frac{1}{2}mg$$

$$90 \text{ км/ч} = 25 \text{ м/с}; \quad m\frac{V^2}{R} = \frac{1}{2}mg; \quad R = \frac{2V^2}{g} = \frac{2 \cdot 25^2}{9,8} \approx 127,5 \text{ м}.$$

$$277. P = m(g + a) = m(g + \frac{V^2}{R}) \quad m = 52000 \text{ кг}, \quad V = 18 \text{ м/с},$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2 \quad R = 40 \text{ м}$$

$$P = 52000(9,8 + \frac{18^2}{40}) \approx 930000 \text{ Н}$$

Выпуклый мост подобен арке, т.е. он лучше держит нагрузку, чем плоский.

$$278. P = m(g + \frac{V^2}{R}) = 50(9,8 + \frac{6^2}{4}) = 940\text{Н}$$

$$279. \text{вверх: } P = m(g - \frac{V^2}{R}) \quad 180 \text{ км/ч} = 50 \text{ м/с}$$

$$P = 70(9,8 - \frac{50^2}{100}) \approx -1050\text{Н, т.е. летчик давит вверх на сиде-$$

$$\text{нье с силой } 1050\text{Н; Вниз } P = m(g + \frac{V^2}{R}) = 70(9,8 + \frac{50^2}{100}) =$$

$$2450\text{Н.}$$

$$280. a = g \quad P = m(g - a) = m(g - g) = 0.$$

281. Лампа загорится, т.к. гирия не будет давить на пластину, и она, распрямившись, замкнет цепь.

282. Нет, т.к. кабина герметична:  $m = \text{const}$ ;  $V = \text{const}$ ;

$$\rho = \frac{m}{V} = \text{const.}$$

$$283. \text{Во время полета, т.к. } a = g; \quad P = mg - ma = mg - mg = 0.$$

284. Отпустить его из рук.

285. Да, т.к. закон справедлив для определенных жидкостей или газов, а не от условий, куда они помещены.

$$286. \omega_{\min} \quad \text{при } P = 0; \quad P = 0 \quad \text{если } a_{\text{ц}} = g, \quad \text{т.е. } \omega^2 R = g$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{R}}$$

$$287. a_{\text{ц}} = g \quad \frac{V^2}{R} = g \quad V = \sqrt{gR} \approx \sqrt{9,8 \cdot 40} \approx 20 \text{ м/с.}$$

$$288. F = ma \quad F = F_{\text{тяг}} - F_{\text{тр}} = F_{\text{тяг}} - N\mu = F_{\text{тяг}} - mg\mu = ma$$

$$F_{\text{тяг}} = m(g\mu + a) \quad a = 0,7 \text{ м/с}; \quad F_{\text{тяг}} = 15000(9,8 \cdot 0,03 + 0,7) = 15000\text{Н.}$$

$$289. V = at \quad a = \frac{F}{m} \quad F = F_{\text{тяг}} - F_{\text{тр}} = F_{\text{тяг}} - mg\mu$$

$$m = 3250000 \text{ кг} \quad F_{\text{тяг}} = 650000\text{Н}$$

$$a = \frac{F_{\text{тяг}} - mg\mu}{m} = \frac{650000}{3250000} - 9,8 \cdot 0,005 = 0,15 \text{ м/с}^2$$

$$V = 0,15t$$

$$290. a = \frac{V^2}{2S} = \frac{10^2}{2 \cdot 50} = 1 \text{ м/с}^2 \quad ma = F_{\text{тяги}} - mg\mu$$

$$\mu = a \quad \frac{\frac{F_{\text{тяги}}}{m} - a}{g} = \frac{\frac{14000}{10000} - 1}{9,8} = 0,04.$$

$$291. X = X_0 + V_0 t + \frac{a}{2} t^2 \quad a = 0,05 \cdot 2 = 0,1 \text{ м/с}^2$$

$$ma = F_{\text{тяги}} - mg\mu \quad m = \frac{F_{\text{тяги}}}{a + g\mu} = \frac{300000}{0,1 + 0,005 \cdot 9,8} \approx 2 \cdot 10^6 \text{ кг.}$$

$$292. F_{\text{тяги}} = ma + F_{\text{тр.}}$$

$$1) a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{10-0}{40-0} = 0,25 \text{ м/с}^2; \quad F_{\text{тяги}} = 8000 \cdot 0,25 + 600 = 2600 \text{ Н}$$

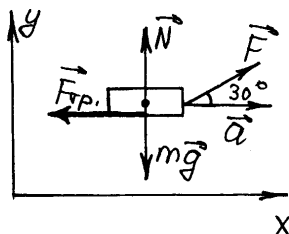
$$2) a = \frac{0-10}{120-40} = -0,125 \text{ м/с}^2 \quad F_{\text{тяги}} = 8000 \cdot (-0,125) + 600 = -400 \text{ Н.}$$

$$293. \text{ На участке BC: } F_{\text{тр}} = -ma = 4000 \frac{0-10}{120-40} = 500 \text{ Н}$$

$$\text{ на AB: } F_{\text{тяги}} = ma + F_{\text{тр}} = 4000 \frac{10-0}{20-0} + 500 = 2500 \text{ Н}$$

$$\text{ на BC: } F_{\text{тяги}} = F_{\text{тр}} = 500 \text{ Н, т.к. } a = 0.$$

294.



$$OX: F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = ma$$

$$OY: F \sin \alpha + N - mg = 0$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N \quad \frac{F \cos \alpha}{\mu} - \frac{F_{\text{мп}}}{\mu} = \frac{ma}{\mu}$$

$$F \sin \alpha + \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} - mg = 0$$

$$F \left( \frac{\cos \alpha}{\mu} + \sin \alpha \right) = m \left( \frac{a}{\mu} + g \right)$$

$$F = \frac{m \left( \frac{a}{\mu} + g \right)}{\frac{\cos \alpha}{\mu} + \sin \alpha}$$

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{4-2}{5} = 0,4 \text{ м/с}^2; \quad F = \frac{10 \left( \frac{0,4}{0,15} + 9,8 \right)}{\frac{\cos 30^\circ}{0,15} + \sin 30^\circ} \approx 20 \text{ Н}$$

F зависит от  $\alpha$ ;  $F_{\min}$ , если  $\frac{\cos \alpha}{\mu} + \sin \alpha$  будет максимальным

$$F(\alpha) = \frac{\cos \alpha}{\mu} + \sin \alpha; \quad F'(\alpha) =$$

$$\frac{-\sin \alpha}{\mu} + \cos \alpha = 0; \quad \frac{\sin \alpha}{\mu} = \cos \alpha$$

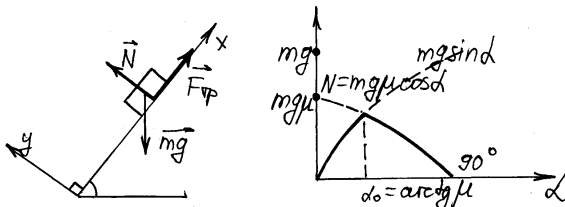
$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \mu \quad \operatorname{tg} \alpha = \mu \quad \alpha = \operatorname{arctg} \mu$$

$$\alpha = \operatorname{arctg}(0,15) \approx 8,53^\circ \quad F_{\min} = \frac{10 \left( \frac{0,4}{0,15} + 9,8 \right)}{\frac{\cos 8,53}{0,15} + \sin 8,53} = 18,5 \text{ Н.}$$

$$295. F_1 = mg + ma, \quad F_2 = mg - ma \\ F_1 - F_2 = mg + ma - (mg - ma) = 2ma$$

$$m = \frac{\Delta F}{2a} = \frac{29,4}{2 \cdot 6} = 2,45 \text{ кг.}$$

296.



$$OY: N - mg \cos \alpha = 0 \quad OX: F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha = ma$$

$F_{\text{тр}} \leq N\mu$ , если  $F_{\text{тр}} < N\mu$ , то  $a = 0$ , т.е. тело находится в покое и:

$$OX: F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha = 0 \quad F_{\text{тр}} = mg \sin \alpha, \quad \text{если } F_{\text{тр}} = N\mu, \text{ то } N \leq N_0$$

$$\text{Найдем } N_0: \quad OY: N - mg \cos \alpha = 0$$

$$N = mg \cos \alpha \quad N_0 = \frac{F_{\text{мп}}}{\mu} \quad mg \cos \alpha_0 = \frac{mg \sin \alpha_0}{\mu}$$

$$\cos \alpha_0 = \frac{\sin \alpha_0}{\mu} \quad \text{tg} \alpha_0 = \mu \quad \alpha_0 = \text{arctg} \mu$$

$$297. OX: F_{\text{тяги}} - F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha = ma \quad OY: \bar{N} - mg \cos \alpha = 0$$

$$a_{\min} = 0$$

$$\text{найдем } F_{\text{тяги min}} =$$

$$F$$

$$F - F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha = 0 \quad N - mg \cos \alpha$$

$$= 0$$

$$F_{\text{тр}} = N\mu$$

$$N = mg \cos \alpha \quad F_{\text{тр}} = mg \cos \alpha \mu$$

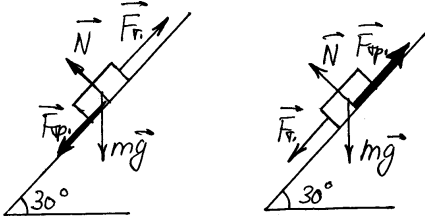
$$F - mg \cos \alpha \mu - mg \sin \alpha = 0$$

$$F = mg(\cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$F = 600 \cdot 9,8(\cos 20^\circ \cdot 0,05 + \sin 20^\circ) \approx 2290 \text{ Н}$$



298.



При движении и вверх и вниз  $F_{тр} = N\mu$

а)  $N = mg \cos \alpha$

$$F_1 = F_{тр} + mg \sin \alpha = N\mu + mg \sin \alpha = mg(\cos \alpha \mu + \sin \alpha)$$

б)  $N = mg \cos \alpha$   $F_{тр} = N\mu$   $F_2 = F_{тр} - mg \sin \alpha$

$$F_2 = mg(\cos 30^\circ \mu - \sin 30^\circ)$$

$$\Delta F = F_1 - F_2 = mg(\cos 30^\circ \mu + \sin 30^\circ) - mg(\cos 30^\circ \mu - \sin 30^\circ)$$

=

$$= 2mg \sin 30^\circ = 2 \cdot 2 \cdot 9,8 \cdot 0,5 \approx 20 \text{ Н.}$$

299. Используя № 297:  $F = mg(\cos \alpha \mu + \sin \alpha)$   $F > mg$ ,  
если

$$\cos \alpha \mu + \sin \alpha > 1 \quad \mu > \frac{1 - \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{1 - \sin 30^\circ}{\cos 30^\circ} = 0,58.$$

300. Используя № 296

$\arctg \mu = \arctg 0,8 = 39^\circ$ , т.к.  $30^\circ < 39^\circ$ , то, используя № 296

$$F_{тр} = mg \sin \alpha = 2 \cdot 9,8 \cdot \sin 30^\circ \approx 10 \text{ Н.}$$

301. Используя № 296

$$\arctg \mu = \arctg 0,2 = 11^\circ < 30^\circ$$

$$ma = F_{тр} - mg \sin \alpha \quad F_{тр} = N\mu = mg \cos \alpha \mu \quad ma = mg(\cos \alpha \mu - \sin \alpha)$$

$$a = g(\cos \alpha \mu - \sin \alpha) = 9,8(\cos 30^\circ \cdot 0,2 - \sin 30^\circ) = -3,2 \text{ м/с}^2$$

Знак минус получился потому, что в условии № 296 ось  $y$  направлена вверх, а тело сползает вниз.

302. Найдем  $\alpha \cdot \sin \alpha = \frac{3}{5} = 0,6$   $\alpha = \arcsin 0,6 = 37^\circ$

Найдем  $\alpha_0$   $\alpha_0 = \arctg \mu = \arctg 0,2 = 11^\circ$ , следовательно,

$$F_{\text{тр}} = mg \cos \alpha \mu \quad (\# 296)$$

$$\text{а) } F = F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = mg(\cos \alpha \mu + \sin \alpha) = 50 \cdot 9,8(\cos 37^\circ \cdot 0,2 + \sin 37^\circ) \approx 380 \text{ Н}$$

б), в) т.к.  $a = 0$ , то  $F = F$ , найденное в пункте а), где  $a = 0$  (состояние покоя  $F = 380 \text{ Н}$

г) из № 297

$$\text{ОХ: } -F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha + F = ma$$

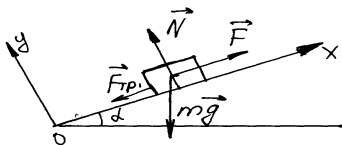
$$F = m(a + g(\cos \alpha \mu + \sin \alpha)) = 50(1 + 9,8(\cos 37^\circ \cdot 0,2 + \sin 37^\circ)) = 430 \text{ Н}$$

д)  $F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha + F = m(-a)$ , т.к. тело движется вниз

$$F = m(g(\cos \alpha \mu + \sin \alpha) - a) = 330 \text{ Н.}$$

303.  $\alpha_0 = 11^\circ$  из № 302, где  $\mu = 0,2$

304.



$$m = 4T = 4 \cdot 10^3 \text{ кг}; \quad a = 0,2$$

$$\text{м/с}^2; \quad \text{tg} \alpha = 0,02;$$

$$\mu = 0,04; \quad F - ?$$

т.к.  $\alpha$  мал, то  $\alpha \approx \sin \alpha \approx \text{tg} \alpha$

$$= 0,02, \quad \cos \alpha \approx 1$$

$$m\bar{a} = \bar{F} + \bar{N} + \bar{F}_{\text{тр}} + m\bar{g}.$$

В проекциях на оси координат:

$$\text{Х: } ma = F - F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha$$

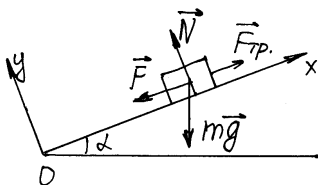
$$\text{У: } 0 = N - mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha \quad F = ma + F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = m(a + \mu mg \cos \alpha + g \sin \alpha)$$

$$F \approx 4 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot (0,2 \text{ м/с}^2 + 0,04 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 1 + 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,02)$$

$$\approx 3,15 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

305.



$$m = 3000 \text{ T} = 3 \cdot 10^6 \text{ кг};$$

$$\text{tg } \alpha = 0,003; \quad \mu = 0,008$$

$$\text{a) } F = 300 \text{ кН} = 3 \cdot 10^5 \text{ Н};$$

$$\text{б) } F = 150 \text{ кН} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Н};$$

$$\text{в) } F = 90 \text{ кН} = 9 \cdot 10^4 \text{ Н}; \quad \text{a} - ?$$

$$\vec{m}\vec{a} = \vec{F} + \vec{m}\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}.$$

В проекциях на оси координат:

$$\text{X: } m\vec{a} = -F - mg \sin \alpha + F_{\text{тр}}$$

$$\text{Y: } 0 = N - mg \cos \alpha$$

$$a = -\frac{F}{m} - g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha.$$

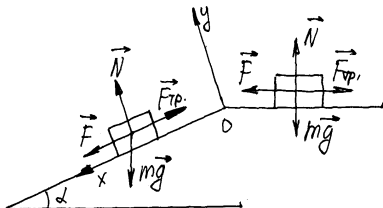
Т.к. угол  $\alpha$  мал, то  $\text{tg} \alpha \approx \sin \alpha$ ,  $\cos \alpha \approx 1$ .

$$1) \quad a \approx -\frac{3 \cdot 10^5 \text{ Н}}{3 \cdot 10^6 \text{ кг}} - 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,003 + 0,008 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 1 \approx -5,1 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$$

$$2) \quad a \approx -\frac{1,5 \cdot 10^5 \text{ Н}}{3 \cdot 10^6 \text{ кг}} - 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,003 + 0,008 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 1 \approx -10^{-3} \text{ м/с}^2$$

$$3) \quad a \approx -\frac{9 \cdot 10^4 \text{ Н}}{3 \cdot 10^6 \text{ кг}} - 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,003 + 0,008 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 1 \approx -1,9 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$$

306.



$$m = 300 \text{ кг}; \quad \operatorname{tg} \alpha = 0,02; \quad \mu = 0,04; \quad t = 10 \text{ с}; \quad V = ?$$

Пусть  $V_0$  – скорость мотоциклиста в начале уклона.

$$ma_1 = F - \mu mg \quad V_0 = a_1 \frac{t}{2} = \left( \frac{F}{m} - \mu g \right) \frac{t}{2}$$

Рассмотрим движение под уклон.

$$m\bar{a}_2 = \bar{F} + \bar{N} + \bar{F}_{тр} + m\bar{g}. \quad \text{В проекциях на оси координат:}$$

$$X: ma_2 = F - F_{тр} + mg \sin \alpha$$

$$Y: 0 = N - mg \cos \alpha$$

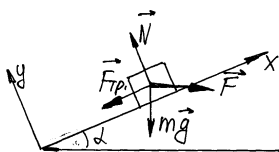
$$F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha \quad a = \frac{F}{m} - \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$V = V_0 + a_2 \frac{t}{2} = \left( \frac{F}{m} - \mu g \right) \frac{t}{2} + \left( \frac{F}{m} - \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha \right) \frac{t}{2}$$

$$\text{Т.к. } \operatorname{tg} \alpha \text{ мал, } \operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha, \quad \cos \alpha \approx 1.$$

$$V \approx \left( \frac{180H}{300 \text{ кг}} - 0,04 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 1 + 0,02 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \right) \frac{10 \text{ с}}{2} + \\ + \left( \frac{180H}{300 \text{ кг}} - 0,04 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 1 + 0,02 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \right) \frac{10 \text{ с}}{2} = 3,06 \text{ м/с}.$$

307.



$$m = 2 \text{ кг}; \quad \alpha = 30^\circ; \quad \mu = 0,3; \quad F = ?$$

$$0 = \bar{F} + \bar{N} + \bar{F}_{тр} + m\bar{g}. \quad \text{В проекциях на оси координат:}$$

$$X: 0 = F \cos \alpha - F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha$$

$$Y: 0 = N - mg \cos \alpha - F \sin \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu(mg \cos \alpha + F \sin \alpha)$$

$$F \cos \alpha - \mu mg \cos \alpha - \mu F \sin \alpha - mg \sin \alpha = 0$$

$$F = mg \frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} = 2 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \frac{\frac{1}{2} + 0,3 \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \cdot 0,3} \approx 20,8 \text{ кг}.$$

308.  $\mu = 0,6; \quad \alpha - ?$

$$0 = \vec{mg} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}.$$

В проекциях на оси координат:

$$X: 0 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}$$

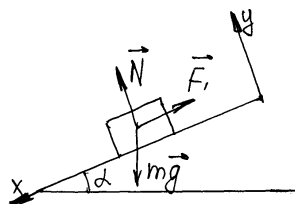
$$Y: 0 = N - mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha;$$

$$0 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$\alpha = \arctg \mu = \arctg 0,6 \approx 31^\circ$$

Таким образом наш угол больше  $31^\circ$ .



$$\mu = \operatorname{tg} \alpha$$

309. Будем считать, что масса клина равна нулю (т.е. много меньше  $m$ ).

$$\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{mg} = 0$$

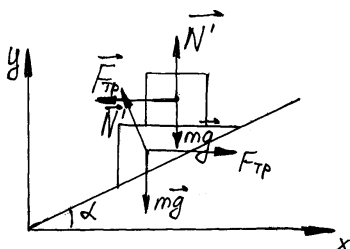
В проекциях на оси координат:

$$X: F_{\text{тр}} = N \sin \alpha$$

$$Y: N \cos \alpha = mg \quad \text{Из геометрических соображений:}$$

$$F_{\text{тр}} \operatorname{tg} \alpha = mg - N \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} \operatorname{tg} \alpha = mg - F_{\text{тр}} \operatorname{ctg} \alpha$$



$$F_{\text{тр}} = \frac{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}{\sin \alpha \cos \alpha} = mg$$

$$F_{\text{тр}} = mg \frac{\sin 2\alpha}{2}$$

310. Разложим скорость на горизонтальную и вертикальную компоненты.

$$V_1 = V \sin \alpha$$

$$V_2 = V \cos \alpha$$

$$a = \frac{V_2^2}{R} = \frac{V^2 \cos^2 \alpha}{R}$$

311.  $m_1 = 0,1 \text{ кг}; m_2 = 0,2 \text{ кг}; F_1 = 0,5 \text{ Н}; F_2 = 3 \text{ Н}; T$   
 $-?$

$$\begin{cases} m_1 \bar{a} = \bar{F}_1 + \bar{T} \\ m_2 \bar{a} = \bar{F}_2 - \bar{T} \end{cases} \quad \text{В проекциях на ось } x \text{ эта система запишется в виде}$$

$$\begin{cases} m_1 a = -F_1 + T \\ m_2 a = F_2 - T \end{cases} \quad a = \frac{-F_1 + F_2}{m_1 + m_2}$$

$$T = m_1 a + F_1 = m_1 \frac{-F_1 + F_2}{m_1 + m_2} + F_1 = \frac{m_1 F_2 + m_2 F_1}{m_1 + m_2} =$$

$$= \frac{0,1 \text{ кг} \cdot 3 \text{ Н} + 0,2 \text{ кг} \cdot 0,5 \text{ Н}}{0,1 \text{ кг} + 0,2 \text{ кг}} \approx 1,3 \text{ Н}. \quad \text{Если силы поменять местами, то}$$

$$T = \frac{0,1 \text{ кг} \cdot 0,5 \text{ Н} + 0,2 \text{ кг} \cdot 3 \text{ Н}}{1 \text{ кг} + 0,2 \text{ кг}} \approx 2,2 \text{ Н}.$$

312.  $T = 10 \text{ Н}; m_1 = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}; m_2 = 300 \text{ г} = 0,3 \text{ кг};$   
 $F_1 - ? \quad F_2 - ?$

$$\begin{cases} m_1 \bar{a} = \bar{F} + \bar{T} \\ m_2 \bar{a} = -\bar{T} \end{cases} \quad \text{В проекциях на ось } x \text{ эта система запишется в виде}$$

$$\begin{cases} m_1 a = F - T \\ m_2 a = T \end{cases} \quad F_1 = \frac{m_1 + m_2}{m_2} T = 10 \text{ Н} \frac{0,3 \text{ кг} + 0,2 \text{ кг}}{0,3 \text{ кг}} \approx 17 \text{ Н}$$

Проводя полностью аналогичные выкладки, получим

$$F_2 = \frac{m_1 + m_2}{m_1} T = 10 \text{ Н} \frac{0,3 \text{ кг} + 0,2 \text{ кг}}{0,2 \text{ кг}} = 25 \text{ Н}.$$

313. Будем считать, что  $\bar{T}$  максимальна, то есть  $\bar{T} = \bar{F}$ .

$$\begin{cases} m_1 \bar{a} = \bar{F}_{\text{вн}} + \bar{F} + \bar{F}_{\text{мп1}} \\ m_2 \bar{a} = -\bar{T} + \bar{F}_{\text{мп2}} \end{cases}$$

Наша система в проекциях на ось  $x$  запишется в виде

$$\begin{cases} m_1 a = F_{\text{вн}} - F - \mu m_1 g \\ m_2 a = F - \mu m_2 g \end{cases} \quad \text{Отсюда получаем} \quad F_{\text{вн}} = F \frac{m_1 + m_2}{m_2}$$

$$314. m_1 = 27,2 \text{ Т} = 2,72 \cdot 10^4 \text{ кг}; \quad m_2 = 15,3 \text{ Т} = 1,53 \cdot 10^4 \text{ кг};$$

$$a = 0,6 \text{ м/с}^2; \quad F - ? \quad T - ?$$

$$\begin{cases} m_1 \bar{a} = \bar{F}_m + m_1 \bar{g} + \bar{T} \\ m_2 \bar{a} = -\bar{T} + m_2 \bar{g} \end{cases} \quad \text{В проекциях на ось } y$$

$$\begin{cases} m_1 a = F_m - m_1 g - T \\ m_2 a = T - m_2 g \end{cases}$$

$$T = m_2(a + g) = 1,53 \cdot 10^4 \text{ кг} \cdot (9,8 \text{ м/с}^2 + 0,6 \text{ м/с}^2) \approx 1,6 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

$$F_T = m_1(a + g) + T = (m_1 + m_2)(a + g) =$$

$$= (2,72 \cdot 10^4 \text{ кг} + 1,53 \cdot 10^4 \text{ кг})(9,8 \text{ м/с}^2 + 0,6 \text{ м/с}^2) = 4,42 \cdot 10^5$$

Н.

$$315. m_1 = 2 \text{ кг}; \quad m_2 = 3 \text{ кг}; \quad m_3 = 10 \text{ кг}; \quad F - ? \quad T_1 - ?$$

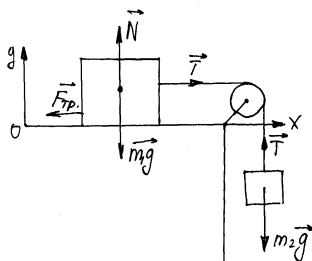
$$\begin{cases} 0 = \bar{F} + m_1 \bar{g} + \bar{T}_1 \\ 0 = -\bar{T}_1 + m_2 \bar{g} + \bar{T}_2 \\ 0 = -\bar{T}_2 + m_3 \bar{g} \end{cases} \quad \text{В проекциях на ось } y \quad \begin{cases} 0 = F - m_1 g - T_1 \\ 0 = T_1 - m_2 g - T_2 \\ 0 = T_2 - m_3 g \end{cases}$$

$$T_2 = m_3 g = 10 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 = 98 \text{ Н}$$

$$T_1 = m_2 g + T_2 = 3 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 + 98 \text{ Н} = 127,4 \text{ Н}$$

$$F = m_1 g + T_1 = 2 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 + 127,4 \text{ Н} = 147 \text{ Н}.$$

$$316. m_1 = 400 \text{ г} = 0,4 \text{ кг}; \quad m_2 = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}; \quad \ell = 8 \text{ см} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м};$$



$$t = 2 \text{ с};$$

$$\mu - ?$$

$$\begin{cases} m_1 \bar{a} = \bar{T} - \bar{F}_{mp} \\ m_2 \bar{a} = \bar{T} + m_2 \bar{g} \\ F_{mp} = \mu N = \mu mg \end{cases}$$

В проекциях на оси координат

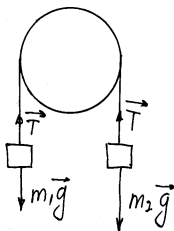
$$\begin{cases} m_1 a = T - \mu mg \\ m_2 a = mg - T \end{cases}$$



$$(m_1 + m_2)a = (m_2 - \mu m_1)g$$

$$a = g \frac{m_2 - \mu m_1}{m_1 + m_2} \quad \ell = \frac{at^2}{2} = \frac{g}{2} \frac{m_2 - \mu m_1}{m_1 + m_2} t^2$$

$$\mu = \frac{m_2}{m_1} - \frac{2\ell}{gt^2} \frac{m_1 + m_2}{m_1} = \frac{0,1\kappa\epsilon}{0,4\kappa\epsilon} - \frac{2 \cdot 0,08\text{м}}{9,8\text{м}/\text{с}^2 \cdot 2^2\text{с}^2} \cdot \frac{0,1\kappa\epsilon + 0,4\kappa\epsilon}{0,4\kappa\epsilon} \approx 0,245$$



$$317. m_1 = 0,3\kappa\Gamma; m_2 = 0,34\kappa\Gamma; \quad t = 2\text{с}; \quad \ell = 1,2\text{м}; \quad g = ?$$

$$\begin{cases} m_2 a = m_2 g - T \\ m_1 a = T - m_1 g \end{cases} \quad m_2 a = m_2 g - m_1 a - m_1 g$$

$$\frac{(m_2 + m_1)a}{m_2 - m_1} = g \quad \ell = \frac{a}{2} t^2 \quad a = \frac{2\ell}{t^2}$$

$$g = \frac{2\ell(m_2 + m_1)}{t^2(m_2 - m_1)} = \frac{2 \cdot 1,2\text{м} \cdot (0,3\kappa\epsilon + 0,34\kappa\epsilon)}{2^2\text{с}^2(0,3\kappa\epsilon - 0,34\kappa\epsilon)} = 9,6$$

$$\text{м}/\text{с}^2.$$

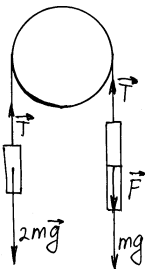
$$318. \begin{cases} (M + m)a = (M + m)g - T \\ Ma = T - Mg \end{cases} \quad (2M + m)a = mg \quad a =$$

$$\frac{mg}{2M + m}$$

$$T = Ma + Mg = \frac{Mmg}{2M + m} + Mg \left( \frac{m}{2M + m} + 1 \right) = 2Mg \frac{M + m}{2M + m}$$

$$N = 2T = 4Mg \frac{M + m}{2M + m}.$$

319.  $\bar{F}$  – сила, с которой клоун действует на лестницу, тогда  $\bar{F}$  – это сила, с которой лестница действует на клоуна.



$$\begin{cases} 2ma = T - 2mg \\ ma = mg + F - T \\ ma = F - mg \end{cases}$$

Первое уравнение в этой системе – это уравнение движения уравновешивающего груза,

второе – это уравнение движения лестницы, третье – это уравнение движения клоуна.

$$\begin{cases} T = 2ma + 2mg \\ ma = mg + T - F = F - 2ma - mg \end{cases} \quad \text{Отсюда имеем}$$

$$ma_k = 3ma + mg - mg; \quad ma_k = 3ma; \quad a_k = 3a$$

Т.к. движение происходит без начальной скорости и одинаковое время, то

$$\ell_k + \frac{1}{3}\ell_k = nd \quad \ell_k = \frac{3}{4}nd \quad A = n + \ell_k = h + \frac{3}{4}nd.$$

**320.**  $m_1 = 5\text{кг}; \quad m_2 = 5\text{кг}; \quad \text{а) } \mu = 0; \quad \text{б) } \mu = 0,2; \quad T$   
 $-?$

$$\begin{cases} m_1 a = T - \mu m_1 g \\ m_2 a = m_2 g - T \end{cases} \quad \text{Отсюда имеем } T = \frac{m_1 m_2 g (1 + \mu)}{m_1 + m_2}$$

а)  $\mu = 0$

$$T = \frac{5\text{кг} \cdot 5\text{кг} \cdot 9,8\text{м/с}^2 \cdot 1}{5\text{кг} + 5\text{кг}} = 24,5\text{Н}$$

б)  $\mu = 0,2$

$$T = \frac{5\text{кг} \cdot 5\text{кг} \cdot 9,8\text{м/с}^2 \cdot (1 + 0,2)}{5\text{кг} + 5\text{кг}} = 29,4\text{Н}.$$

**321.**  $m_1 = 10\text{кг}; \quad m_2 = 10\text{кг}; \quad m_3 = 8\text{кг}; \quad \text{а) } \mu = 0; \quad \text{б) } \mu = 0,2; \quad a -$   
 $?$

$$m_1 a = m_1 g - T_1 \quad m_2 a = T_1 - T_2 - \mu m_2 g \quad -m_3 a = m_3 g - T_2$$

$$(m_1 + m_2 + m_3)a = m_1 g - \mu m_2 g - m_3 g$$

$$a = \frac{(m_1 - \mu m_2 - m_3)g}{m_1 + m_2 + m_3} \quad T_1 = m_1(g - a); \quad T_2 = m_3(g + a)$$

а)  $\mu = 0$

$$a = \frac{(10\text{кг} - 8\text{кг}) \cdot 9,8\text{м/с}^2}{10\text{кг} + 10\text{кг} + 8\text{кг}} = 0,7 \text{ м/с}^2$$

$$T_1 = 10\text{кг} (9,8 \text{ м/с}^2 - 0,7 \text{ м/с}^2) = 91\text{Н}$$

$$T_2 = 8\text{кг} (9,8 \text{ м/с}^2 + 0,7 \text{ м/с}^2) = 84\text{Н}$$

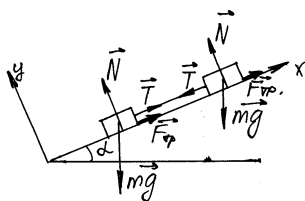
б)  $\mu = 0,2$

$$a = \frac{(10\text{кг} - 0,2 \cdot 10\text{кг} - 8\text{кг}) \cdot 9,8\text{м/с}^2}{10\text{кг} + 10\text{кг} + 8\text{кг}} = 0$$

$$T_1 = 10\text{кг} (9,8\text{ м/с}^2 - 0) = 98\text{Н}$$

$$T_2 = 8\text{кг} (9,8\text{ м/с}^2 + 0) = 78,4\text{Н}.$$

322.  $\alpha = 30^\circ$ ;  $\mu_1 = 0,2$ ;  $\mu_2 = 0,5$ ;  $m = 100\text{г} = 0,1\text{кг}$ ;  $T - ?$



$$\begin{cases} m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_{mp1} \\ m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g} - \vec{T} + \vec{F}_{mp2} \end{cases}$$

В векторной форме вычтем одно уравнение из другого.

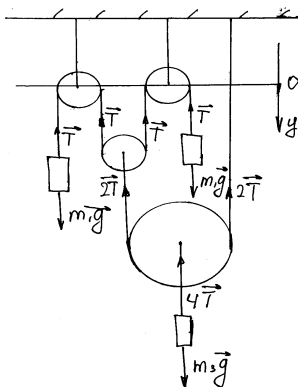
$$0 = 2\vec{T} + \vec{F}_{mp1} - \vec{F}_{mp2}$$

В проекциях на ось  $x$  это уравнение запишется в виде

$$2T + \mu_1 mg \cos\alpha - \mu_2 mg \cos\alpha = 0$$

$$T = \frac{mg \cos\alpha (\mu_2 - \mu_1)}{2} = \frac{0,1\text{кг} \cdot 9,8\text{м/с}^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot (0,5 - 0,2)}{2} = 0,127\text{Н}.$$

323. а) Запишем законы Ньютона для одного из тел массой  $m_1$  и тела массой  $m_3$ .



$$\begin{cases} m_1 a_1 = m_1 g - T \\ m_3 a_3 = m_3 g - 4T \end{cases}$$

Пусть нулевой уровень оси  $y$ , направленной вниз, находится на уровне точки подвеса верхних блоков; длина нити, на которой подвешены 2 тела —  $\ell_1$ , длина другой нити  $\ell_2$ . Запишем уравнение связей. Пусть  $y_1$  — координаты тела массы  $m_1$ ,  $y_2$  — координаты малого подвижного блока,  $y_3$  — большого подвижного блока.

$$\begin{cases} 2y_1 + 2y_2 = \ell_1 \\ 2y_3 - y_2 = \ell_2 \end{cases} \quad 2y_1 + 4y_3 = \ell_1 + 2\ell_2 = \text{const}$$

Продифференцируем это уравнение связи по времени

$$2a_1 + 4a_3 = 0 \quad a_1 + 2a_3 = 0$$

Подставив в последнее выражение  $a_1$  и  $a_2$ , полученные из законов Ньютона, запишем

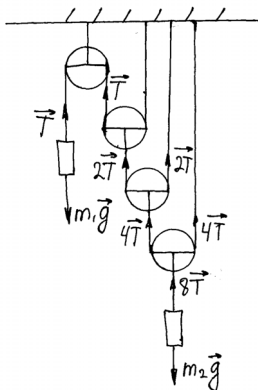
$$\frac{T}{m_1} - g + \frac{8T}{m_3} - 2g = 0 \quad T = 3g \frac{m_1 m_3}{m_1 + m_3}$$

$$a_1 = \frac{T}{m_1} - g = -2g \frac{4m_1 - m_3}{8m_1 + m_3} \quad a_2 = -\frac{a_1}{2} = 2g \frac{4m_1 - m_3}{8m_1 + m_3}$$

$$\text{б) } \begin{cases} m_1 a_1 = m_1 g - T \\ m_2 a_2 = m_2 g - 8T \end{cases}$$

Запишем уравнение связей

$$\begin{cases} y_1 + 2y_3 = \ell_1 \\ 2y_4 - y_3 = \ell_2 \\ 2y_2 - y_4 = \ell_3 \end{cases} \quad y_1 + 8y_2 = \text{const}$$



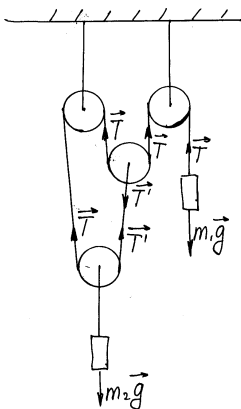
$$a_1 + 8a_2 = 0 \quad g - \frac{T}{m_1} + 8g - \frac{64T}{m_2} = 0$$

$$T = 9g \frac{m_1 m_2}{64m_1 + m_2}$$

$$a_1 = g - \frac{T}{m_1} = 8g \frac{8m_1 - m_2}{64m_1 + m_2}$$

$$a_2 = -\frac{a_1}{8} = -g \frac{8m_1 - m_2}{64m_1 + m_2}$$

в) Из-за того, что нить одна  $T = T' = 2T$ . Значит,  $T = 0$



Раз  $T = 0$ , то можно рассматривать, что нити нет.

Тогда  $a_1 = g$ ,  $a_2 = g$ .

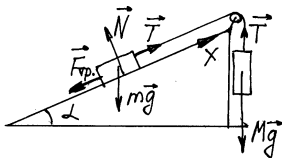
324.  $m = 0,5 \text{ кг}$ ;  $\mu = 0,25$ ;

$h = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м}$ ;  $\ell = 1 \text{ м}$ ;

а)  $M = 0,1 \text{ кг}$ ; б)  $M = 0,25 \text{ кг}$ ;

в)  $M = 0,3 \text{ кг}$ ; г)  $M = 0,35 \text{ кг}$ ;

д)  $M = 0,5 \text{ кг}$ ;  $F_{\text{тр}} - ?$   $a - ?$   $T - ?$



$$\sin \alpha = \frac{h}{\sqrt{\ell^2 + h^2}} = \frac{0,6 \text{ м}}{\sqrt{1^2 \text{ м}^2 + 0,6^2 \text{ м}^2}} \approx 0,51$$

$$\cos \alpha = \frac{\ell}{\sqrt{\ell^2 + h^2}} = \frac{1,4}{\sqrt{1,4^2 + 0,6^2}} \approx 0,86$$

1)  $a > 0$

$$\begin{cases} ma = T - mg \sin \alpha + F_{mp} \\ Ma = Mg - T \\ F_{mp} = -\mu mg \cos \alpha \end{cases} \quad a = \frac{g}{M+m} (M - m \sin \alpha - \mu m \cos \alpha) >$$

0

$$M > m(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \approx 0,36 \text{ кг} \quad T = M(g - a)$$

2)  $a < 0$

$$\begin{cases} ma = T - mg \sin \alpha + F_{mp} \\ Ma = Mg - T \\ F_{mp} = \mu mg \cos \alpha \end{cases}$$

$$a = \frac{g}{M+m} (M - m \sin \alpha + \mu m \cos \alpha) < 0$$

$$M < m(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \approx 0,15 \text{ кг}$$

3)  $a = 0$  при  $0,15 \text{ кг} < M < 0,36 \text{ кг}$ . В этом случае  $T = \mu g$

$$F_{тр} = g(\mu - m \sin \alpha)$$

а)  $M = 0,1 \text{ кг} < 0,15 \text{ кг}$

$$a = \frac{g}{M+m} (M - m \sin \alpha + \mu m \cos \alpha) \approx$$

$$\approx \frac{9,8 \text{ м/с}^2}{0,5 \text{ кг} + 0,1 \text{ кг}} (0,2 \text{ кг} - 0,5 \text{ кг} \cdot 0,51 + 0,25 \cdot 0,5 \text{ кг} \cdot 0,86) \approx 0,8$$

м/с<sup>2</sup>

$$T = 0,1 \text{ кг} (9,8 \text{ м/с}^2 - 0,8 \text{ м/с}^2) = 0,9 \text{ Н}$$

$$F_{тр} \approx 0,25 \cdot 0,5 \text{ кг} \cdot 9,8 \cdot 0,86 \approx 1,05 \text{ Н}$$

б)  $M = 0,25 \text{ кг}$ ;  $0,15 \text{ кг} < M < 0,36 \text{ кг}$   $a = 0$ ;

$$T = 0,25 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 = 2,4 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}} = 9,8 \text{ м/с}^2 (0,25\text{кг} - 0,5\text{кг} \cdot 0,51) = -0,05\text{Н}$$

$$\text{в) } M = 0,3\text{кг}; \quad 0,15\text{кг} < M < 0,36\text{кг} \quad a = 0;$$

$$T = 0,3\text{кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \approx 2,94 \text{ м/с}^2$$

$$F_{\text{тр}} = 9,8 \text{ м/с}^2 (0,3\text{кг} - 0,5\text{кг} \cdot 0,51) \approx 0,44\text{Н}$$

$$\text{г) } M = 0,35\text{кг}; \quad 0,15\text{кг} < M < 0,36\text{кг} \quad a = 0;$$

$$T = 0,35\text{кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 = 3,43 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}} = 9,8 \text{ м/с}^2 (0,35\text{кг} - 0,5\text{кг} \cdot 0,51) \approx 0,93 \text{ Н}$$

$$\text{д) } M = 0,5\text{кг}; \quad 0,36\text{кг} < M;$$

$$a \approx \frac{9,8 \text{ м/с}^2}{0,5\text{кг} + 0,5\text{кг}} (0,5\text{кг} - 0,5\text{кг} \cdot 0,51 - 0,25 \cdot 0,5\text{кг} \cdot 0,86) \approx 1,35$$

$$\text{м/с}^2$$

$$T = 0,5\text{кг} (9,8 \text{ м/с}^2 - 1,35 \text{ м/с}^2) \approx 4,2 \text{ Н}$$

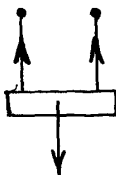
$$F_{\text{тр}} \approx 0,25 \cdot 0,5\text{кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,86 \approx 1,05 \text{ Н}.$$

$$325. F_x = F_{1x} + F_{2x} = 100\cos 60^\circ + 100 = 100 \cdot 0,5 + 100 = 150\text{Н}$$

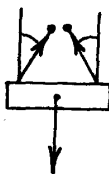
$$F_y = F_3 - F_1 \sin 60^\circ = 100 - 100 \cdot 0,86 \approx 14\text{Н}$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{150^2 + 14^2} \approx 150,6\text{Н}$$

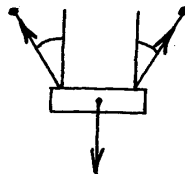
326.



$$\text{a) } 2T = mg$$



$$T = \frac{mg}{2}$$



$$\text{б) } 2T \cos \alpha = mg \quad T = \frac{mg}{2 \cos \alpha} > \frac{mg}{2}$$

$$\text{в) } 2T \cos \beta = mg \quad T = \frac{mg}{2 \cos \beta} > \frac{mg}{2}$$

Меньше в случае а).

$$327. 1) \text{ натянута} \quad T = \frac{mg}{2 \cos \alpha} \quad (\text{№ } 326)$$

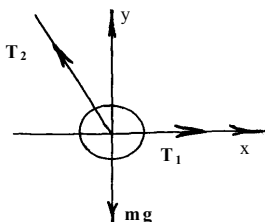
$$2) \text{ ненапряжена} \quad T = \frac{mg}{2 \cos \beta} \quad (\text{№ } 326)$$

$\alpha > \beta$ , следовательно,  $\cos \beta > \cos \alpha$  и  $T_1 > T_2$ .

**328.** Показания равны в обоих случаях  $mg$ . Давление на ось разное. Чем больше угол установит данаометр, тем меньше давление на ось.

**329.** Оси подвески блоков сдвинутся вправо, натяжение нити возрастет.

**330.**

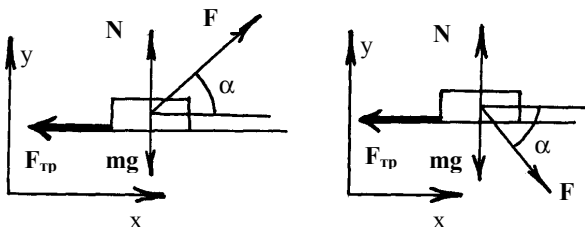


$$T_{2y} = mg \quad T_{2x} = T_1 = 12 \text{ Н}$$

$$T_2 = \sqrt{T_{2y}^2 + T_{2x}^2} = \sqrt{(2 \cdot 9,8)^2 + 12^2} = 23 \text{ Н.}$$



331.



Да, можно.

$$1) \text{ OX: } F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = 0 \quad \text{OY: } F \sin \alpha + N - mg = 0$$

$$N = \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} \quad \begin{cases} \frac{F \cos \alpha}{\mu} - \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} = 0 \\ F \sin \alpha + \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} - mg = 0 \end{cases} \quad \text{складывая почленно}$$

$$F \left( \frac{\cos \alpha}{\mu} + \sin \alpha \right) = mg \quad F = \frac{mg}{\frac{\cos \alpha}{\mu} + \sin \alpha}$$

$$2) \text{ OX: } F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = 0 \quad \text{OY: } N - mg - F \sin \alpha = 0$$

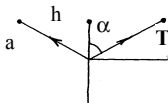
$$N = \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} \quad \begin{cases} \frac{F \cos \alpha}{\mu} - \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} = 0 \\ \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} - mg - F \sin \alpha = 0 \end{cases}$$

$$F \frac{\cos \alpha}{\mu} - F \sin \alpha = mg \quad F = \frac{mg}{\frac{\cos \alpha}{\mu} - \sin \alpha}$$

$$F_2 > F_1,$$

т.е. они не равны.

332.



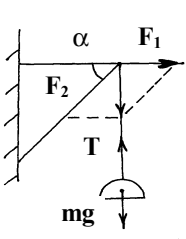
$$10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}; \quad mg = 20 \text{ Н}$$

$$2T \cos \alpha = mg; \quad T = \frac{mg}{2 \cos \alpha}; \quad a = \frac{\ell}{2};$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{a} = \frac{h}{\frac{\ell}{2}} = \frac{2h}{\ell}$$

$$T = \frac{mg}{2 \cos \alpha} = \frac{mg}{2 \cdot \frac{2h}{\ell}} = \frac{mg \ell}{4h} = \frac{20H \cdot 10M}{4 \cdot 0,1} = 500H.$$

$$333. T = mg = 3 \kappa \Gamma \cdot 9,8 \text{ H}/\kappa \Gamma \approx 30 \kappa \Gamma \quad F_2 = \frac{T}{\sin \alpha} = \frac{mg}{\sin \alpha}$$

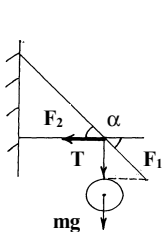


$$F_1 = F_2 \cos \alpha = \frac{T \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{mg}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$F_2 = \frac{30}{\sin \alpha} \approx 35H$$

$$F_1 = \frac{30}{\operatorname{tg} 60^\circ} \approx 17H.$$

$$334. F_1 = \frac{T}{\sin \alpha} = \frac{mg}{\sin \alpha} \quad F_1 - \text{трос}, \quad F_2 - \text{стержень}$$



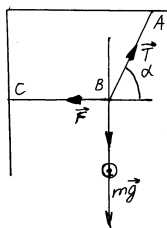
$$F_2 = F_1 \cos \alpha = \frac{mg \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{mg}{\operatorname{tg} \alpha};$$

$$\cos \alpha = \frac{AB}{AC} = \frac{2}{2,5} = 0,8$$

$$\alpha = \arccos 0,8 = 37^\circ; \quad F_2 = \frac{120 \cdot 9,8}{\sin 37^\circ} \approx 2000H$$

$$F_2 = \frac{120 \cdot 9,8}{\operatorname{tg} 37^\circ} = 1560H$$

335.

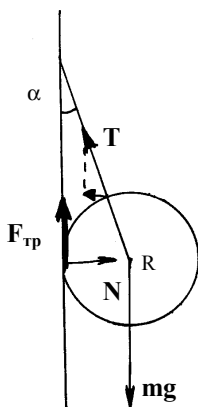


$$T = mg; \quad F_1 = \frac{T}{\sin \alpha} = \frac{mg}{\sin \alpha}; \quad F_2 = F_1$$

$$\cos \alpha = \frac{T}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{mg}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$F_1 = \frac{1 \cdot 9,8}{\sin 60^\circ} = 11,5H,$$

$$F_2 = \frac{1 \cdot 9,8}{\operatorname{tg} 60^\circ} = 5,8H.$$



336.

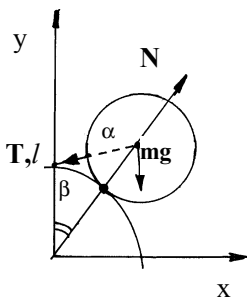
Условие равновесия состоит в том, что суммы всех сил и всех моментов сил равны нулю.

$$\begin{cases} N = T \sin \alpha \\ F_{\text{тр}} + T \cos \alpha = mg \\ RF_{\text{тр}} = RT \sin \alpha \\ F_{\text{тр}} = \mu N = \mu T \sin \alpha \end{cases}$$

$$T \sin \alpha \leq \mu T \sin \alpha$$

$$\mu \geq 1$$

$$337. \vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} = 0$$



В проекциях на оси координат:

$$\begin{aligned} X: & \begin{cases} N \sin \beta - T \cos(\frac{\pi}{2} - \alpha - \beta) = 0 \\ N \cos \beta - mg - T \sin(\frac{\pi}{2} - \alpha - \beta) = 0 \end{cases} \\ Y: & \end{aligned}$$

$$\begin{cases} N \sin \beta = T \sin(\alpha + \beta) \\ N \cos \beta = T \cos(\alpha + \beta) + mg \end{cases}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{T \sin(\alpha + \beta)}{T \cos(\alpha + \beta) + mg}$$

$$T \cos(\alpha + \beta) \sin \beta + mg \sin \beta = T \sin(\alpha +$$

$$\beta) \cos \beta$$

$$T (\sin(\alpha + \beta) \cos \beta - \cos(\alpha + \beta) \sin \beta) = mg \sin \beta$$

$$T \sin(\alpha + \beta - \beta) = mg \sin \beta \quad T = mg \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$$

Пользуясь известной из геометрии теоремой синусов, получим

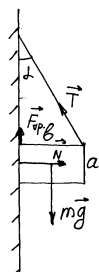
$$\frac{R}{\sin \alpha} = \frac{\ell + r}{\sin \beta}; \quad \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{\ell + r}{R}; \quad T = mg \frac{\ell + r}{R}.$$

**338.** Нижняя половина, т.к. если провести вертикальную плоскость через прямую, лежащую между кирпичом и наклонной плоскостью, через центр кирпича, то она поделит кирпич на две неравные части, причем нижняя половина больше. Площадь опоры обеих частей одинакова.

**339.** Момент равен нулю в верхней и нижней точках, максимален в горизонтальном положении.

**340.** Если держать стержень посередине, то не нужно прикладывать момента сил для удержания стержня в равновесии. Если держать за один из концов, то нужно прикладывать момент сил.

**341.**



$$\begin{cases} T \sin \alpha + F_{mp} = mg \\ N = T \cos \alpha \\ F_{mp} \leq \mu N \\ mgb + Na = 2F_{mp}b \end{cases}$$

$$\begin{cases} bN \operatorname{tg} \alpha = bmg - F_{mp}b \\ Na = 2F_{mp}b - mgb \end{cases}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{mg - F_{mp}}{N}$$

$$N(b \operatorname{tg} \alpha + a) = F_{\text{тр}}b \leq \mu Nb$$

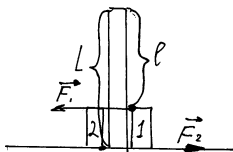
$$b \operatorname{tg} \alpha + a \leq \mu b$$

При определенном подборе угла  $\alpha$  так удерживать ящик возможно.

**342.**  $F_c = 160 \text{ Н}; \ell_1 = 32 \text{ см}; \ell_2 = 8 \text{ см}; F\ell_1 = F_c\ell_2$

$$F = F_c \frac{\ell_2}{\ell_1} = 160 \text{ Н} \frac{8 \text{ см}}{32 \text{ см}} = 40 \text{ Н}$$

**343.**

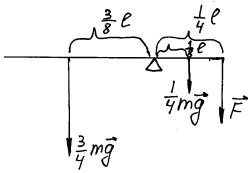


В отсутствие трения оба ящика придут в движение одновременно, т.к. на оба ящика действует сила, ничем не уравновешенная.

Запишем уравнение моментов для палки относительно ее верхней точки.

$\{F_1 = LF_2; \quad F_2 < F_1.$       Значит первым придет в движение тело 1.

344.



$$m = 10 \text{ кг}; \quad F = ?$$

$$\frac{3}{4} mg \cdot \frac{3}{8} l = \frac{1}{4} mg \cdot \frac{1}{8} l + F \cdot \frac{1}{4} l$$

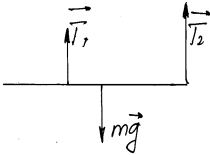
$$3mg \cdot \frac{3}{8} - mg \cdot \frac{1}{8} = F$$

$$F = mg = 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 10 \text{ кг} = 98 \text{ Н}$$

346.  $l = 10 \text{ м};$

$m = 900 \text{ кг};$

$\Delta l = 1 \text{ м}; \quad T_1 = ? \quad T_2 = ?$

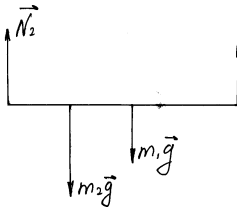


$$\begin{cases} T_1 + T_2 = mg \\ T_1 \left( \frac{l}{2} - \Delta l \right) = T_2 \frac{l}{2} \end{cases}$$

$$T_1 = \frac{mg \ell}{2(\ell - \Delta \ell)} = \frac{900 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 10 \text{ м}}{2(10 \text{ м} - 1 \text{ м})} = 4,9 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$T_2 = mg - T_1 = 900 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 - 4900 = 3,92 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

347.  $m_1 = 200 \text{ кг}; \quad \ell_1 = 5 \text{ м}; \quad m_2 = 350 \text{ кг}; \quad \ell_2 = 3 \text{ м}; \quad N_1 = ? \quad N_2 = ?$



$$\begin{cases} N_1 + N_2 = m_1 g + m_2 g \\ m_1 g \frac{\ell_1}{2} + m_2 g \ell_2 = N_2 \ell_1 \end{cases}$$

$$N_2 = \frac{m_1 g}{2} + \frac{m_2 g \ell_2}{\ell_1} = \frac{200 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2}{2} + \frac{350 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ м}}{5 \text{ м}} \approx 3 \text{ кН}$$

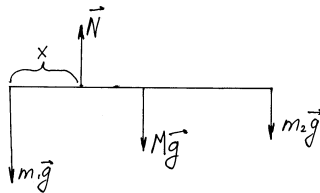
$$N_1 = (m_1 + m_2)g - N_2 = (200 \text{ кг} + 350 \text{ кг}) \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 - 3000 \text{ Н} \approx 2,4 \text{ кН}$$

348.  $M = 10 \text{ кг}; \quad \ell = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м};$

$m_1 = 40 \text{ кг}; \quad m_2 = 10 \text{ кг}; \quad x = ?$

$$m_1 g x = Mg \left( \frac{\ell}{2} - x \right) + m_2 g (\ell - x)$$

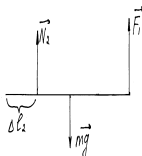
$$x = \ell \frac{M + 2m_2}{2(m_1 + m_2 + M)} = 0,1 \text{ м} = 10 \text{ см}$$



349.  $m = 2,1 \text{ т} = 2,1 \cdot 10^3 \text{ кг}; \quad \ell = 16 \text{ м};$

$\Delta \ell_1 = 4 \text{ м}; \quad \Delta \ell_2 = 2 \text{ м}; \quad F_1 = ? \quad F_2 = ?$

В момент отрыва действует только та сила реакции, которая не приложена к точке приложения силы  $F_1$  или  $F_2$ .



$$mg \left( \frac{\ell}{2} - \Delta \ell_2 \right) = F_1 (\ell - \Delta \ell_2)$$

$$F_1 = \frac{\ell - 2\Delta \ell_2}{2(\ell - \Delta \ell_2)} mg = \frac{16 \text{ м} - 2 \cdot 2 \text{ м}}{2(16 \text{ м} - 2 \text{ м})} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 2100 \text{ кг} \approx 9 \text{ кН}$$

Аналогично:

$$F_2 = \frac{\ell - 2\Delta\ell_1}{2(\ell - \Delta\ell_1)} mg = \frac{16M - 2 \cdot 4M}{2(16M - 4M)} \cdot 9,8M/c^2 \cdot 2100\kappa\varnothing \approx 7\kappa H.$$

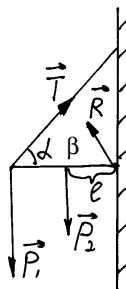
350.  $P_1 = 2000H$ ;  $P_2 = 1000H$ ;  $\alpha = 30^\circ$ ;  $R$  -?  $T$  -?

$$\begin{cases} P_1 + P_2 = R\sin\beta + T\sin\alpha \\ T\cos\alpha = R\cos\beta \\ 2P_1\ell + P_2\ell = T \cdot 2\ell\sin\alpha \end{cases}$$

$$T = \frac{2P_1 + P_2}{2\sin\alpha} = \frac{2 \cdot 2000H + 1000H}{2 \cdot \frac{1}{2}} = 5000H$$

$$P_1 + P_2 - T\sin\alpha = R\sin\beta \quad T\cos\alpha = R\cos\beta$$

$$R = \sqrt{(P_1 + P_2 - T\sin\alpha)^2 + T^2\cos^2\alpha} \approx$$



$$\approx \sqrt{\left(2000H + 1000H - 5000H \cdot \frac{1}{2}\right)^2 + 5000^2 H^2 \cdot \frac{3}{4}} \approx 4,35\kappa H$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{P_1 + P_2 - T\sin\alpha}{T\cos\alpha} = \frac{1000H + 2000H - 5000H \cdot \frac{1}{2}}{5000H \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} \approx 0,12; \quad \beta \approx 6,8^\circ$$

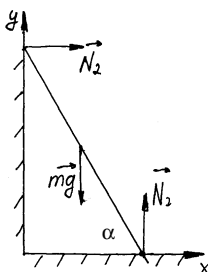
351.  $\ell = 2,3M$ ;  $P_1 = 9\kappa H$ ;  $P_2 = 6,5\kappa H$ ;  $x$  -?

$$P_2(\ell - x) = P_2x \quad x = \ell \frac{P_2}{P_1 + P_2} \approx 0,96$$

352.  $P = 100H$ ;  $F$  -?

$$P \frac{a}{2} = Fa \quad F = \frac{P}{2} = \frac{100H}{2} = 50H.$$

353.  $\alpha = 70^\circ$ ;  $m = 70\kappa\Gamma$ ;  $N_1$  -?  $N_2$  -?  $F_{\text{тр}}$  -?



$$\begin{cases} mg = N_2 \\ N_1 = F_{\text{мп}} \\ mg \frac{2}{3} \ell \cos\alpha = N_1 \ell \sin\alpha \end{cases}$$

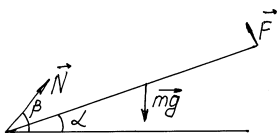
$$N_1 = \frac{2}{3} mg \operatorname{ctg}\alpha = \frac{2}{3} \cdot 70\kappa\Gamma \cdot 9,8M/c^2 \cdot 0,36 \approx 165H$$

$$F_{\text{тр}} = N_1 = 165H$$

$$N_2 = mg = 70\kappa\Gamma \cdot 9,8M/c^2 = 686H.$$



354 m = 40 кг;    α = 30°; F — ?    N — ?



$$\begin{cases} N \sin \beta + F \cos \alpha = mg \\ N \cos \beta = F \sin \alpha \\ mg \frac{\ell}{2} \cos \alpha = F \ell \end{cases}$$

$$F = \frac{mg \cos \alpha}{2} \approx \frac{40 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,86}{2} \approx 169 \text{ Н}$$

$$N = \sqrt{(mg - F \cos \alpha)^2 + F^2 \sin^2 \alpha} \approx \sqrt{(40 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 - 169 \text{ Н} \cdot 0,86)^2 + 169^2 \text{ Н}^2 \cdot \frac{1}{4}} \approx 260 \text{ Н}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{mg - F \cos \alpha}{F \sin \alpha} = \frac{40 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 - 169 \text{ Н} \cdot 0,86}{169 \text{ Н} \cdot 0,5} \approx 2,9; \quad \beta = 71^\circ.$$

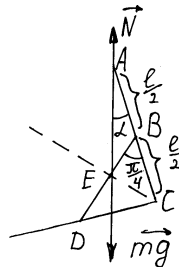
355. Центр масс находится на линии, соединяющей центры масс каждой половины прута, т.е. на BD и из соображений симметрии на биссектрисе угла ACD, т.е. в точке E.

$$EB = \frac{BD}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\ell^2}{4} + \frac{\ell^2}{4}} = \frac{\ell}{\ell\sqrt{2}} \quad AB = \frac{\ell}{2}$$

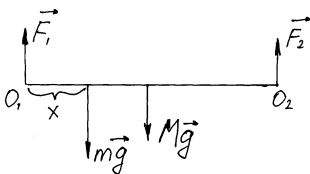
$$\angle ABE = \pi - \frac{3\pi}{4} - \alpha = \frac{\pi}{4} - \alpha. \quad \text{По теореме синусов}$$

$$\frac{AB}{\sin\left(\frac{\pi}{4} - \alpha\right)} = \frac{\ell}{2\sqrt{2} \sin \alpha}; \quad \frac{\sin\left(\frac{\pi}{4} - \alpha\right)}{\sin \alpha} = \sqrt{2}$$

$$\frac{\sin \frac{\pi}{4} \cos \alpha - \cos \frac{\pi}{4} \sin \alpha}{\sin \alpha} = \sqrt{2}; \quad \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{2} - \frac{1}{2} = 1 \quad \operatorname{tg} \alpha = 3$$



356. Запишем уравнение моментов относительно  $O_1$ :  $mgn + M \frac{1}{2} = F_2 L$ ;



относительно  $O_2$ :  $Mg \frac{1}{2} + mg(1-x) = F_2 L$

$$\begin{cases} F_1 \frac{Mg}{2} + mg - mg \frac{x}{L} \\ F_2 = \frac{Mg}{2} + mg \frac{x}{L} \\ \frac{F_1}{F_2} = n \end{cases} \quad \text{отсюда имеем}$$

$$n = \frac{Mg + 2mg(1 - \frac{x}{L})}{Mg + 2mg\frac{x}{L}} \quad x = \frac{Mg(1-n) + 2mg}{2mg(n+1)}.$$

**357.** При решении пренебрегаем массой дна стакана. Центр тяжести системы находится на оси стакана из симметрии системы.  $h_1$  – центр тяжести воды,  $h_2$  – центр тяжести стакана.

$$x = h_2 - h_1$$

Центр тяжести системы находится между  $h_1$  и  $h_2$  и разбивает  $x$  на  $x_1$  и  $x_2$ , причем  $x_1 \rho_1 S = x_2 M$ ,  $x_1 + x_2 = x$

$$x_1 + 2x_1 \frac{\rho h_1 S}{M} = h_2 - h_1, \quad x_1 = \frac{h_2 - h_1}{1 + 2 \frac{\rho h_1 S}{M}}$$

$$x_{\text{цт}} = h_1 + x_1 = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{1 + 2 \frac{\rho h_1 S}{M}}$$

$h$  – высота воды,

$$h = 2h_1$$

$$x_{\text{цт}} = \frac{h}{2} + \frac{2h_2 - h}{2(1 + \frac{\rho h S}{M})}, \quad \frac{dx_{\text{цт}}}{dh} = \frac{1}{2} + \frac{-(1 + \rho \frac{hS}{M}) - (2h_2 - h)\rho \frac{S}{M}}{2\left(1 + \rho \frac{hS}{M}\right)^2} = 0$$

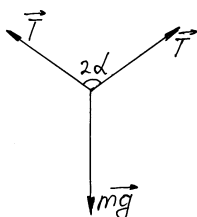
Тогда положение минимума центра масс будет решением уравнения

$$\frac{dx_{\text{цт}}}{dh} = 0, \quad \text{причем } h \in [0; 2h_2].$$

**358.** Надо, т.к. центр масс человека ниже и он более устойчив.

**359.** Если мальчик стоит на одной ноге, то его центр масс выше, чем, когда он стоит на двух ногах. Аналогично для случая, когда мальчик сидит на коленях.

**360.**



$$mg = 2T \cos \alpha$$

$$T = \frac{mg}{2 \cos \alpha},$$

т.е. чем больше  $\alpha$ , тем  $T$  больше. Значит подтягиваться легче, держа руки параллельно.

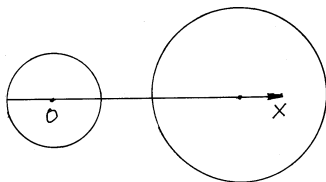
**361.** На льду сила трения мала, а при больших шагах человек наклоняется сильно. В итоге момент силы тяжести может быть не скомпенсирован моментом силы трения и человек упадет.

**362.**  $\ell = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}$ ;  $\Delta x = ?$

$$x_1 = \frac{L}{2}; \quad x_2 = \frac{L - \ell}{2};$$

$$\Delta x = x_2 - x_1 = \frac{L - \ell}{2} - \frac{L}{2} = -\frac{\ell}{2} = -\frac{0,44}{2} = -0,2 \text{ м}.$$

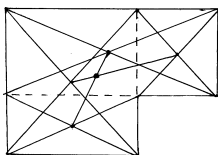
363.



$$m_1 = 10 \text{ кг}; \quad m_2 = 12 \text{ кг}; \quad m_3 = 2 \text{ кг}; r_1 = 4 \text{ см}; \\ r_2 = 6 \text{ см}; \quad r_3 = 10 \text{ см}; \quad x_{\text{цм}} - ?$$

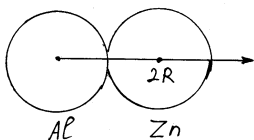
$$x_{\text{цм}} = \frac{0 \cdot m_1 + (r_1 + \frac{r_3}{2})m_3 + (r_1 + r_2 + r_3)m_2}{m_1 + m_2 + m_3} = \\ = \frac{(4 \text{ см} + \frac{10 \text{ см}}{2})2 \text{ кг} + (4 \text{ см} + 6 \text{ см} + 10 \text{ см})12 \text{ кг}}{10 \text{ кг} + 12 \text{ кг} + 2 \text{ кг}} = 10,75 \text{ см}$$

от центра шара массой  $m_1$ .



364. Центр тяжести фигуры лежит на линии соединяющей центр тяжести прямоугольников. Разбивая на 2 прямоугольника 2-мя способами, найдем эту точку.

$$365. \rho_{\text{Al}} = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3; \quad \rho_{\text{zn}} = 7,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3; \quad x_{\text{цм}} - ?$$



$$x_{\text{цм}} = \frac{2R \cdot \rho_{\text{zn}} \frac{4}{3} \pi R^3}{\frac{4}{3} \pi R^3 (\rho_{\text{zn}} + \rho_{\text{Al}})} = \frac{\rho_{\text{zn}}}{\rho_{\text{zn}} + \rho_{\text{Al}}} 2R = \\ = \frac{7,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 2R}{2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 + 7,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3} \approx 1,45R.$$

366. Найдем массу свинца, равную по объему полости.

$$M = \frac{4}{3} \pi R^3 \quad m = \frac{4}{3} \pi \left( \frac{R}{2} \right)^3 = \frac{M}{8}$$

Т.к. центр массы шара без полости находится в его центре, то для нахождения центра масс шара без полости воспользуемся формулой для определения центра масс. Центр шара имеет координату ноль.

$$0 = \left( M - \frac{M}{8} \right) x_{\text{цм}} + \frac{M}{8} \cdot \frac{R}{2} = \left( \frac{7}{8} x_{\text{цм}} + \frac{R}{16} \right) M \quad x_{\text{цм}} = \frac{R}{14}.$$

367. Т.к. плотность свинца больше, то масса тела больше, а значит и импульс больше.

368. Пуля создает в двери напряжение, достаточное для того, чтобы кусок материала двери двигался с ней, а палец не создает.

369. Импульс метеорита переходит в импульс движения молекул атмосферы.

370. Сохранение импульса.

371. Белка будет выбрасывать орехи в сторону края стола и, возможно, остановится.

372. Не обладает, т.к. всегда найдутся две точки массой  $\Delta m$  каждая, которые имеют противоположно направленные и равные по модулю скорости.

373.  $m = 100\text{г} = 0,1\text{кг}$ ;  $V = 10\text{м/с}$ ;  $t_{ny} = 0,5\text{с}$ ;  $t_y = 0,01\text{с}$ ;

$F_{ny} - ?$   $F_y - ?$   $\Delta P_y - ?$   $\Delta P_{ny} - ?$

$$\Delta P_y = -mv - mv = -2mv = -2 \cdot 0,1\text{кг} \cdot 10\text{м/с} = -2\text{кг} \cdot \text{м/с}$$

$$\Delta P_{ny} = 0 - mv = -0,1\text{кг} \cdot 10\text{м/с} = -1\text{кг} \cdot \text{м/с}$$

$$F_y = \frac{\Delta P_y}{t_y} = -\frac{2\text{кг} \cdot \text{м/с}}{0,01\text{с}} = -200\text{Н}$$

$$F_{ny} = \frac{\Delta P_{ny}}{t_{ny}} = -\frac{1\text{кг} \cdot \text{м/с}}{0,05\text{с}} = -20\text{Н}.$$

374.  $x = 20 + 2t - t^2$ ;  $m = 2\text{кг}$ ;  $t_1 = 2\text{с}$ ;  $t_2 = 5\text{с}$ ;  $P_1 - ?$   $P_2 - ?$   $F - ?$

$$V = \frac{dx}{dt} = 2 - 2t$$

$$P_1 = mV(t_1) = m(2 - 2t_1) = 2\text{кг} (2 - 2 \cdot 2) \text{м/с} = -4 \text{кг} \cdot \text{м/с}$$

$$P_2 = mV(t_2) = m(2 - 2t_2) = 2\text{кг} (2 - 2 \cdot 5) \text{м/с} = -16 \text{кг} \cdot \text{м/с}$$

$$F = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} = \frac{-16\text{кг} \cdot \text{м/с} + 4\text{кг} \cdot \text{м/с}}{5\text{с} - 2\text{с}} = -4\text{Н}.$$

375.  $x = 25 - 10t + 2t^2$ ;  $m = 3\text{кг}$ ;  $t = 8\text{с}$ ;  $\Delta P - ?$   $P_c - ?$

$$V = \frac{dx}{dt} = -10 + 4t$$

$$\Delta P = mV(t) - mV(0) = 3\text{кг}[(4 \cdot 8 - 10)\text{м/с} + 10\text{м/с}] = 96\text{кг} \cdot \text{м/с}$$

$$P_c = \Delta P = 96\text{кг} \cdot \text{м/с}.$$

376.  $m = 100\text{ кг}$ ;  $F = 2,5\text{ кН} = 2,5 \cdot 10^3\text{Н}$ ;  $\Delta t_1 = 0,1\text{с}$ ;

$\Delta t_2 = 0,3\text{с}$ ;  $V_1 - ?$   $MV = F\Delta t_1$

$$V_1 = \frac{F\Delta t_1}{m\Delta t_1} = \frac{2,5 \cdot 10^3\text{Н} \cdot 0,1\text{с}}{100\text{кг}} = 2,5\text{ м/с}^2. \quad \text{Аналогично,}$$

$$V_1 = \frac{2,5 \cdot 10^3\text{Н} \cdot 0,3\text{с}}{100\text{кг}} = 7,5\text{ м/с}^2.$$

Возможно не следует рекомендовать прыгать время 0,3с, т.к. он потратит больше времени на прыжок.

377.  $m_1 = 0,5\text{кг}$ ;  $m_2 = 0,1\text{кг}$ ;  $V_1 = 6\text{м/с}$ ;  $V_2 - ?$

По закону сохранения импульса:

$$m_1 \cdot 0 + m_2 V_1 = (m_2 + m_1) V_2$$

$$V_2 = V_1 \frac{m_2}{m_1 + m_2} = 6 \text{ м/с} \cdot \frac{0,1 \text{ кг}}{0,5 \text{ кг} + 0,1 \text{ кг}} = 1 \text{ м/с}$$

**378.**  $m_1 = 0,5 \text{ кг}; m_2 = 0,1 \text{ кг}; V_1 = 6 \text{ м/с}; V_2 = 2 \text{ м/с}; V - ?$

По закону сохранения импульса:

$$m_2 V_1 = m_1 V - m_2 V_2$$

$$V = \frac{m_2(V_1 + V_2)}{m_1} = \frac{0,1 \text{ кг}(6 \text{ м/с} + 2 \text{ м/с})}{0,5 \text{ кг}} = 1,6 \text{ м}$$

Т.к. в данном случае применим закон сохранения импульса, то ответ задачи не меняется.

**379.**  $m_1 = 22 \text{ кг}; m_2 = 12 \text{ кг}; V_1 = 2,5 \text{ м/с}; V_2 - ?$

По закону сохранения импульса:  $m_1 V_1 = (m_1 + m_2) V_2$

$$V_2 = V_1 \frac{m_2}{m_1 + m_2} = 2,5 \text{ м/с} \cdot \frac{22 \text{ кг}}{22 \text{ кг} + 12 \text{ кг}} \approx 1,6 \text{ м/с}$$

**380.**  $m = 1,8 \text{ кг}; V_1 = 6,5 \text{ м/с}; V_2 = 4,8 \text{ м/с}; P_c - ?$

$$P_c = -m V_2 - m V_1 = -m(V_2 + V_1) = 1,8 \text{ кг} \cdot (4,8 \text{ м/с} + 6,5 \text{ м/с}) \approx 20,3 \text{ Н.}$$

**381.**  $m = 12 \text{ кг}; t_1 = 1,5 \text{ с}; F_1 = 7,9 \text{ Н}; t_2 = 1,2 \text{ с}; F_2 = 4,5 \text{ Н}$

$$t = 2,0 \text{ с}; F = 10 \text{ Н}; \Delta V - ?$$

$$\begin{cases} m(V_1 - V_0) = F_1 \Delta t_1 \\ m(V_2 - V_1) = F_2 \Delta t_2 \\ m(V_3 - V_2) = F_3 \Delta t_3 \end{cases}$$

$$m(V_3 - V_0) = m \Delta V = F_1 \Delta t_1 + F_2 \Delta t_2 + F_3 \Delta t_3$$

$$\Delta V = \frac{F_1 \Delta t_1 + F_2 \Delta t_2 + F_3 \Delta t_3}{m} = \frac{7,9 \text{ Н} \cdot 1,5 \text{ с} + 4,5 \text{ Н} \cdot 1,2 \text{ с} + 10 \text{ Н} \cdot 2 \text{ с}}{12 \text{ кг}} \approx 3 \text{ м/с}$$

**382.**  $V = 2000 \text{ м/с}; \mu = 100 \text{ кг/с}; F - ?$

$$\begin{cases} \Delta m = \mu \Delta t \\ \Delta m V = F \Delta t \end{cases} \quad \text{Отсюда имеем}$$

$$F = \mu V = 100 \text{ кг/с} \cdot 2000 \text{ м/с} = 2 \cdot 10^5 \text{ Н.}$$

**383.**  $m_1 = 30 \text{ т} = 3 \cdot 10^4 \text{ кг}; V_1 = 1,5 \text{ м/с}; m_2 = 20 \text{ т} = 2 \cdot 10^4 \text{ кг}; V_2 - ?$

$$m_1 V_1 = (m_1 + m_2) V_2$$

$$V_2 = V_1 \frac{m_1}{m_1 + m_2} = 1,5 \text{ м/с} \cdot \frac{30 \text{ м}}{20 \text{ м} + 30 \text{ м}} = 0,9 \text{ м/с}.$$

**384.**  $m_1 = 6 \text{ кг}; m_2 = 4 \text{ кг}; V_1 = 8 \text{ м/с}; V_2 = 3 \text{ м/с}; V - ?$

1) Шары движутся навстречу  $m_1 V_1 - m_2 V_2 = (m_1 + m_2) V$

$$V = \frac{m_1 V_1 - m_2 V_2}{m_1 + m_2} = \frac{6 \text{ кг} \cdot 8 \text{ м/с} - 4 \text{ кг} \cdot 3 \text{ м/с}}{6 \text{ кг} + 4 \text{ кг}} = 3,6 \text{ м/с}$$

2) Первый шар догоняет второй  $m_1 V_1 + m_2 V_2 = (m_1 + m_2) V$

$$V = \frac{m_1 V_1 + m_2 V_2}{m_1 + m_2} = \frac{6 \text{ кг} \cdot 8 \text{ м/с} + 4 \text{ кг} \cdot 3 \text{ м/с}}{6 \text{ кг} + 4 \text{ кг}} = 6 \text{ м/с}.$$

**385.**  $V_1 = 1 \text{ м/с}; m_1 = 10 \text{ кг}; V_2 = 7 \text{ м/с}; m_2 = 2 \text{ кг}; V - ?$

$$m_1 V_1 - m_2 V_2 = (m_1 + m_2) V$$

$$V = \frac{m_1 V_1 - m_2 V_2}{m_1 + m_2} = \frac{10 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с} - 2 \text{ кг} \cdot 7 \text{ м/с}}{10 \text{ кг} + 2 \text{ кг}} \approx -0,33 \text{ м/с}.$$

**386.**  $m_1 = 100 \text{ кг}; \quad V_1 = 3 \text{ м/с}; \quad m_2 = 50 \text{ кг}; \quad V_2 = ?$

Т.к. импульс по оси, на которой лежат скорости, сохраняется, то  $m_1 V_1 = (m_1 + m_2) V_2$

$$V_2 = V_1 \frac{m_1}{m_1 + m_2} = 3 \text{ м/с} \cdot \frac{100 \text{ кг}}{100 \text{ кг} + 50 \text{ кг}} = 2 \text{ м/с}.$$

**387.** 1) Люди спрыгивают одновременно

$$MV_1 = 2mV \quad V_1 = \frac{2mV}{M}$$

2) Люди спрыгивают друг за другом

$$(M + m)V'_1 = mV \quad V'_1 = \frac{mV}{m + M}$$

$$MV_2 - \frac{MmV}{m + M} = mV \quad V_2 = \frac{mV}{M} \left( 1 + \frac{M}{m + M} \right) = \frac{mV}{M} \cdot \frac{m + 2M}{m + M}$$

3)  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{2mV}{M} \cdot \frac{M}{mV} \cdot \frac{m + M}{m + 2M} = \frac{2(m + M)}{m + 2M}$

$$V_1 > V_2.$$

**388.**  $V = 5 \text{ м/с}; \quad M = 70 \text{ кг}; \quad m = 15 \text{ кг}; \quad \Delta t = 0,1 \text{ с}; \quad V' = ? \quad F = ?$

По закону сохранения импульса:

$$MV = (M + m)V' \quad V' = V \frac{M}{m + M} = 5 \text{ м/с} \cdot \frac{70 \text{ кг}}{15 \text{ кг} + 70 \text{ кг}} \approx 3,1 \text{ м/с}$$

$$F \Delta t = mV' \quad F = \frac{mV'}{\Delta t} = \frac{15 \text{ кг} \cdot 4,1 \text{ м/с}}{0,1 \text{ с}} = 615 \text{ Н}.$$

**389.**  $V = 5 \text{ м/с}; \quad M = 85 \text{ кг}; \quad m = 15 \text{ кг}; \quad V' = ?$

Т.к. после отпускания рюкзака его скорость равна  $V$ , то импульс не меняется, а значит  $V' = V = 5 \text{ м/с}$ .

**390.** Пусть  $V_A$  – скорость аэростата относительно земли,  $V$  – скорость человека относительно аэростата. Т.к. общий центр масс покоится, то аэростат опускается, а скорость человека относительно земли  $V - V_A$ .

По закону сохранения импульса:

$$m(V - V_A) = MV_A \quad V_A = \frac{mV}{m + M}.$$

**391.**  $m_2 = 70 \text{ кг}; \quad m_1 = 352 = 3,5 \cdot 10^2 \text{ кг}; \quad V_1 = 320 \text{ м/с};$

$$\alpha = 60^\circ; \quad V_2 = ?$$

$$m_2 V_2 = m_1 V_1 \cos \alpha$$

$$V_2 = \frac{m_1 \cos \alpha}{m_2} V_1 = \frac{3,5 \cdot 10^2 \cdot \frac{1}{2}}{70 \text{ кг}} \cdot 320 \text{ м/с} = 8 \cdot 10^2 \text{ м/с}.$$

**392.**  $m = 0,5 \text{ кг}; \quad M = 60 \text{ кг}; \quad V_0 = 20 \text{ м/с}; \quad \mu = 0,05; \quad S = ?$

По закону сохранения импульса:

$$mV_0 = (m + M)V \quad V = V_0 \frac{m}{m + M}$$

По закону Ньютона:  $(M + m)a = -\mu(m + Mg) \quad a = -\mu g$

$$V + at = 0 \quad V_0 \frac{m}{m + M} = \mu g t; \quad t = \frac{V_0}{\mu g} \cdot \frac{m}{m + M}$$

$$\begin{aligned} S &= Vt + \frac{at^2}{2} = V_0 \frac{m}{m + M} \cdot \frac{V_0}{\mu g} \cdot \frac{m}{m + M} - \frac{\mu g}{2} \cdot \frac{V_0^2}{\mu^2 g^2} \cdot \frac{m^2}{(m + M)^2} = \\ &= \frac{V_0^2}{\mu g} \left( \frac{m}{m + M} \right)^2 - \frac{V_0}{2\mu g} \left( \frac{m}{m + M} \right)^2 = \frac{V_0^2}{\mu g} \left( \frac{m}{m + M} \right)^2 = \\ &= \frac{20^2 \cdot m^2}{2 \cdot 0,05 \cdot 9,8 m / c^2} \left( \frac{0,5 \kappa z}{0,5 \kappa z + 60 \kappa z} \right)^2 \approx 2,8 \cdot 10^{-2} m \end{aligned}$$

**393.**  $S = 0,75m;$      $\ell = 2m;$      $M = 140m;$      $m = 60\kappa z$

Пусть  $V_{л}$  – скорость лодки относительно воды,  $V_4$  – скорость человека относительно воды  $V_4 - V_{л}$ .

По закону сохранения импульса

$$m(V_4 - V_{л}) = MV_{л} \quad V_{л} = V_4 \frac{m}{M + m} \quad t = \frac{S}{V_4}$$

$$\ell_1 = V_{л}t = V_4 \frac{m}{M + m} \cdot \frac{S}{V_4} = S \frac{m}{M + m} = 2m \frac{60\kappa z}{140\kappa z + 60\kappa z} = 0,6m < 0,75m = \ell$$

Значит лодка не причалит.

**394.** По закону сохранения импульса

$$mV_0 = (m + 5m)V \quad V = \frac{V_0}{6} \quad V_0 \sin \alpha - g \frac{t_1}{2} = 0$$

$$t_1 = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} \quad \text{Аналогично}$$

$$t_2 = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0 \sin \alpha}{3g}$$

$$S_1 = V_0 \cos \alpha t_1 = \frac{2V_0 \cos \alpha \sin \alpha}{g} \quad S_2 = V_0 \cos \alpha t_2 = \frac{2V_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{18g}$$

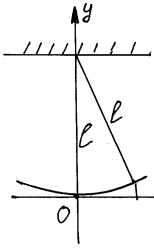
$$\frac{S_1 - S_2}{S_1} = 1 - \frac{S_2}{S_1} = 1 - \frac{1}{36} = \frac{35}{36}.$$

**395.** По закону сохранения импульса

$$m_2 V = (m_1 + m_2) V_1 \quad V_1 = V \frac{m_2}{m_1 + m_2}$$

$$h = \frac{gt^2}{2}; \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}; \quad \ell = V_1 t = V \frac{m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

**396.** По закону сохранения импульса



$$mV_0 = (m + M)V \quad V = V_0 \frac{m}{m + M}$$

По закону сохранения энергии

$$\frac{(m + M)V^2}{2} = (m + M)g(\ell - \ell \cos \alpha) = (m + M)g\ell(1 - \cos \alpha) =$$

$$= 2(m + M)g \ell \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

$$\frac{(m + M)V^2}{2} = \frac{m + M}{2} \cdot V_0^2 \frac{m^2}{(m + M)^2} = \frac{m^2}{2(m + M)} V_0^2$$

$$V_0^2 = \frac{2(m + M)}{m^2} \cdot 2(m + M)g\ell \sin^2 \frac{2\alpha}{2}; \quad V_0 = 2 \frac{m + M}{m} \sin \frac{\alpha}{2} \sqrt{g\ell}$$

**397.**  $mV = 10\text{кг}V'$ ;  $V' = \frac{V}{10} \quad V_1 = \sqrt{(gt)^2 + (V')^2};$

$$H = \frac{gt^2}{2}; \quad g^2 t^2 = 2gH \quad V_1 = \sqrt{2gH + \frac{V^2}{100}}.$$

**398.**  $M = 200\text{кг}; \quad m = 5\text{кг}; \quad \ell_1 = 300\text{м}; \quad \ell_2 - ?$

По закону сохранения импульса

$$MV_2 = mV_1 \quad t = \frac{\ell_1}{V_1} = \frac{m\ell_1}{MV_2}$$

$t$  – время падения ядра и пушки,  $H = \frac{gt^2}{2}.$

$$\ell_2 = V_2 t = \frac{m}{M} \ell_1 = \frac{500\text{кг}}{200\text{кг}} \cdot 300\text{м} = 7,5\text{м}$$

т.к.  $H = \frac{gt^2}{2}$ , то высота в ответ не входит.

**399.**  $\alpha = 45^\circ; \quad t = 20\text{с}; \quad H = 2\text{км} = 2 \cdot 10^3\text{м}; \quad L - ?$

В верхней точке есть только горизонтальная составляющая скорости, равная вертикальной в момент выстрела  $V_0$ .

$$V_0 - g\Delta t = 0; \quad \Delta t = \frac{V_0}{g}$$

$$H = V_0 \Delta t - \frac{g\Delta t^2}{2} = \frac{V_0^2}{g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{V_0^2}{g^2} = \frac{V_0^2}{2g}$$

$$V_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 9,8\text{м/с}^2 \cdot 2 \cdot 10^3\text{м}} = 198\text{м/с}$$

$$H = V_1 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad V_1 = \frac{H}{t} - \frac{gt}{2} = \frac{2000\text{м}}{20\text{с}} - \frac{10\text{м/с}^2 \cdot 20\text{с}}{2} = 0$$



По закону сохранения импульса  $V_{2y} = -V_1 = 0$   $V_{2x} = 2V_0 = 396 \text{ м/с}$   
 Значит время полета второго тела  $t$ ;  $L = V_{2x} t = 396 \text{ м/с} \cdot 20 \text{ с} \approx 7,9 \text{ км}$ .

**400.**  $\alpha = 45^\circ$ ;  $T = 15 \text{ с}$ ;  $L = ?$

В верхней точке есть только горизонтальная составляющая скорости, равная вертикальной составляющей скорости в момент выстрела  $V_0$ .

$$V_0 - gT = 0; \quad V_0 = gT; \quad H = V_0 T - \frac{gT^2}{2} = \frac{gT^2}{2}$$

$$H = V_1 T + \frac{gT^2}{2} = \frac{gT^2}{2}. \quad V_1 = 0$$

По закону сохранения импульса  $L = 2V_0 T = 2gT^2 = 2 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 15^2 \text{ м}^2 \approx 4,4 \text{ км}$ .

**401.**  $V_0 = 10 \text{ м/с}$ ;  $m_1 = 1 \text{ кг}$ ;  $m_2 = 1,5 \text{ кг}$ ;  $V_2 = 25 \text{ м/с}$ ;  $V_1 = ?$

По закону сохранения импульса  $(m_1 + m_2)V_0 = m_1 V_1 + m_2 V_2$

$$V_1 = \frac{(m_1 + m_2)V_0 - m_1 V_1}{m_1} = \frac{(1 \text{ кг} + 1,5 \text{ кг})10 \text{ м/с} - 1,5 \text{ кг} \cdot 25 \text{ м/с}}{1 \text{ кг}} = -12,5 \text{ м/с}.$$

**402.**  $m_1 = 0,5 \text{ кг}$ ;  $m_2 = 0,5 \text{ кг}$ ;  $m_3 = 1 \text{ кг}$ ;  $V_0 = 100 \text{ м/с}$ ;  $V_1 = ?$

По закону сохранения импульса  $(m_1 + m_2 + m_3)V_0 = m_3 V_1$

$$V_1 = V_0 \frac{m_1 + m_2 + m_3}{m_3} = 100 \text{ м/с} \frac{0,5 \text{ кг} + 0,5 \text{ кг} + 1 \text{ кг}}{1 \text{ кг}} = 200 \text{ м/с}.$$

**403.** Если человек поднимается по лестнице, то совершает работу. Если поднимается на лифте, то работу совершают над ним, а значит человек не совершает работы.

**404.** Мальчики совершают одинаковую работу, т.к.  $A = F\ell$ . Мощность же разную, т.к.  $N = \frac{A}{t}$ .

**405.** Первая пара  $F\ell$ , вторая  $F\ell \cos \alpha$ , т.к.  $\cos \alpha < 1$  при  $\alpha > 0$ , то  $F\ell > F\ell \cos \alpha$ .

**406.**  $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$ ;  $h = 5 \text{ м}$ ;  $V = 0,6 \text{ м}^3$ ;  $\rho_b = 1000 \text{ кг/м}^3$ ;  $A = ?$

$$F = mg - \rho_b g V = Vg(\rho - \rho_b); \quad A = Fh = Vgh(\rho - \rho_b) = 4,41 \cdot 10^4 \text{ Дж}$$

**407.**  $m = 1,3 \text{ т} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ кг}$ ;  $\ell = 75 \text{ м}$ ;  $t = 10 \text{ с}$ ;  $M = 0,05$ ;  $A = ?$

$$\ell = \frac{at^2}{2}; \quad a = \frac{2\ell}{t^2}; \quad ma = F - \mu mg; \quad F = m \left( \frac{2\ell}{t^2} + \mu g \right)$$

$$A = F\ell = m\ell \left( \frac{2\ell}{t^2} + \mu g \right) = 1300 \text{ кг} \cdot 75 \text{ м} \left( \frac{2 \cdot 75 \text{ м}}{10^2 \text{ с}^2} + 0,05 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \right) \approx \approx 1,94 \cdot 10^5 \text{ Дж}.$$

**408.**  $F = 80 \text{ Н}$ ;  $\alpha = 30^\circ$ ;  $\ell = 100 \text{ м}$ ;  $A = ?$

$$A = F\ell \cos \alpha = 80 \text{ Н} \cdot 100 \text{ м} \cdot \cos 30^\circ \approx 6,88 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

**409.** Не зависит, т.к. работа не зависит от скорости или ускорения.

**410.**  $m = 100 \text{ кг}$ ;  $a = 2 \text{ м/с}^2$ ;  $h = 25 \text{ м}$ ;  $A = ?$

$$ma = F - Fg; \quad F = m(a + g)$$

$$A = Fh = m(a + g)h = 100 \text{ кг} (2 \text{ м/с}^2 + 9,8 \text{ м/с}^2) \cdot 25 \text{ м} = 2,05 \cdot 10^4 \text{ Дж}.$$

**411.**  $m = 2 \text{ кг}$ ;  $h = 10 \text{ м}$ ;  $A = 240 \text{ Дж}$ ;  $a = ?$

$$ma = F - mg; \quad A = Fh$$

$$a = \frac{A}{hm} - g = \frac{240 \text{ Дж}}{2 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м}} - 9,8 \text{ м/с}^2 = 2,2 \text{ м/с}^2.$$

**412.**  $t = 10 \text{ с}; \quad m = 15 \text{ кг}; \quad A = ?$

На участке  $0 \text{ с} - 5 \text{ с}.$

$$a = \frac{10 \text{ м/с}}{5 \text{ с}} = 2 \text{ м/с}^2; \quad \text{на участке } 5 \text{ с} - 10 \text{ с} \quad a = 0.$$

На  $0 \text{ с} - 5 \text{ с} \quad F = ma = 5 \text{ кг} \cdot 2 \text{ м/с}^2 = 30 \text{ Н};$

На  $5 \text{ с} - 10 \text{ с} \quad F = ma = 15 \text{ кг} \cdot 0 = 0.$

Перемещение равно площади под графиком функции  $V(t).$

$$x = \frac{10 \text{ м/с} \cdot 5 \text{ с}}{2} = 25 \text{ м}. \quad A = Fx = 30 \text{ Н} \cdot 25 \text{ м} = 750 \text{ Дж}.$$

**413.**  $V_x = 10 + 2t; \quad \alpha = 60^\circ; \quad t = 10 \text{ с}; \quad A = ?$

$$a = 2 \text{ м/с}^2 \quad F = ma;$$

$$\ell = V_x(0)t + \frac{at^2}{2} = 10 \text{ м/с} \cdot 10 \text{ с} + \frac{2 \text{ м/с}^2 \cdot 10^2 \text{ с}^2}{2} = 200 \text{ м}$$

$$A = F\ell = m \cdot 2 \text{ м/с}^2 \cdot 200 \text{ м} = 400 \text{ м Дж}.$$

**414.**  $R = 20 \text{ Н}; \quad x = 10 + 2t + t^2; \quad t = 5 \text{ с}; \quad A = ?$

$$A = R(x(t) - x(0)) = 20 \text{ Н} (10 + 2 \cdot 5 + 5^2 - 10) \text{ м} = 700 \text{ Дж}.$$

**415.**  $R = 50 \text{ Н}; \quad x = 24 + 10t - t^2; \quad t_1 = 5 \text{ с}; \quad t_2 = 10 \text{ с};$

$$A_1 = ? \quad A_2 = ?$$

$$A_1 = R(x(t_1) - x(0)) = 50 \text{ Н} (24 + 10 \cdot 5 - 5^2 - 24) \text{ м} = 1250 \text{ Дж}$$

$$A_2 = R(x(t_2) - x(0)) = 50 \text{ Н} (24 + 10 \cdot 10 - 10^2 - 24) \text{ м} = 0.$$

$A_2 = 0$ , т.к. тело сперва двигалось против силы и тормозилось ей, потом остановилось и стало разгоняться этой силой.

**416.** 1)  $at_1 = \frac{V}{2}; \quad t_1 = \frac{V}{2a};$

$$\ell_1 = \frac{at_1^2}{2} = \frac{a}{2} \cdot \frac{V^2}{4a^2} = \frac{V^2}{8a}; \quad A_1 = ma \ell_1 = m \frac{V^2}{8}$$

2)  $\frac{V}{2} + at_2 = V; \quad t_2 = \frac{V}{2a};$

$$\ell_2 = \frac{V}{2} t_2 + \frac{at_2^2}{2} = \frac{V^2}{4a} + \frac{V^2}{8a} = \frac{3V^2}{8a} \quad A_2 = ma \ell_2 = m \frac{3V^2}{8}$$

$$3) \frac{A_2}{A_3} = \frac{m \frac{3V^2}{8}}{m \frac{V^2}{8}} = 3$$

4) Т.к.  $N = FV$ , то мощность увеличивается.

**417.**  $h = 6 \text{ м}; \quad H = 8 \text{ м}; \quad m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}; \quad A_{\uparrow} = ? \quad A_{\downarrow} = ? \quad A = ?$

$$A_{\uparrow} = mgH = 0,2 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 8 \approx 15,7 \text{ Дж}$$

$$A_{\downarrow} = mg(h - H) = 0,2 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot (6 \text{ м} - 8 \text{ м}) \approx 3,9 \text{ Дж}$$

$$A = A_{\uparrow} + A_{\downarrow} = 15,7 \text{ Дж} - 3,9 \text{ Дж} = 11,8 \text{ Дж}.$$

**418.**  $M = 50 \text{ кг}; \quad t = 10 \text{ с}; \quad A - ?$

$$A = Mg \left( -\frac{gt^2}{2} \right) = \left( -\frac{Mg^2 t^2}{2} \right) = \left( -\frac{50 \text{ кг} \cdot 9,8^2 \text{ м}^2/\text{с}^4 \cdot 10^2 \text{ с}^2}{2} \right) \approx 24 \cdot 10^5 \text{ Дж}.$$

**419.**  $m = 10 \text{ кг}; \quad h = 1 \text{ м}; \quad \ell = 10 \text{ м}; \quad A_1 - ? \quad A_2 - ? \quad A_3 - ?$

Человек совершил нулевую работу, т.к. на первом участке он совершил работу  $A$ , на втором  $0$ , на третьем  $-A$ , а  $A + 0 + (-A) = 0$

$$A_1 = mgh = 10 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с} \cdot 1 \text{ кг} = 98 \text{ Дж} \quad A_2 = 0$$

$$A_3 = -A_1 = -98 \text{ Дж}.$$

**420.** По закону сохранения импульса  $MV_{g1} = mV$

$$(M+m)V_{g2} = MV_{g1} + mV = 2mV \quad V_{g2} = \frac{2mV}{M+m}.$$

**421.** При одном обороте

$$A = a\sqrt{2} mg - amg = amg(\sqrt{2} - 1), \text{ где } 2a - \text{ребро куба.}$$

$$A = \frac{\ell}{2a} A = \frac{1\ell}{2} mg(\sqrt{2} - 1)$$

При движении волоком  $A = \mu mg\ell$ ;  $\mu mg\ell = \frac{1}{2} mg\ell(\sqrt{2} - 1)$ ;  $\mu = \frac{\sqrt{2} - 1}{2}.$

**422.**  $x_1 = 4 \text{ мм} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad A_1 = 0,02 \text{ Дж}; \quad x_2 = 4 \text{ см} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \quad A - ?$

$$A_1 = \frac{kx_1^2}{2}; \quad A_2 = \frac{kx_2^2}{2};$$

$$A_2 = \left( \frac{x_2}{x_1} \right)^2 A_1 = \left( \frac{4 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{4 \cdot 10^{-3} \text{ м}} \right)^2 \cdot 0,02 \text{ Дж} = 2 \text{ Дж}.$$

**423.**  $F = 40 \text{ Н}; \quad k = 500 \text{ Н/м}; \quad A - ?$

$$x_1 = \frac{F}{k}; \quad x_2 = \frac{x_1}{2} = \frac{F}{2k};$$

$$A = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2} = \frac{k}{2} \left( \frac{F^2}{k^2} - \frac{F^2}{4k^2} \right) = \frac{k}{2} \cdot \frac{3F^2}{4k^2} = \frac{3F^2}{8k} = \frac{3 \cdot 40^2 \text{ Н}^2}{8 \cdot 500 \text{ Н/м}} = 1,2 \text{ Дж}$$

**424.**  $m = 2 \text{ кг}; \quad x = 4 \text{ см} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \quad x_1 = 2 \text{ см} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м};$

$$x_2 = 12 \text{ см} = 0,12 \text{ м}; \quad A - ?$$

$$mg = kx; \quad k = \frac{mg}{x};$$

$$A = \frac{k}{2} (x_2^2 - x_1^2) = \frac{mg}{2x} (x_2^2 - x_1^2) = \frac{2 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2}{2 \cdot 0,04 \text{ м}} (0,12^2 \text{ м}^2 - 0,02^2 \text{ м}^2) = 3,43 \text{ Дж}.$$

**425.**  $m = 1 \text{ кг}; \quad k = 10 \text{ Н/м}; \quad h = 1 \text{ м}; \quad A - ?$

$$mg = kx; \quad kx^2 = \frac{m^2 g^2}{k}; \quad \Delta E_k = \frac{kx^2}{2} = \frac{m^2 g^2}{2k}; \quad \Delta E_{\text{г}} = mgh$$

$$A = \Delta E_k + \Delta E_m = mg(h + \frac{mg}{2k}) = 1\kappa\mathcal{Z} \cdot 9,8\mathcal{M} / c^2 \left( 1\mathcal{M} + \frac{1\kappa\mathcal{Z} \cdot 9,8\mathcal{M} / c^2}{2 \cdot 10H / \mathcal{M}} \right) \approx 14,6 \text{ Дж}$$

426.  $\ell = 1\mathcal{M}$ ;  $m = 20\kappa\mathcal{P}$ ;  $k = 10\mathcal{H}/\mathcal{M}$ ;  $\mu = 0,1$ ;  $A - ?$

$$\mu mg = kx; \quad kx^2 = \frac{\mu^2 m^2 g^2}{k}; \quad A = \frac{kx^2}{2} + A_{mp}$$

$$A_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \ell = \mu mg \ell; \quad A = \frac{\mu^2 m^2 g^2}{k} + \mu mg \ell = mg \left( \frac{\mu^2 mg}{2k} + \mu \ell \right) =$$

$$= 20\kappa\mathcal{P} \cdot 9,8\mathcal{M} / c^2 \left( \frac{0,1^2 \cdot 20\kappa\mathcal{Z} \cdot 9,8\mathcal{M} / c^2}{2 \cdot 10\mathcal{H} / \mathcal{M}} + 0,1 \cdot 1\mathcal{M} \right) \approx 38,8 \text{ Дж.}$$

427.  $m = 5\mathcal{T} = 5 \cdot 10^3 \kappa\mathcal{P}$ ;  $h = 15\mathcal{M}$ ;  $N = 10\kappa\text{Вт} = 10^4 \text{Вт}$ ;  
 $\eta = 80\% = 0,8$ ;  $t - ?$

$$A = mgh = \eta Nt; \quad t = \frac{mgh}{\eta N} = \frac{5 \cdot 10^3 \kappa\mathcal{Z} \cdot 9,8\mathcal{M} / c^2 \cdot 15\mathcal{M}}{0,8 \cdot 10^4 \mathcal{B}\mathcal{m}} \approx 92c$$

428.  $V = 30\mathcal{M}/c$ ;  $F = 100\mathcal{H}$ ;  $\mu = 0,2$ ;  $N - ?$

$$F_{\text{тр}} = \mu F; \quad N = F_{\text{тр}} V = \mu VF = 0,2 \cdot 30\mathcal{M}/c \cdot 100\mathcal{H} = 600\text{Вт.}$$

429.  $P = 72\kappa\text{Вт} = 7,2 \cdot 10^4 \text{Вт}$ ;  $m = 5\mathcal{T} = 5 \cdot 10^3 \kappa\mathcal{P}$ ;  $\text{tg} \alpha = 0,2$   $\mu = 0,4$ ;  $V - ?$

$$\vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} = 0.$$

В проекциях на оси координат

$$x: F_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha$$

$$y: N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$= mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$P = F_{\text{тр}} V; \quad V = \frac{P}{F_{\text{тр}}} = \frac{P}{mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

$$\text{tg} \alpha = 0,2; \quad \alpha \approx 11,3^\circ; \quad \sin \alpha \approx 0,20; \quad \cos \alpha \approx 0,98$$

$$V = \frac{7,2 \cdot 10^4 \mathcal{B}\mathcal{m}}{5 \cdot 10^3 \kappa\mathcal{Z} \cdot 9,8\mathcal{M} / c^2 (0,4 \cdot 0,98 + 0,2)} \approx 2,5\mathcal{M} / c.$$

430.  $H = 60\text{см} = 0,6\mathcal{M}$ ;  $L = 1\mathcal{M}$ ;  $\mu = 0,1$ ;  $\eta - ?$

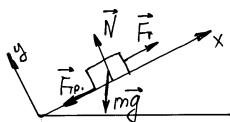
Вспользуемся выражением для силы тяги, полученном в № 429.

$$F_{\text{т}} = mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha), \quad \text{где}$$

$$\sin \alpha = \frac{H}{\sqrt{H^2 + L^2}}; \quad \cos \alpha = \frac{L}{\sqrt{H^2 + L^2}}$$

$$F_{\text{т}} = \frac{mg}{\sqrt{H^2 + L^2}} (\mu L + H) \quad A = F_{\text{т}} \sqrt{H^2 + L^2} = mg(\mu L + H)$$

$$A_0 = mgH; \quad \eta = \frac{A_0}{A} = \frac{H}{\mu L + H} = \frac{0,6\mathcal{M}}{0,1 \cdot 1\mathcal{M} + 0,6\mathcal{M}} = \frac{6}{7} \approx 0,86.$$



**431**  $\alpha = 10^\circ$ ;  $\mu = 0,1$ ;  $\eta$  - ?

Воспользуемся выражением для силы тяги, выведенной в № 429.

$$F_T = mg (\mu \cos \alpha + \sin \alpha); \quad A = F_T L = mg (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) L; \quad A_0 = mg L \sin \alpha$$

$$\eta = \frac{A_0}{A} = \frac{\sin \alpha}{\mu \cos \alpha + \sin \alpha}.$$

$\alpha = 10^\circ \approx 0,17$  рад.; Т.к.  $\alpha$  мал, то  $\sin \alpha \approx \alpha$ ,  $\cos \alpha \approx 1$ .

$$\eta \approx \frac{\alpha}{\mu + \alpha} = \frac{0,17}{0,1 + 0,17} \approx 0,63 = 63\%.$$

Для идеальной наклонной плоскости  $\mu = 0$ , т.е.  $\eta = \frac{\alpha}{\alpha} = 1$ .

**432**  $N = 25$  кВт =  $2,5 \cdot 10^4$  Вт;  $V = 100$  м<sup>3</sup>;  $\rho = 900$  кг/м<sup>3</sup>;  $h = 6$  м;  
 $t = 8$  мин =  $480$  с;  $\eta$  - ?

$$A = mgh = \rho g v h = \eta N t$$

$$\eta = \frac{\rho g v h}{N t} = \frac{800 \text{ кг} / \text{м}^3 \cdot 9,8 \text{ м} / \text{с}^2 \cdot 100 \text{ м}^3 \cdot 6 \text{ м}}{2,5 \cdot 10^4 \text{ Вт} \cdot 480 \text{ с}} = 0,39 = 39\%.$$

$$\mathbf{433} \quad N_1 = F_1 v_1; \quad N_2 = F_2 v_2; \quad F = F_1 + F_2 = \left( \frac{N_1}{v_1} + \frac{N_2}{v_2} \right) = \frac{N_1 + N_2}{v};$$

$$v = \frac{v_1 v_2 (N_1 + N_2)}{N_1 v_2 + N_2 v_1}.$$

**434** Эскалатор опускает человека на  $vt \sin \alpha$ , за время  $t$ . Значит, он должен

$$\text{подняться на } H + vt \sin \alpha. \quad N = \frac{mg(H + vt \sin \alpha)}{t} = \frac{mgH}{t} + vt \sin \alpha.$$

**435** Тетива натягивается за счет химической энергии.

- 1) Стрела приобретает кинетическую энергию за счет упругой энергии тетивы.
- 2) При полете часть энергии стрелы переходит в тепловую и звуковую.
- 3) При попадании в мишень оставшаяся энергия стрелы переходит в тепло.

**436** За счет потенциальной энергии под действием силы тяжести.

**437** За счет потенциальной энергии силы тяжести.

**438** При подъеме возрастает потенциальная энергия велосипеда за счет кинетической энергии. Ее вообще может не хватить на подъем. Велосипедист увеличивает скорость, чтобы по возможности более быстро проехать подъем.

**439** Накопленная им энергия постепенно переходит в тепло из-за трения.

**440** Колесо остановится из-за трения. Для более быстрой остановки колеса нужно увеличить трение. Это можно сделать, прислонив предмет к колесу или сильнее сжав подшипники.

441 Т.к.  $F = \frac{N}{v}$ , то скорость  $v$  различна.

442  $A_{\Gamma} = mgH$ ;  $A_{\Gamma} = \mu mgH$ ; Работы равны, если  $\mu = 1$ .

$$443 \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_2 v_2^2}{2}; \quad v_2 = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} v_1,$$

По закону сохранения импульса  $m_1 v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$

$$v = \frac{(m_1 - \sqrt{m_1 m_2}) v_1}{m_1 + m_2} = \frac{(\sqrt{m_1} - \sqrt{m_2}) \sqrt{m_1}}{m_1 + m_2}$$

Направление совпадает со знаком разности  $\sqrt{m_1} - \sqrt{m_2}$ .

444 Ракета набирает скорости, достаточные для сгорания, при полете вверх в очень разреженной атмосфере. При падении же ракета набирает такие скорости в плотных слоях атмосферы, где и сгорает.

445 Цилиндр соскальзывает с наклонной плоскости

$$mgH = \frac{mv_1^2}{2}; \quad v_1 = \sqrt{2gH}.$$

2) Цилиндр скатывается с наклонной плоскости.

Определим энергию вращения.  $dm = \rho h \cdot 2\pi r dr = 2\pi \rho h r dr$ ;

$$w = v_2 / R = v(r)/r; \quad v(r) = v_2 \frac{r}{R};$$

$$E_{\text{в}} = \int_0^R v^2 dm = \frac{2\pi \rho h_0^2}{R^2} \int_0^R r^3 dr = \frac{2\pi \rho h_0^2}{R^2} \frac{r^4}{4} \Big|_0^R = 2\pi^2 \rho h_0 \frac{v_2^2}{4} = \frac{mv_2^2}{4}.$$

$$\text{По закону сохранения энергии} \quad MgH = \frac{m\tilde{\omega}_2^2}{2} + E_{\text{в}} = \frac{3m\tilde{\omega}_2^2}{4} \quad \tilde{\omega}_2 = 2\sqrt{\frac{gH}{3}}.$$

$$3) \frac{\tilde{\omega}_2}{\tilde{\omega}_1} = \frac{2}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{2}} = \sqrt{\frac{2}{3}} \approx 0,8.$$

446  $m = 2 \text{ кг}$ ;  $\tilde{\omega}_0 = 20 \text{ м/с}$ ;  $E_{\text{к}} - ?$   $E_{\text{п}} - ?$   $H - ?$   $\tilde{\omega} - ?$

$$1) \quad E_{\text{к}} = \frac{m\tilde{\omega}_0^2}{2} = \frac{2 \text{ кг} \cdot 20^2 \text{ м}^2 / \text{с}^2}{2} = 400 \text{ Дж}.$$

$$2) \quad E_{\text{п}} = E_{\text{к}} = 400 \text{ Дж}.$$

$$3) \quad \frac{m\tilde{\omega}_0^2}{2} = mgH; \quad H = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{20^2 \text{ м}^2 / \text{с}^2}{2 \cdot 9,8 \text{ м} / \text{с}^2} \approx 20 \text{ м}.$$

$$4) \quad \frac{m\tilde{\omega}_0^2}{2} = mg \frac{H}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{4} + \frac{mv^2}{2}$$

$$5) \quad v^2 = \frac{v_0^2}{2}; \quad v = \frac{v_0}{\sqrt{2}} \approx \frac{20 \text{ м} / \text{с}}{1,41} \approx 14 \text{ м} / \text{с}.$$

$$447 \quad v_0 = 10 \text{ м/с}; H - ?$$

$$\frac{m\tilde{v}_0^2}{2} = mgH.$$

$$\frac{m\tilde{v}_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgH = 2mgH;$$

По закону сохранения энергии

$$H = \frac{v_0^2}{4g} = \frac{10^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{4 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2} = 2,6 \text{ м}$$

$$448 \quad H_0 = 20 \text{ м}; H_1 = 2 \text{ м}; H_2 = 15 \text{ м}; \tilde{v}_1 - ? \quad \tilde{v}_2 - ?$$

$$1) \quad \text{По закону сохранения энергии } mgH_0 = \frac{mv_1^2}{2} + mgH_1;$$

$$v_1 = \sqrt{2g(H_0 - H_1)} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 (20 \text{ м} - 2 \text{ м})} \approx 18,8 \text{ м/с}.$$

2) Аналогично находим  $\tilde{v}_2$ .

$$\tilde{v}_2 = \sqrt{2g(H_0 - H_2)} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 (20 \text{ м} - 15 \text{ м})} \approx 9,9 \text{ м/с}.$$

$$449 \quad \tilde{v}_0 = 60 \text{ м/с}; m = 200 \text{ г}; H_1 - ? \quad H_2 - ?$$

$$\text{По закону сохранения энергии} \quad \frac{mv_1^2}{2} + mgH_1 = \text{const};$$

$$H_1 = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{60^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2} \approx 184 \text{ м}. \text{ Т.к. } H_1 \text{ от } m \text{ не зависит, то } H_2 = H_1 = 184 \text{ м}.$$

$$450 \quad h_1 = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}; x_1 = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}; x_2 = 3 \text{ см} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \tilde{v}_1 - ? \quad h_2 - ?$$

$$mgh_1 = \frac{kx_1^2}{2}; \quad k = \frac{2mgh_1}{x_1^2}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = mgh_1; \quad v_1 = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,3 \text{ м}} \approx 2,4 \text{ м/с};$$

$$mgh_2 = \frac{kx_2^2}{2}; \quad k = \frac{2mgh_1}{x_1^2} \cdot \frac{x_2^2}{2}; \quad h_2 = h_1 \cdot \frac{x_2^2}{x_1^2} = 0,3 \text{ м} \cdot \frac{3^2 \text{ см}^2}{1^2 \text{ см}^2} = 2,7 \text{ м}.$$

$$451 \quad h = 2 \text{ м}; H = 4 \text{ м}; \tilde{v}_0 - ?$$

$$\text{По закону сохранения энергии: } mgh + \frac{mv_0^2}{2} = mgH.$$

$$\tilde{v}_0 = \sqrt{2g(H - h)} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 (4 \text{ м} - 2 \text{ м})} \approx 6,3 \text{ м/с}.$$

$$452 \quad v_0 = 20 \text{ м/с}; \alpha = 30^\circ; h = 1 \text{ м}; \tilde{v} - ?$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh;$$

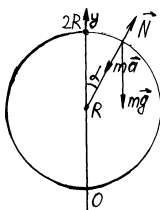
$$v = \sqrt{v_0^2 - gh} = \sqrt{20^2 \text{ м} / \text{с}^2 \cdot 9,8 \text{ м} / \text{с}^2 \cdot 1 \text{ м}} \approx 19,8 \text{ м} / \text{с}.$$

**453**  $\delta_0 = 600 \text{ м} / \text{с}$ ;  $m = 10 \text{ г} = 10^{-2} \text{ кг}$ ;  $E = 450 \text{ Дж}$ ;  $\alpha - ?$

$$\frac{mv^2}{2} = E; \quad v = \sqrt{\frac{2E}{m}}; \quad v = v_0 \cos \alpha.$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{v_0} \sqrt{\frac{2E}{m}} = \frac{1}{600 \text{ м} / \text{с}} \sqrt{\frac{2 \cdot 450 \text{ Дж}}{10^{-2} \text{ кг}}} = 0,5. \quad \alpha = \arccos 0,5 = 60^\circ.$$

**454** Тело оторвется, когда реакция опоры  $\vec{N}$  станет равна нулю.



$$\frac{mv^2}{R} = mg \cos \alpha - N;$$

$$\cos \alpha = \frac{y - R}{R};$$

$$\frac{mv_0^2}{R} = mg \frac{y - R}{R}$$

По закону сохранения энергии:

$$2mgR = \frac{mv_0^2}{2} + mgy = \frac{mg(y - R)}{2} + mgy = \frac{3}{2}mgy - \frac{mgR}{2}$$

$$5mgR = 3mgy \quad y = \frac{5}{3}R.$$

**455**  $m = 25 \text{ кг}$ ;  $l = 2,5 \text{ м}$ ;  $T = 550 \text{ Н}$ ;  $h - ?$

$$\frac{mv^2}{l} = T - mg \cos \alpha.$$

$\cos \alpha$  максимален при  $\alpha = 0$ .

$$\frac{mv^2}{l} = T - mg; \quad \frac{mv^2}{2} = \frac{l}{2}(T - mg);$$

По закону сохранения энергии

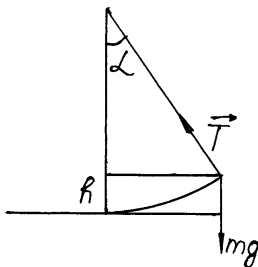
$$mgh = \frac{mv^2}{2} = \frac{l}{2}(T - mg);$$

$$h = \frac{l(T - mg)}{2mg} = \frac{2,5 \text{ м}(550 \text{ Н} - 25 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м} / \text{с}^2)}{2 \cdot 25 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м} / \text{с}^2} \approx 1,56 \text{ м}.$$

**456**  $k = 800 \text{ Н} / \text{м}$ ;  $x = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ;  $m = 20 \text{ г} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$ ;  $v - ?$

По закону сохранения энергии:

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{mv^2}{2}; \quad v = 2\sqrt{\frac{k}{m}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м} \sqrt{\frac{800 \text{ Н} / \text{м}}{2 \cdot 10^{-2} \text{ кг}}} = 10 \text{ м} / \text{с}.$$





**457**  $m = 160 \text{ г} = 0,16 \text{ кг}$ ;  $v = 20 \text{ м/с}$ ;  $x = 6,4 \text{ см} = 6,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ;  $F - ?$

По закону сохранения энергии:  $\frac{mv^2}{2} = \frac{kx^2}{2}$ ;  $F = kx$ ;

$$F = \frac{mv^2}{x} = \frac{0,16 \text{ кг} \cdot 20^2 \text{ м}^2 / \text{с}^2}{6,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 1000 \text{ Н}.$$

**458** а) Тело на нити. В верхней точке окружности.

$$\frac{mv^2}{l} = T + mg. \quad \frac{mv^2}{l} - \text{минимально, когда } T = 0,$$

$$\frac{mv^2}{l} = mg; \quad \frac{mv^2}{2} = \frac{mgl}{2}$$

По закону сохранения энергии:  $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + 2mgl = \frac{5}{2}mgl$ ;  $v_0 = \sqrt{5gl}$ .

б) Тело на стержне. По закону сохранения энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = 2mgl; \quad v_0 = 2\sqrt{gl}.$$

**459**  $R = 10 \text{ м}$ ;  $h - ?$

Как показано в № 458 пункт

а)  $v_0 = \sqrt{5gl}$  в доказательстве для нашего случая необходимо заменить  $l$  на  $R$  и  $T$  на  $N$ .

По закону сохранения энергии:  $\frac{mv_0^2}{2} = mgh$ ,  $\frac{5}{2}R = h$ ;  $h = \frac{5}{2} \cdot 10 \text{ м} = 25 \text{ м}$ .

**460**  $m_1 = 1 \text{ кг}$ ;  $m_2 = 2 \text{ кг}$ ;  $v_1 = 1 \text{ м/с}$ ;  $v_2 = 2 \text{ м/с}$ ;  $\Delta E - ?$

$$E_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{1 \text{ кг} \cdot 1^2 \text{ м}^2 / \text{с}^2}{2} + \frac{2 \text{ кг} \cdot 2^2 \text{ м}^2 / \text{с}^2}{2} = 4,5 \text{ Дж}.$$

По закону сохранения импульса:  $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$ ;

$$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}; \quad E_2 = \frac{m_1 + m_2}{2} \cdot \frac{(m_1 v_1 + m_2 v_2)^2}{(m_1 + m_2)^2} = \frac{(m_1 v_1 + m_2 v_2)^2}{2(m_1 + m_2)} =$$

$$= \frac{(1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с} + 2 \text{ кг} \cdot 2 \text{ м/с})^2}{(1 \text{ кг} + 2 \text{ кг})} = 1,5 \text{ Дж}.$$

$$\Delta E = E_2 - E_1 = 1,5 \text{ Дж} - 4,5 \text{ Дж} = -3 \text{ Дж}.$$

**461**  $m = 15 \text{ м} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ кг}$ ;  $a = 1,4 \text{ м/с}^2$ ;  $S = 10 \text{ м}$ ;  $\mu = 0,02$ ;

$A_T - ?$   $A_C - ?$   $E_K - ?$

$$F_C = -\mu mg; \quad A_C = F_C S = -\mu mgS = -0,02 \cdot 1,5 \cdot 10^4 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 10 \text{ м} =$$

$$= -2,94 \cdot 10^4 \text{ Дж}.$$

$$ma = F_T + F_C; \quad F_T = ma - F_C = m(a + \mu g);$$

$$A_T = F_T S = m(a + \mu g)S = 1,5 \cdot 10^4 \text{ кг} \cdot (1,4 \text{ м/с}^2 + 0,02 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2) \cdot 10 \text{ м} \approx$$

$$2,39 \cdot 10^5 \text{ Дж}.$$

$$E_K = A_T + A_C = 2,39 \cdot 10^5 \text{ Дж} - 0,294 \cdot 10^5 \text{ Дж} \approx 2,1 \cdot 10^5 \text{ Дж}.$$

$$462 \quad m = 2 \text{ т} = 2 \cdot 10^3 \text{ кг}; l = 50 \text{ м}; \mu = 0,4; A - ? \Delta E - ?$$

$$F = -\mu mg;$$

$$A = Fl = -\mu mg \cdot l = -0,4 \cdot 2 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 50 \text{ м} = -3,92 \cdot 10^5 \text{ Дж}.$$

$$\Delta E = A = -3,92 \cdot 10^5 \text{ Дж}.$$

$$463 \quad v_0 = 20 \text{ м/с}; \mu = 0,005; S - ?$$

$$F = -\mu mg; A = FS = -\mu mgS;$$

$$0 - \frac{mv_0^2}{2} = -\mu mgS; S = \frac{v_0^2}{2\mu} = \frac{20^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 0,005 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2} \approx 4,1 \text{ км}.$$

$$464 \quad \text{По закону изменения механической энергии: } mgh = A_{TP};$$

$$\text{С другой стороны: } mgh + A_{TP} = A; A = 2mgh.$$

$$465 \quad \text{По закону сохранения энергии: } m_1 gH = \frac{m_1 v_1^2}{2}; v_1 = \sqrt{2gH}.$$

$$\text{Аналогично: } \tilde{\sigma}_2 = \sqrt{2gH}.$$

$$\text{По закону сохранения импульса: } m_1 \tilde{\sigma}_1 - m_2 \tilde{\sigma}_2 = (m_1 + m_2) \tilde{\sigma};$$

$$\sqrt{2gH}(m_1 - m_2) = (m_1 + m_2)v;$$

$$v = \sqrt{2gH} \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}; \quad \frac{(m_1 + m_2)\tilde{\sigma}^2}{2} = (m_1 + m_2)gh;$$

$$h = \frac{v^2}{2g} = 2gH \left( \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right)^2 \cdot \frac{1}{2g} = \left( \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right)^2 H.$$

$$466 \quad l_1 = 5 \text{ м}; v_1 = 2 \text{ м/с}; v_2 = 4 \text{ м/с}; l_2 - ?$$

$$\text{По закону изменения механической энергии:}$$

$$\begin{cases} 0 - \frac{mv_1^2}{2} = -\mu mg l_1 \\ 0 - \frac{m\tilde{\sigma}_2^2}{2} = -\mu mg l_2 \end{cases}$$

$$l_2 = l_1 \frac{v_2^2}{v_1^2} = 5 \text{ м} \cdot \frac{4^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2^2 \text{ м}^2/\text{с}^2} = 20 \text{ м}.$$

$$467 \quad v_1 = 1000 \text{ м/с}; v_2 = 500 \text{ м/с}; m = 10 \text{ т} = 10^4 \text{ кг}; A - ?$$

$$\text{По закону изменения механической энергии } \frac{m\tilde{\sigma}_2^2}{2} - \frac{m\tilde{\sigma}_1^2}{2} = A;$$

$$A = \frac{m}{2}(v_2^2 - v_1^2) = \frac{10^{-2} \text{ кг}}{2}(500^2 \text{ м}^2/\text{с}^2 - 1000^2 \text{ м}^2/\text{с}^2) = 3,75 \cdot 10^3 \text{ Дж}.$$

$$468 \quad v_0 = 14 \text{ м/с}; H = 240 \text{ м}; h = 0,2 \text{ м}; m = 1 \text{ кг}; F - ?$$

$$\text{По закону изменения механической энергии: } 0 - (mgh + \frac{mv_0^2}{2}) = Fh$$

$$F = -\frac{1}{h} \left( mgH + \frac{mv_0^2}{2} \right) =$$

$$= -\frac{1}{0,2\text{ м}} \left( 1\text{ кГ} \cdot 9,8\text{ м/с}^2 \cdot 240\text{ м} + \frac{1\text{ кГ} \cdot 14^2\text{ м}^2/\text{с}^2}{2} \right) \approx -1,2 \cdot 10^4\text{ Н}.$$

**469**  $l = 1\text{ см} = 10^{-2}\text{ м}$ ;  $v_0 = 10\text{ м/с}$ ;  $m = 500\text{ кг}$ ;  $F = ?$

По закону сохранения энергии:

$$0 - \frac{mv_0^2}{2} = Fl; \quad F = -\frac{mv_0^2}{2l} = \frac{500\text{ кГ} \cdot 10^2\text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 10^{-2}\text{ м}} = 2,5 \cdot 10^6\text{ Н}.$$

**470**  $m = 100\text{ кг}$ ;  $M = 400\text{ кг}$ ;  $H = 5\text{ м}$ ;  $h = 5\text{ см} = 5 \cdot 10^{-2}\text{ м}$ ;  $F = ?$

По закону сохранения энергии:  $MgH = \frac{Mv_0^2}{2}$ ;  $v_0 = \sqrt{2gH}$ .

По закону сохранения импульса:  $Mv_0 = (M + m)v$ ;

$$v = v_0 \frac{M}{M + m} = \sqrt{2gH} \frac{M}{M + m}; \quad 0 - \frac{(M + m)v^2}{2} = Fh.$$

$$F = -\frac{H}{h} g \frac{M^2}{M + m} = -\frac{5\text{ М}}{5 \cdot 10^{-2}\text{ м}} \cdot 9,8\text{ м/с}^2 \frac{400^2\text{ кГ}^2}{400\text{ кГ} + 100\text{ кГ}} \approx -3,1 \cdot 10^5\text{ Н}.$$

**471** Из уравнения Бернулли следует, что давление при ветре падает. Если внутри дома давление не меняется, то окна могут быть выдавлены.

**472** При урагане давление понижается (как следует из уравнения Бернулли); и, если в доме давление не понизилось, то крышу может унести.

**473** Шарик сблизятся, т.к. согласно уравнению Бернулли давление упадет.

**474** Пусть скорости реки  $v_0$ , давление  $p_0$ , скорость течения воды между лодками  $v$  давление  $p$ . По уравнению Бернулли.

$$p_0 + \rho \frac{v_0^2}{2} = p + \rho \frac{v^2}{2}. \quad \text{Т.к. } v > v_0, \text{ то } p > p_0. \text{ Значит, лодки сблизятся.}$$

**475** Если перейти в систему отсчета, связанную с кораблями, то решение полностью аналогично № 474.

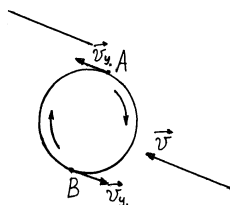
**476** Из-за трения о дно на поверхности скорость воды больше, чем у дна, посередине реки больше, чем у берегов.

**477** Вблизи цилиндра, с его восточного края скорость потока воздуха -  $v_{\text{в}}$  +  $v_{\text{ц}}$ , с западного края  $v_{\text{в}}$  -  $v_{\text{ц}}$ ; значит давление с западного края больше, чем у восточного.

**478** Из уравнения Бернулли следует, что при ветре изменяется давление, что приводит к неверным указаниям высоты.

**479**

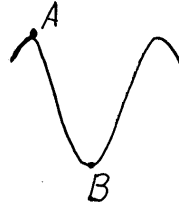
При падении цилиндра вращается и движется поступательно. Значит, в точке А скорость набегающего потока воздуха  $v + v_{\text{ц}}$ , в точке В



$v - v_{\text{ц}}$ . По уравнению Бернулли давление в точке В больше давления в А.

**480**

На вершине гребня (точка А) по уравнению Бернулли давление меньше, чем в точке В, т.к. около точки В скорость ветра приблизительно равна нулю. Значит гребни и впадины будут расти.



**481** Чернила будут подниматься, т.к. согласно уравнению Бернулли давление упадет.

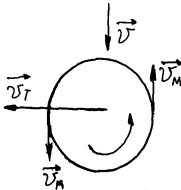
**482**  $S = 4 \text{ мм}^2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ ;  $h = 80 \text{ см} = 0,8 \text{ м}$ ;  $T = 24 \text{ ч} = 86400 \text{ с}$ ;  $M - ?$   
Рассмотрим малую массу воды  $\Delta \text{ см}$ .

$$\Delta mgh = \frac{\Delta m v^2}{2}; \quad v = \sqrt{2gh}; \quad V = vtS;$$

$$M = \rho V = \rho vtS = \sqrt{2gh} \rho tS = 10^3 \text{ кг/м} \cdot 86400 \text{ с} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \times \\ \times \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,8 \text{ м}} \approx 136,9 \text{ кг}.$$

**483** Скорость над точкой С меньше, значит давление больше, значит уровень воды может упасть. Над точкой В скорость больше, давление меньше, а значит уровень может и вырасти.

**484**



Т.к. скорость потока в точке В  $v - v_m$ , в точке А  $v + v_m$ , то давление в точке В больше, чем в А и мяч может попасть в ворота. Мяч надо закрутить против часовой стрелки.

**485** а) Математический маятник. Возвращающей силой будет сила тяготения.

б) Пружинный маятник. Возвращающей силой будет сила упругости.

в) Шарик плавает в жидкости. Возвращающей силой будет сила Архимеда (в данном случае мы пренебрегаем силой вязкого трения).

г) Кубик на двух пружинках. На рисунке видно, что кубик соприкасается с поверхностью, значит имеет место трение. Свободные колебания не возникнут.

д) Струна. Возвращающей силой будет сила упругости.

е) Шарик в сферической ямке. Возвращающей силой будет сила тяготения.

ж) Шарик на сферической горке. Свободные колебания не возникнут, т.к. нет возвращающей силы.

з) Шарик, лежащий на сжатой пружинке. Возвращающей силой будет сила упругости и сила тяготения.

**486** Надо привести груз в колебания на пружинке. Измерить период этого маятника. После приводить в колебания груз с набором гирь. Когда период маятника с грузом и маятника с гирями совпадет, масса груза будет равна массе гирь.

**487** Если часы спешат, чечевицу надо опустить, если отстают – поднять.

**488** Т к.  $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$ , то при свободном падении ( $g = 0$ )  $\omega = 0$ . Значит маятник остановится.

**489**  $A = 0,1$  м;  $T = 2$  с.

**490** Из графика видно,  $T = 1$  с;  $m = 2$  кг;  $k - ?$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}; k = \frac{4\pi^2 m}{T^2} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 2 \text{ кг}}{1^2 \text{ с}^2} \approx 80 \text{ Н / м}.$$

**491** Из графика видно  $T = 4$  с;  $l - ?$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}; l = \frac{T^2 g}{4\pi^2} = \frac{4^2 \text{ с}^2 \cdot 9,8}{4 \cdot 3,14^2} \approx 3,92 \text{ м}.$$

**492**  $k = 40$  Н/м;  $m - ?$   $A - ?$   $T - ?$   $v - ?$

Из графика видно:  $T = 1$  с;  $A = 0,05$  м.

$$\vartheta = \frac{1}{T} = \frac{1}{1 \text{ с}} = 1 \text{ Гц}; T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}; m = \frac{kT^2}{4\pi^2} = \frac{40 \text{ Н / м} \cdot 1^2 \text{ с}^2}{4 \cdot 3,14^2} \approx 1 \text{ кг}.$$

**493**  $K = 40$  Н/м;  $A - ?$   $T - ?$   $v_0 - ?$

Из графика видно:  $T = 1$  с;  $A = 0,02$  м.

$$v_0 = \omega A; \omega = \frac{2\pi}{T}; v_0 = \frac{2\pi}{T} A \approx \frac{2 \cdot 3,14}{1 \text{ с}} \cdot 0,02 \approx 0,13 \text{ м / с}.$$

**494** Колебания отличаются периодами и амплитудами. Верхний график:  $A = 0,04$  м;  $T = 1$  с. Средний график:  $A = 0,12$  м;  $T = 0,40$  с; Нижний график:  $A = 0,06$  м;  $T = 2$  с.

Вычислим длины маятников  $l$ .

$$l = \frac{T^2 g}{4\pi^2}.$$

$$\text{Верхний график: } l = \frac{1^2 \text{ с}^2 \cdot 9,8 \text{ м,} 8^2}{4 \cdot 3,14^2} \approx 0,25 \text{ м}.$$

$$\text{Средний график: } l = \frac{0,4^2 \text{ с}^2 \cdot 9,8 \text{ м,} 8^2}{4 \cdot 3,14^2} \approx 0,04 \text{ м}.$$

$$\text{Нижний график: } l = \frac{2^2 \text{ с}^2 \cdot 9,8 \text{ м,} 8^2}{4 \cdot 3,14^2} \approx 1 \text{ м}.$$

**495**  $K_1 = 40$  Н/м;  $m - ?$   $K_2 - ?$   $K_3 - ?$

Колебания отличаются амплитудами и периодами. Верхний график:  $T_1 = 0,4$  с;  $A = 0,1$  м. Средний график:  $T_2 = 0,2$  с;  $A = 0,2$  м. Нижний график:  $T_3 = 0,1$  с;  $A = 0,1$  м.

Вычислим массы тел  $m$ .  $m = \frac{K_1 T_1}{4\pi^2}$ .

Верхний график:  $m = \frac{40 \text{ Н/м} \cdot 0,4^2 \text{ с}^2}{4 \cdot 3,14^2} \approx 0,16 \text{ кг}$ .  $K_2 = \frac{4\pi^2 m}{T_2^2} = K_1 \frac{T_1^2}{T_2^2}$ .

Средний график:  $K_2 = 40 \text{ Н/м} \cdot \frac{0,4^2 \text{ с}^2}{0,2^2 \text{ с}^2} = 160 \text{ Н}$ .

Аналогично верхний график:  $K_3 = K_1 \frac{T_1^2}{T_{31}^2} = 40 \text{ Н/м} \cdot \frac{0,4^2 \text{ с}^2}{0,1^2 \text{ с}^2} = 640 \text{ Н/м}$ .

Колебания во всех трех случаях синусоидальны.

**496**  $l = 10 \text{ м}$ ;  $A = 20 \text{ см}$ ;  $x(t)$  - ?

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{e}} = \sqrt{\frac{9,8 \text{ м/с}^2}{10 \text{ м}}} \approx 1 \text{ с}^{-1}.$$

**497**  $A = 1 \text{ см}$ ;  $K = 40 \text{ Н/м}$ ;  $m = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$ ;  $x(t)$  - ?

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{\frac{40 \text{ Н/м}}{0,5 \text{ кг}}} \approx 8,9 \text{ с}^{-1}. \text{ Смотри рисунки.}$$

**498**  $K = 10 \text{ Н/м}$ ;  $T = 5 \text{ с}$ ;  $m$  - ?

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}; \quad m = \frac{KT^2}{4\pi^2} \approx \frac{10 \text{ Н/м} \cdot 5^2 \text{ с}^2}{4 \cdot 3,14^2} = 6,25 \text{ кг}.$$

**499**  $K = 2 \cdot 10^4 \text{ Н/м}$ ;  $m = 500 \text{ кг}$ ;  $T$  - ?

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} \approx 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{500 \text{ кг}}{2 \cdot 10^4}} = 1 \text{ с}.$$

**500**  $T = 2 \text{ с}$ ;  $l$  - ?;  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}; \quad l = \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 2^2 \text{ с}^2}{4 \cdot 3,14^2} = 1 \text{ м}.$

**501**  $g_1 = 1,7 \text{ м/с}^2$ ;  $g_2 = 9,8 \text{ м/с}^2$ ;  $T_2 = 1 \text{ с}$ ;  $T_1$  - ?

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_1}}; \quad T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_2}}; \quad T_1 \sqrt{g_1} = T_2 \sqrt{g_2};$$

$$T_1 = T_2 \sqrt{\frac{g_2}{g_1}} = 1 \text{ с} \sqrt{\frac{9,8 \text{ м/с}^2}{1,7 \text{ м/с}^2}} = 2,4 \text{ с}.$$

**502**  $K = 250 \text{ Н/м}$ ;  $N = 20$ ;  $t = 16 \text{ с}$ ;  $m$  - ?

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}; \quad m = \frac{t^2}{N^2} \cdot \frac{K}{4\pi^2} = \frac{Kt^2}{4\pi^2 N^2} \approx \frac{250 \text{ Н/м} \cdot 16^2 \text{ с}^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 20^2} = 4 \text{ кг}.$$

**503**  $l = 80 \text{ см} = 0,8 \text{ м}$ ;  $t = 3 \text{ мсек} = 180 \text{ с}$ ;  $N = 100$ ;  $g$  - ?

$$v = \frac{N}{t} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}; \quad g = \frac{4\pi^2 N^2 l}{t^2} \approx \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 100^2 \cdot 0,8 \text{ м}}{180^2 \cdot c^2} \approx 9,88 \text{ м/с}^2.$$

**504**  $N_1 = 15$ ;  $N_2 = 10$ ;  $\frac{l_1}{l_2} - ?$

$$\frac{N_1}{t} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{l_1}{g}}; \quad \frac{N_2}{t} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{l_2}{g}}; \quad \frac{N_1}{N_2} = \sqrt{\frac{l_1}{l_2}}; \quad \frac{l_1}{l_2} = \frac{N_1^2}{N_2^2} = \frac{15^2}{10^2} = 2,25.$$

**505**  $N_1 = 10$ ;  $N_2 = 30$ ;  $\frac{l_1}{l_2} - ?$

Воспользуемся формулой, выведенной в № 504.

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{N_1^2}{N_2^2} = \frac{10^2}{30^2} = \frac{1}{9} = 0,11.$$

**506**  $N_1 = 50$ ;  $N_2 = 30$ ;  $\Delta l = 32$  см;  $l_1 - ?$   $l_2 - ?$

Воспользуемся формулой, выведенной в № 504.

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{N_1^2}{N_2^2}; \quad l_1 = l_2 + \Delta l; \quad l_2 = \frac{\Delta l}{\frac{N_1^2}{N_2^2} - 1} = \frac{32 \text{ см}}{\frac{50^2}{30^2} - 1} = 18 \text{ см}.$$

$$l_1 = l_2 + \Delta l = 32 \text{ см} + 18 \text{ см} = 50 \text{ см}.$$

**507**  $m = 400$  г =  $0,4$  кг;  $K = 250$  Н/м;  $A = 15$  см =  $0,15$  м;

$v_{\max} - ?$   $x_0 - ?$   $E - ?$

$$E = \frac{KA^2}{2} = \frac{250 \text{ Н/м} \cdot 0,15^2 \text{ м}^2}{2} \approx 2,8 \text{ Дж};$$

$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = E; \quad v_{\max} = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,8 \text{ Дж}}{0,4 \text{ кг}}} \approx 3,7 \text{ м}.$$

Т к. в момент времени, когда  $v = v_{\max}$ , вся энергия запасается в кинетической энергии тела, то смещение в этот момент  $x_0 = 0$ .

**508**  $T = 1$  с;  $A = 30$  см =  $0,3$  м;  $v_{\max} - ?$   $a_{\max} - ?$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}; \quad v_{\max} = \omega \frac{A}{2} = \frac{\pi A}{T} \approx \frac{3,14 \cdot 0,3 \text{ м}}{1 \text{ с}} = 0,94 \text{ м/с}.$$

$$a_{\max} = \omega^2 \frac{A}{2} = \frac{2\pi^2 A}{T^2} \approx \frac{2 \cdot 3,14^2 \cdot 0,3 \text{ м}}{1^2 \text{ с}^2} = 5,92 \text{ м/с}^2.$$

**509** Предположим, что период таких колебаний  $T$ . Тогда зависимость координаты от времени:

$$y = v(t - nT) - \frac{g(t - nT)^2}{2},$$

где  $n = \left[ \frac{t}{T} \right]$ , где  $[x]$  обозначает целую часть  $x$ . Эта функция не

выражается через синус или косинус. Значит это не есть гармонические колебания.

**510** Да, возможно, если воздействовать с силой  $F_0 \cos \omega t$ , причем  $\omega$  - собственная частота качелей.

**511** Человек шагает с частотой, близкой к собственной частоте маятника из груза и веревки. Чтобы груз качался меньше, следует или изменить темп ходьбы, либо изменить собственную частоту маятника, изменив длину веревки.

**512** В нагруженной, т.к. период колебаний машины увеличивается вместе с массой.

**513**  $T = 1,6 \text{ с}; l = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м}; v - ?$

Вода будет выплескиваться особенно сильно, если время шага мальчика будет совпадать с  $T$ .

$$\frac{l}{T} = v = \frac{0,6 \text{ м}}{1,6 \text{ с}} = 0,375 \text{ м/с}.$$

**514** Да, т.к. рельсы проводят звук.

**515** Чтобы не вызывать колебаний подставки камертона.

**516** Человек слышит эхо позже звука на очень малую величину времени, и поэтому не может различить их.

**517** Летучие мыши используют ультразвуковой радар для ориентации.

**518** Частота становится больше, т.е. звук выше.

**519** Скрипач изменяет длину струны, что соответствует изменению частоты звука, зажимая их пальцами.

**520** Чтобы не изменялись геометрические размеры трубы, что приводит к искажению звука.

**521** Барабанная перепонка под действием звука начинает колебаться с частотой, равной частоте звуковой волны. Значит, человеческое ухо реагирует на частоту звука.

**522** При переходе из одной среды в другую меняется длина волны, а частота остается постоянной, т.е. аквалангист слышит 440 Гц.

**523**  $v = 6 \text{ м/с}; \lambda = 3 \text{ м}; T - ? v - ?$

$$\nu = vT; T = \frac{\lambda}{v} = \frac{3 \text{ м}}{6 \text{ м/с}} = 0,5 \text{ с}; v = \frac{1}{T} = \frac{v}{\lambda} = \frac{6 \text{ м/с}}{3 \text{ м}} = 2 \text{ Гц}.$$

**524**  $t = 10 \text{ с}; N = 20; \lambda = 1,2 \text{ м}; v - ?$

$$\lambda = \frac{t}{N} v; v = \frac{N \lambda}{t} = \frac{20 \cdot 1,2 \text{ м}}{10 \text{ с}} = 2,4 \text{ м/с}.$$

**525**  $t = 50 \text{ с}; \lambda = 0,5 \text{ м}; t' = 5 \text{ с}; N' = 20; S - ?$

$$S = v t; \lambda = \frac{t'}{N'} v; S = N' \lambda \frac{t}{t'} = 20 \cdot 0,5 \text{ м} \cdot \frac{50 \text{ с}}{5 \text{ с}} = 100 \text{ м}.$$

**526**  $\lambda = 5 \text{ м}; t = 1 \text{ с}; N_1 = 4; N_2 = 2; v_k - ? v_b - ?$





$$N_1 \lambda = (v_k + v_b)t$$

$$N_2 \lambda = (v_k - v_b)t$$

$$v_k = \frac{\lambda}{2t}(N_1 + N_2) = \frac{5M}{2 \cdot 1c}(4 + 2) = 15M/c;$$

$$v_b = \frac{\lambda}{2t}(N_1 - N_2) = \frac{5M}{2 \cdot 1c}(4 - 2) = 5M/c.$$

$$527 \quad v_1 = 90 \Gamma y; \quad v_2 = 9000 \Gamma y; \quad \lambda_1 - ? \quad \lambda_2 - ?$$

$$\lambda_1 v_1 = v; \quad \lambda_1 = \frac{v}{v_1} = \frac{330M/c}{90 \Gamma y} = 3,7M;$$

$$\lambda_2 v_2 = v; \quad \lambda_2 = \frac{v}{v_2} = \frac{330M/c}{9000 \Gamma y} = 0,037M;$$

$$528 \quad v = 440 \Gamma y; \quad \lambda_1 - ? \quad \lambda_2 - ?$$

$$\lambda_1 v = c_1; \quad \lambda_1 = \frac{c_1}{v} = \frac{330M/c}{440 \Gamma y} = 0,75M; \quad \lambda_2 v = c_2; \quad \lambda_2 = \frac{c_2}{v} = \frac{1500M/c}{440 \Gamma y} = 3,41M;$$

При переходе из воздуха в воду длина волны изменяется с  $\lambda_1$  до  $\lambda_2$ .

$$529 \quad t = 2c; \quad T = 36c; \quad v - ?$$

$$vT = (v + v_{зв})t;$$

$$v = v_{зв} \frac{t}{T - t} = 330M/c \frac{2c}{36c - 2c} \approx 19,4M/c.$$

$$530 \quad S = 68M; \quad t - ?$$

$$T = \frac{2S}{v} = \frac{2 \cdot 68M}{330M/c} \approx 0,41c.$$

$$531 \quad m = 200 \Gamma = 0,2 \text{ кг}; \quad M = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}; \quad v - ?$$

$$v = \frac{m}{M} = \frac{0,2 \text{ кг} \cdot 10^3}{18 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \approx 11 \text{ моль}.$$

532 Т.к. молекулярная масса у свинца больше, чем у олова, то количество вещества у олова больше.

533 И для ртути, и для алюминия верна формула  $v = \frac{m}{M} = \frac{v\rho}{M}$ , где  $v$  – объем куска,  $\rho$  – плотность вещества,  $M$  – молярная масса вещества. Значит,

$$\text{достаточно сравнить } \frac{\rho_{Al}}{M_{Al}} \text{ с } \frac{\rho_{Hg}}{M_{Hg}} \cdot \frac{\rho_{Al}}{M_{Al}} =$$

$$= \frac{2,7 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{27 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = 10^5 \frac{\text{моль}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\rho_{\text{Hg}}}{\text{МНг}} = \frac{13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{0,201 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \approx 6,7 \cdot 10^4 \frac{\text{моль}}{\text{м}^3}. \text{ Значит в}$$

алюминии количество вещества больше.

**534** Т.к. молекулярная масса свинца больше, чем алюминия, то масса свинца больше. Для обоих веществ верна формула  $m = \vartheta M$ ;  $\nu \rho = \nu M$ ;  $\nu = \frac{\nu M}{\rho}$ .

$$\begin{aligned} \text{Значит, достаточно сравнить } \frac{M_{\text{Al}}}{\rho_{\text{Al}}} \text{ и } \frac{M_{\text{Pb}}}{\rho_{\text{Pb}}} \cdot \frac{M_{\text{Al}}}{\rho_{\text{Al}}} = \\ = \frac{27 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{2,7 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}} \cdot \frac{M_{\text{Pb}}}{A_{\text{Pb}}} = \frac{207 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{113 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \approx 1,8 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}. \end{aligned}$$

Значит, объем свинца будет больше.

$$\mathbf{535} \quad M = 98 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}; \nu = 20 \text{ моль}; m - ?; m = \nu M = 1960 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \approx 2 \text{ кг}.$$

$$\mathbf{536} \quad M = 27 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}; \rho = 2,7 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \nu = 12 \text{ моль}; V - ?$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{M\nu}{\rho} = \frac{27 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 12 \text{ моль}}{2,7 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

$$\mathbf{537} \quad \text{Масса одной молекулы } m_0 = \frac{M}{N_A}, \text{ где } M - \text{молярная масса.}$$

$$m_0(\text{O}_3) = \frac{48 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}} = 8 \cdot 10^{-26} \text{ кг}; \quad m_0(\text{CO}_2) = \frac{44 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}} \approx 7,3 \cdot 10^{-26} \text{ кг};$$

$$m_0(\text{CH}_4) = \frac{16 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}} \approx 2,7 \cdot 10^{-26} \text{ кг}.$$

$$\mathbf{538} \quad m = 250 \text{ г} = 0,25 \text{ кг}; M = 4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}; N - ?$$

$$\nu = \frac{m}{M}; N = \nu N_A = \frac{m N_A}{M} = \frac{0,25 \text{ кг} \cdot 6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}}{4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = 3,75 \cdot 10^{25}.$$

$$539 \text{ m} = 54 \text{ г} = 0,054 \text{ кг}; \text{ M} = 108 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}; \text{ N} - ?$$

$$v = \frac{m}{M}; \text{ N} = vN_A = \frac{mN_A}{M} = \frac{0,054 \text{ кг} \cdot 6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}}{0,108 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = 3 \cdot 10^{23}.$$

540 Т.к. молекулярная масса серебра больше, чем алюминия, то число молекул в алюминии больше.

$$541 \text{ Для обоих веществ верна формула: } \text{N} = vN_A = \frac{m}{M} N_A =$$

$$= \frac{\rho}{M} \cdot \frac{V}{N_A}. \text{ Значит, достаточно сравнить } \frac{\rho_{Al}}{M_{Al}} \text{ с } \frac{\rho_{Fe}}{M_{Fe}}.$$

$$\frac{\rho_{Al}}{M_{Al}} = \frac{2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3}{27 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}} = 10^5 \frac{\text{моль}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\rho_{Fe}}{M_{Fe}} = \frac{7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{56 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \approx 1,4 \cdot 10^5 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}.$$

Значит число молекул в стали будет больше.

$$542 \text{ N} = \frac{m}{\mu} N_A; \text{ m} = \rho V = \rho Sh;$$

$$\text{N} = \frac{\rho Sh N_A}{\mu} = \frac{8900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{0,059 \text{ кг/моль}} = 1,1 \cdot 10^{22}.$$

$$543 \text{ h} = 10 \text{ м}; \text{ S} = 20 \text{ км}^2 = 20 \cdot 10^6 \text{ м}^2 = 2 \cdot 10^7 \text{ м}^2; \text{ m} = 0,01 \text{ г} = 10^{-5} \text{ кг}; \\ \text{V} = 2 \text{ см}^3 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3; \text{ M} = 59 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль. N} - ?$$

$$\text{V}_1 = hS; \text{ } \rho = \frac{m}{V_1} = \frac{m}{hS}; \text{ m}_1 = \rho v = \frac{mv}{hs};$$

$$\text{N} = N_A \frac{m_1}{M} = \frac{mVN_A}{hSM} = \frac{10^{-5} \text{ кг} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \cdot 6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}}{10 \text{ м} \cdot 20 \cdot 10^6 \text{ м}^2 \cdot 59 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = \frac{10^{-17} \cdot 6 \cdot 10^{23}}{5,9} \approx 10^6.$$

$$544 \text{ V} = 0,003 \text{ мм}^3 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^3 = 3 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3; \text{ S} = 300 \text{ см}^3 = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2; \\ \text{d} - ?$$

$$\text{V} = dS \Rightarrow \text{d} = \frac{\text{V}}{\text{S}} = 10^{-10} \text{ м}.$$

545 Газы сжимаются легче, чем твердые тела, т.к. в газах молекулы движутся хаотически, слабо взаимодействуют друг с другом, а в твердых телах молекулы колеблются около положения равновесия и взаимодействуют друг с другом, образуя кристаллические решетки.

546 При нагревании энергия колебаний молекул проволоки растёт, значит растёт амплитуда этих колебаний.

547 Часть эфира испарилась.

**548** Дым диффундировал.

**549** Происходит диффузия части краски в воду, часть ее оседает на белой одежде.

**550** Из-за диффузионного проникновения воздуха.

**551** Это основано на процессе диффузии. При более высокой температуре диффузия идет активнее.

**552** Молекулы твердых тел находятся у положения равновесия, несмотря на всю хаотичность их колебаний. Из-за этого они и не распадаются.

**553** Из-за того, что эти силы очень короткодействующие.

**554**  $\bar{F}\Delta t = m\Delta\bar{V}$ . После соударения  $v'_x = v_x$ ,  $v'_y = -v_y$ ,  $v_y = v\sin\alpha$ .

$$\Delta v = \sqrt{(v'_y - v_y)^2 + (v'_x - v_x)^2} = v_y - v'_y = 2v_y = 2\sin\alpha.$$

Значит, сила  $\bar{F}$  имеет только проекцию  $F_y = F$ .

$$\bar{F}\Delta t = 2m_0\sin\alpha; p = \frac{NF}{S}; F = \frac{pS}{N}; N = n \cdot V = nSh = nS \cdot v\Delta t \sin\alpha.$$

$$\frac{pS}{nS \cdot v\Delta t \sin\alpha} = 2m_0v\sin\alpha; p = 2nm_0v^2\sin^2\alpha.$$

**555**  $v = 400 \text{ м/с}$ ;  $n = 2,7 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3} = 2,7 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ ;  $M = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ .

$$p = \frac{1}{3}nm_0v^2 = \frac{1}{3}n \frac{M}{N_A}v^2 = \frac{1}{3} \cdot 2,7 \cdot 10^{25} \cdot \frac{32 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{23}} \cdot 400^2 \text{ м}^2/\text{с}^2 = \\ = \frac{2,7 \cdot 32 \cdot 16}{3 \cdot 6} \cdot 10^3 \text{ Па} \approx 76,8 \cdot 10^3 \text{ Па} = 76,8 \text{ кПа}.$$

**556**  $V = 480 \text{ см}^3 = 480 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ ;  $T = 20^\circ \text{ C} = 293 \text{ К}$ ;

$$p = 2,5 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}; N - ?; p = nKT = \frac{N}{V}KT;$$

$$N = \frac{pV}{KT} = \frac{2,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3}{1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 293 \text{ К}} = \frac{2,5 \cdot 4,8}{1,38 \cdot 2,93} 10^{36} \approx 2,97 \cdot 10^{21}.$$

**557**  $V = 2 \text{ м}^3$ ;  $p = 150 \text{ кПа} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ;  $T = 27^\circ \text{ C} = 300 \text{ К}$ ;  $N - ?$

$$p = nKT = \frac{N}{V}KT; N = \frac{pV}{KT} = \frac{1,5 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 2 \text{ м}^3}{1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 3 \cdot 10^2 \text{ К}} = \frac{10}{1,38} 10^{25} \approx 7,2 \cdot 10^{25}.$$

**558**  $p = 0,0011 \text{ мм рт.ст.} = 0,146 \text{ Па}$ ;  $M = 0,201 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ ;  $V = 1 \text{ м}^3$ ;

$T = 20^\circ \text{ C} = 293 \text{ К}$ ;  $m - ?$

$$pV = \frac{m}{M}RT; m = M \frac{pV}{RT} = 0,201 \cdot \frac{0,146 \cdot 1}{8,31 \cdot 293} \approx 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ кг} = 12 \text{ мг}.$$

**559**  $p = 1,33 \cdot 10^{-10} \text{ Па}$ ;  $V = 10^{-6} \text{ м}^3$ ;  $T = 273 + 48 = 321 \text{ К}$ .

$$pV = \frac{m}{M} RT; \quad N = \frac{m}{\mu} N_A; \quad \frac{m}{M} = \frac{pV}{RT}; \quad N = \frac{pVN_A}{RT};$$

$$N = \frac{1,33 \cdot 10^{10} \cdot 10^{-6} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{8,31 \cdot 321} = 3 \cdot 10^4.$$

$$560 \quad p = 10^{-4} \text{ Па}; \quad N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}; \quad R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}};$$

$$T = 273 + 20 = 293 \text{ К}.$$

$$pV = \frac{m}{M} RT; \quad N = VN_A = \frac{m}{M} N_A; \quad n = \frac{N}{V} = \frac{pVN_A}{RTV} = \frac{pN_A}{RT};$$

$$n = \frac{10^{-4} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{8,31 \cdot 293} = 2,5 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3}.$$

**561** Там очень низкая концентрация молекул воздуха.

**562** Не противоречит, т.к. скорость распространения запахов существенно меньше скорости молекулы из-за соударений молекул.

$$563 \quad T_1 = 0,1 \text{ К}; \quad T_2 = 6000 \text{ К}; \quad v_1, v_2 - ?$$

$$E = \frac{3}{2} KT; \quad E = \frac{mv^2}{2}; \quad mv^2 = 3 KT; \quad v = \sqrt{\frac{3KT}{m}} = \sqrt{\frac{3KT N_A}{M}}.$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{23} \cdot 10^{-1} \cdot 6 \cdot 10^{23}}{4 \cdot 10^{-3}}} \text{ м/с} = 10 \cdot \sqrt{6,21} = 25 \text{ м/с}.$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{23} \cdot 6 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 10^{23}}{4 \cdot 10^{-3}}} \text{ м/с} = 10 \cdot \sqrt{37,3} = 6,1 \cdot 10^3 \text{ м/с} = 6,1 \text{ км/с}.$$

$$564 \quad v = 400 \text{ м/с}; \quad p = 10^5 \text{ Па}; \quad m = 1 \text{ кг}, \quad V - ?$$

$$pV = \frac{m}{M} RT; \quad \frac{m_0 v^2}{2} = \frac{3}{2} KT; \quad m_0 v^2 = 3 KT; \quad \frac{M}{N_A} v^2 = 3 KT; \quad T = \frac{mv^2}{3KN_A};$$

$$pV = \frac{m}{M} RT \cdot \frac{Mv^2}{3KN_A}; \quad V = \frac{mv^2}{3p} = \frac{1 \text{ кг} \cdot 400^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{3 \cdot 10^5 \text{ Па}} \approx 0,53 \text{ м}^3.$$

$$565 \quad M = 0,029 \text{ кг/моль}.$$

$$v = \sqrt{\frac{3KT}{m_0}} + m_0 = \frac{M}{N_A}; \quad \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{m_{02}}{m_{01}}} = \sqrt{\frac{M}{N_A m_{01}}};$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{0,029}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,74 \cdot 10^{-12}}} = 1,6 \cdot 10^{-7}; \quad \frac{v_2}{v_1} = 6 \cdot 10^6;$$

$$566 \quad m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}; \quad T = 20^\circ \text{ C} = 293 \text{ К}; \quad v - ?$$

$$mv^2 = 3 KT;$$

$$v = \sqrt{\frac{3KT}{m}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 2,93 \cdot 10^2 \text{ К}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} = 1,15 \cdot 10^5 \text{ м/с}.$$

$$567 \quad v = 500 \text{ м/с}; \rho = 1,35 \text{ кг/м}^3; p - ?$$

$$p = \frac{1}{3} n m_0 v^2 = \frac{1}{3} \rho v^2 = \frac{1}{3} \cdot 1,35 \text{ кг/м}^3 \cdot 25 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{с}^2 = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

$$568 \quad m = 6 \text{ кг}; V = 5 \text{ м}^3; p = 200 \text{ кПа} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}; v - ?$$

$$p = \frac{1}{3} n m_0 v^2 = \frac{1}{3} \rho v^2 = \frac{1}{3} \frac{m}{V} v^2; v = \sqrt{\frac{3 p V}{m}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 5 \text{ м}^3}{6 \text{ кг}}} = 7,1 \cdot 10^2 \text{ м/с}.$$

569 Молекулы имеют скорости в некотором диапазоне относительно среднеквадратичной, а не строго равны ей.

$$570 \quad \text{Время полета } t. \quad t = \frac{d}{v}; \quad t = \frac{\Delta \varphi}{\omega}; \quad v = \frac{d\omega}{\Delta \varphi}; \quad \omega = 2\pi V; \quad 5,4^\circ \approx 0,1 \text{ рад}.$$

$$v = \frac{2\pi d V}{\Delta \varphi} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,02 \text{ м} \cdot 150 \text{ с}^{-1}}{0,1} = 200 \text{ м/с}.$$

$$571 \quad v_1 = 1840 \text{ м/с}; v_2 = 460 \text{ м/с}; E_1, E_2 - ?$$

$$E_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{M_1 v_1^2}{2 N_A} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \cdot 1,84^2 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 0,56 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}.$$

$$E_2 = \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{M_2 v_2^2}{2 N_A} = \frac{32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \cdot 4,6^2 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 0,56 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}.$$

$$E_1 = E_2.$$

$$572 \quad v = 460 \text{ м/с} = 4,6 \cdot 10^2 \text{ м/с}; m = 5,3 \cdot 10^{-26} \text{ кг}; M = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; p = 10^5 \text{ Па}; T = 293 \text{ К}; V = 1 \text{ м}^3; E_1, E_2 - ?$$

$$E_1 = \frac{m v_1^2}{2} = \frac{M_1 v_1^2}{2} = \frac{5,3 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \cdot 4,6^2 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2} = 5,6 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}.$$

$$pV = \frac{N m}{M} R T; \quad N = \frac{p V M}{m R T};$$

$$E_2 = N E_1 =$$

$$= \frac{p V M}{m R T} \frac{m v^2}{2} = \frac{p V M v^2}{2 R T} = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 1 \text{ м}^3 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \cdot 4,62 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 2,93 \cdot 10^2 \text{ К}} =$$

$$= 1,4 \cdot 10^4 \text{ Дж}.$$

$$E_0 = \frac{3}{2} K T = \frac{m v^2}{2} = \frac{5,3 \cdot 10^{-26} \cdot 460^2}{2} = 5,6 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}.$$

$$E = N E_0 \quad N = \frac{m}{M} N_A = \frac{p V}{R T} N_A; \quad E = \frac{p V N_A}{R T} =$$

$$= \frac{10^5 \cdot 1 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 5,6 \cdot 10^{-21}}{8,31 \cdot (273 + 20)} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж}.$$

$$573 \quad T = 290 \text{ К}; p = 0,8 \text{ Мпа}; E - ? n - ?$$

$$E = \frac{3}{2} RT \quad E = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 2,9 \cdot 10^2 \text{ К} = 6 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}.$$

$$p = nkT; \quad n = \frac{p}{kT} = \frac{0,8 \cdot 10^5 \text{ Па}}{1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 2,9 \cdot 10^2 \text{ К}} = 2 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}.$$

$$574 \quad V = 10 \text{ л} = 10^{-2} \text{ м}^3; \quad T = 27^\circ \text{ C} = 300 \text{ К}; \quad \Delta p = 4,2 \text{ кПа} = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Па};$$

$$\Delta N - ?$$

$$pV = \nu RT; \quad (p - \Delta p)V = (V - \Delta V) RT; \quad \Delta p = \Delta \nu RT; \quad \Delta \nu = \frac{\Delta p}{RT};$$

$$\Delta N = N_A \Delta \nu = \frac{\Delta p N_A}{RT} = \frac{\Delta p}{RT} = \frac{4,2 \cdot 10^3 \text{ Па}}{1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 3 \cdot 10^2 \text{ К}} = 10^{24}.$$

$$575 \quad \Delta T = 150 \text{ К}; \quad v_1 = 400 \text{ м/с}; \quad v_2 = 500 \text{ м/с}; \quad v = 600 \text{ м/с}; \quad \Delta T' - ?$$

$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \frac{3}{2} K \Delta T; \quad m = \frac{3K \Delta T}{v_2^2 - v_1^2}; \quad \frac{mv_3^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = \frac{3}{2} K \Delta T';$$

$$m(v_3^2 - v_2^2) = 3K \Delta T'; \quad 3K \Delta T = \frac{v_3^2 - v_2^2}{v_2^2 - v_1^2} = 3K \Delta T';$$

$$\Delta T' = \frac{v_3^2 - v_2^2}{v_2^2 - v_1^2} \Delta T = 150 \frac{600^2 - 500^2}{500^2 - 400^2} \text{ К} = 150 \frac{36 - 25}{25 - 16} \text{ К} = \frac{11}{9} \cdot 150 \text{ К} = 183 \text{ К}$$

$$576 \quad \frac{m_{N_2}}{m_{H_2}} = \frac{M_{N_2}}{M_{H_2}} = \frac{28}{2} = 14; \quad E_{H_2} = E_{N_2}; \quad \frac{m_{H_2} V^2_{H_2}}{2} = \frac{m_{N_2} V^2_{N_2}}{2};$$

$$\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \sqrt{\frac{m_{N_2}}{m_{H_2}}} = \sqrt{14} = 3,7; \quad P_{H_2} = \frac{2}{3} n E_{H_2}; \quad P_{N_2} = \frac{2}{3} n E_{N_2}; \quad P_{H_2} = P_{N_2}.$$

$$577 \quad \frac{N_{O_2}}{N_{H_2}} = \frac{\frac{m}{N_{O_2}}}{\frac{m}{M_{H_2}}} = \frac{M_{H_2}}{M_{O_2}} = \frac{2}{32} = \frac{1}{16}; \quad E_{O_2} = E_{H_2};$$

$$\frac{m_{O_2} V^2_{O_2}}{2} = \frac{m_{H_2} V^2_{H_2}}{2}; \quad \frac{V_{O_2}}{V_{H_2}} = \sqrt{\frac{m_{H_2}}{m_{O_2}}} = \sqrt{\frac{1}{16}} = \frac{1}{4};$$

$$P_{H_2} = \frac{2}{3} n_{H_2}; \quad E_{H_2} = \frac{2}{3} \frac{N_{H_2}}{V} E_{H_2};$$

$$P_{O_2} = \frac{2}{3} n_{O_2}; \quad E_{O_2} = \frac{2}{3} \frac{N_{O_2}}{V} E_{O_2}; \quad \frac{P_{H_2}}{P_{O_2}} = \frac{N_{H_2}}{N_{O_2}} = 16.$$

$$578 \quad m_0 = \frac{M}{N_A}; \quad E_0 = \frac{3}{2} KT = \frac{m_0 v^2}{2};$$

$$p = \frac{2}{3} nE = nKT = n \frac{m_0 v^2}{2}; \quad n = \frac{3p}{m_0 v^2}$$

$$\alpha = 1,9 \cdot 10^{-10} \text{ м (из таблицы)}$$

$$l = \frac{1}{n\pi d^2 \sqrt{2}} = \frac{m_0 v^2}{3p\pi d^2 \sqrt{2}} = \frac{Mv^2}{3N_A p\pi d^2 \sqrt{2}} =$$

$$= \frac{0,04 \cdot 4,142}{3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 10^5 \cdot 3,14 \cdot (1,9 \cdot 10^{-10})^2 \cdot \sqrt{2}} = 2,4 \cdot 10^{-7} \text{ м};$$

$$V = \frac{v}{l} = \frac{4,14}{2,14 \cdot 10^{-7}} = 1,73 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1};$$

$$579 \quad p = nKT; \quad n = \frac{p}{KT};$$

$$l = \frac{1}{n\pi d^2 \sqrt{2}} = \frac{KT}{p\pi d^2 \sqrt{2}} = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} (273 + 20)}{10^5 \cdot 3,14 (3 \cdot 10^{-8})^2 \cdot \sqrt{2}} = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$$

$$580 \quad 10^{-3} \text{ мм рт.ст.} = 0,133 \text{ Па}.$$

$$l = \frac{1}{n\pi d^2 \sqrt{2}} = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} (273 + 0)}{0,33 \cdot 3,14 (3 \cdot 10^{-10})^2 \cdot \sqrt{2}} = 7,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

$$581 \quad D - \text{ диаметр сосуда. } l \geq 0.$$

$$l = \frac{1}{n\pi d^2 \sqrt{2}}; \quad n = \frac{1}{l\pi d^2 \sqrt{2}} = \frac{1}{D\pi d^2 \sqrt{2}} =$$

$$= \frac{1}{0,2 \cdot 3,14 \cdot (3 \cdot 10^{-10})^2 \cdot \sqrt{2}} = 1,3 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}.$$

$$582 \quad \text{Пусть } x - \text{ кол-во столкновений.}$$

$$x = \frac{VN}{2} \quad \text{множитель } \frac{1}{2}, \text{ т.к. в столкновении участвуют две молекулы.}$$

$$V = \frac{v}{l}; \quad v \sqrt{\frac{3KT}{m_0}} l = \frac{1}{n\pi d^2 \sqrt{2}}; \quad n = \frac{p}{KT}; \quad V = \sqrt{\frac{3KT}{m_0}} \frac{p\pi d^2 \sqrt{2}}{KT} =$$

$$= \frac{\sqrt{6} p\pi d^2}{\sqrt{m_0} KT}; \quad N = \frac{m}{M} N_A = \frac{pVN_A}{RT};$$

$$m_0 = \frac{M}{N_A}; \Rightarrow x = \frac{\sqrt{6}}{2} \frac{p^2 VN_A \pi d^2}{RT} \sqrt{\frac{N_A}{MKT}} =$$



$$= \frac{\sqrt{6}}{2} \frac{1,32 \cdot 0,00253 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 3,14 \cdot (3 \cdot 10^{-10})^2}{8,31 \cdot 400} \sqrt{\frac{6,02 \cdot 10^{23}}{0,044 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 400}} =$$

$$= 1,33 \cdot 10^{22} \text{ с}^{-1}.$$

**583** Пусть  $x$  – среднее расстояние,  $x^3 = V_0$  – объем занимаемый одной молекулой  $\Rightarrow Nx^3 = V$   $x^3 = \frac{V}{N} = \frac{1}{n}$ ;  $x = \frac{1}{\sqrt[3]{n}}$ ;  $l = \frac{1}{n\pi d^2 \sqrt{2}}$ ;

$$\frac{x}{l} - ? \quad \frac{x}{l} = \frac{n\pi d^2 \sqrt{2}}{\sqrt[3]{n}} = n^{\frac{2}{3}} \pi d^2 \sqrt{2}; \quad n = \frac{N}{V} = \frac{mN_A}{MV}; \quad M = 0,002 \text{ кг/моль} -$$

$$\text{водород, } \frac{x}{l} = \left( \sqrt[3]{\frac{mN_A}{MV}} \right)^2 \pi d^2 \sqrt{2}.$$

**584** На больших высотах, т.к. там концентрация молекул меньше, а значит силы взаимного притяжения и отталкивания меньше.

**585**  $p = 830 \text{ кПа}$ ;  $V = 20 \text{ л} = 0,02 \text{ м}^3$ ;  $T = 17^\circ \text{C} = 290 \text{ К}$ ;  $M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Кг/моль}$

$$pV = \frac{m}{M} RT;$$

$$m = \frac{pVM}{RT} = \frac{8,3 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 2,9 \cdot 10^2 \text{ К}} = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ кг} = 14 \text{ г}.$$

**586**  $p = 10^5 \text{ Па}$ ;  $T = 20^\circ \text{C} = 293 \text{ К}$ ;  $V = 100 \text{ л} = 0,1 \text{ м}^3$ ;  $\nu - ? \text{ Н} - ?$

$$pV = \nu RT; \quad \nu = \frac{pV}{RT} = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-1} \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 2,93 \cdot 10^2 \text{ К}} = 4,1 \text{ моль}.$$

$$N = N_A \nu = 4,1 \text{ моль} \cdot 6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} = 24,6 \cdot 10^{23}.$$

**587**  $M = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ;  $m = 2 \text{ г} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ ;  $V = 830 \text{ см}^3 = 8,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3$ ;  $p = 0,2 \text{ МПа} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ;  $T - ?$

$$pV = \frac{m}{M} RT; \quad T = \frac{pVM}{Rm} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 8,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \cdot 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}} = 280 \text{ К}$$

**588**  $T_2 = 367^\circ \text{C} = 640 \text{ К}$ ;  $T_1 = 47^\circ \text{C} = 320 \text{ К}$ ;  $V_1 = 1,8 \text{ л} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $V_2 = 0,3 \text{ л} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ ;  $p_1 = 10^5 \text{ Па}$ ;  $p_2 - ?$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2};$$

$$p_2 = p_1 \frac{V_1}{V_2} \frac{T_2}{T_1} = 10^5 \text{ Па} \frac{1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} \cdot \frac{640 \text{ К}}{320 \text{ К}} = 1,2 \cdot 10^6 \text{ Па} = 1,2 \text{ МПа}.$$

**589**  $V = 40 \text{ л} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $m = 1,98 \text{ кг}$ ;  $M = 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}$ ;

$$p = 30 \cdot 10^5 \text{ Н/м} = 3 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2; T - ?$$

$$pV = \frac{m}{M} RT;$$

$$T = \frac{pVM}{Rm} = \frac{3 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 \cdot 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ кг} / \text{моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 1,98 \text{ кг}} = 3,2 \cdot 10^2 \text{ К} = 320 \text{ К}.$$

**590**  $m = 16\text{г} = 1,6 \cdot 10^2 \text{ кг}$ ;  $p = 1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па}$ ;  $T = 112^\circ \text{ C} = 385 \text{ К}$ ;  
 $V = 1,6 \text{ л} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $M - ?$

$$pV = \frac{m}{M} RT; \quad M = \frac{mRT}{pV} = \frac{1,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 3,85 \cdot 10^2 \text{ К}}{10^6 \text{ Па} \cdot 1,6 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль. Это кислород } O_2.$$

**591**  $p_1 = 500 \text{ кПа}$ ;  $\alpha = \frac{4}{5}$ ;  $p_2 - ?$

$$p_1 = \frac{m}{M} RT; \quad p_2 = \frac{(1-\alpha)m}{M} RT; \quad p_2 = (1 - \alpha) p_1 = 100 \text{ кПа}.$$

**592**  $V = 200 \text{ л} = 2 \cdot 10^{-1} \text{ м}^3$ ;  $p_1 = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па}$ ;  $T_1 = 17^\circ \text{ C} = 290 \text{ К}$ ;

$$T = 4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}; \quad p_2 = 300 \text{ кПа} = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}; \quad T = 47^\circ \text{ C} = 320 \text{ К}; \quad \Delta m - ?$$

$$p, V = \frac{m}{M} RT_1; \quad \frac{mR}{MV} = \frac{p_1}{T_1}; \quad p_2 V = \frac{m + \Delta m}{M} RT_2;$$

$$\frac{p_2}{T_2} = \left( \frac{mR}{MV} + \frac{\Delta m R}{MV} \right); \quad \frac{p_2}{T_2} = \frac{p_1}{T_1} + \frac{\Delta m R}{MV}; \quad \Delta m = \left( \frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right) \frac{MV}{R};$$

$$\Delta m = \left( \frac{3 \cdot 10^5 \text{ Па}}{3,2 \cdot 10^2 \text{ К}} - \frac{10^5 \text{ Па}}{2,9 \cdot 10^2 \text{ К}} \right) \frac{4 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{моль} \cdot 2 \cdot 10^{-1} \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}} =$$

$$= 56,64 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \approx 57 \text{ г}.$$

**593**  $M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ;  $V = 10 \text{ л} = 10^{-2} \text{ м}^3$ ;  $T_1 = 7^\circ \text{ C} = 280 \text{ К}$ ;  $T_2 = 17^\circ \text{ C} = 290 \text{ К}$ ;  $p = 500 \text{ атм} = 5 \cdot 10^6 \text{ Па}$ ;  $\Delta m - ?$

$$pV = \frac{m_1}{M} RT_1; \quad m_1 = \frac{pVH}{RT_1}; \quad pV = \frac{m_2}{M} RT_2; \quad m_2 = \frac{pVH}{RT_2};$$

$$\Delta m = \frac{pVM}{R} = \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) = \frac{5 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}} \times$$

$$\times \left( \frac{10-2}{2,8 \text{ К}} - \frac{10-2}{2,9 \text{ К}} \right) = 10 - 2 \cdot 2 \left( \frac{6}{28} - \frac{6}{29} \right) \text{ кг} = 2 \cdot (2,14 - 2,07) \text{ кг} = 10^{-2} = 1,5 \text{ г}.$$

**594**  $p_1 = 400 \text{ Па}$ ;  $T_1 = 200 \text{ К}$ ;  $T_2 = 10^4 \text{ К}$ ;  $p_2 - ?$   
 $p_1 = nKT_1$ ;  $p_2 = 2nKT_2$ ;

$$p_2 = 2p_1 \frac{T_2}{T_1} = 2 \cdot 4 \cdot 10^2 \text{ Па} \cdot \frac{10^4 \text{ К}}{2 \cdot 10^2 \text{ К}} = 4 \cdot 10^4 \text{ Па} = 40 \text{ кПа}.$$

**595**  $T = 27^\circ \text{ C} = 300 \text{ К}$ ;  $p = 200 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па}$ ;  $M = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ;  $\rho - ?$

$$pV = \frac{m}{M} RT; \quad p = \frac{\rho}{M} RT; \quad \rho = \frac{pM}{RT} = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 3 \cdot 10^2 \text{ К}} = 1,1 \text{ кг}.$$

**596**  $n_1 = 2,7 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ ;  $T_1 = 293 \text{ К}$ ;  $p_1 = 10^5 \text{ Па}$ ;  $T_2 = 91^\circ \text{ C} = 364 \text{ К}$ ;

$p_2 = 800 \text{ кПа} = 8 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ;  $\rho_2 = 5,4 \text{ кг/м}^3$ ;  $m_0 - ?$

$p_2 = n_2 k T_2$ ;  $m_0 p_2 = \rho_2 k T_2$ ;

$$m_0 = \frac{\rho_2 k T_2}{p_2} = \frac{5,4 \text{ кг} / \text{м}^3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} / \text{К} \cdot 364 \text{ К}}{8 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 3,4 \cdot 10^{-26} \text{ кг}.$$

Примечание: Плотность газов не бывает  $5,4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

**597**  $m_1 = 7 \text{ г} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ ;  $T_1 = 27^\circ \text{ C} = 300 \text{ К}$ ;  $p_1 = 50 \text{ кПа}$ ;  $M_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ;

$T_2 = 60^\circ \text{ C} = 333 \text{ К}$ ;  $p_2 = 444 \text{ кПа} = 4,44 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ;  $m_2 = 4 \text{ г} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ ;

$M_1 - ?$

$$p_1 V = \frac{m_1}{M_1} RT_1; \quad \frac{p}{V} = \frac{p_1 M_1}{m_1 T_1}; \quad p_2 V = \frac{m_2}{M_2} RT_2; \quad \frac{p_2 M_2}{m_2 T_2} = \frac{p_1 M_1}{m_1 T_1};$$

$$M_1 = \frac{p_2 m_1 T_1}{p_1 m_2 T_2} M_2 = \frac{4,44 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 7 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 3 \cdot 10^2 \text{ К}}{5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 3,33 \cdot 10^2 \text{ К}} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}.$$

**598**  $\Delta p = \rho g \Delta h$ ;  $\Delta h = \frac{\Delta p}{\rho g}$ ;

$$p_{\kappa} = \frac{m}{M} \frac{RT}{V} = \frac{1,28 \cdot 10^{-2} \cdot 8,31 \cdot (273 + 27)}{0,032 \cdot 0,01} = 0,997 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

$p_{\text{ат}} = 10^5 \text{ Па}.$

$\Delta p = 10^5 - 0,997 \cdot 10^5 = 300 \text{ Па}; \quad \Delta h = \frac{300}{9,8 \cdot 1000} \approx 0,3 \text{ см}.$

**599**  $V = 5 \text{ л} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $M = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$ ;  $p = 0,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$ ;  $p_A = 10^5 \text{ Па}$ ;

$T = 400 \text{ К}$ ;  $v$ ,  $m$ ,  $n - ?$

$(p + p_A)V = \nu RT$ ;

$$\nu = \frac{(p + p_A)V}{RT} = \frac{1,5 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 4 \cdot 10^2 \text{ К}} = 0,226 \text{ моль}.$$

$m = \nu M = 0,226 \text{ моль} \cdot 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль} \approx 6,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг}.$

$$N = \frac{N}{V} = \frac{\nu N_A}{V} = \frac{0,226 \text{ моль} \cdot 6 \cdot 10^{23}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} \approx 2,7 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}.$$

**600**  $m_1 = 1 \text{ кг}$ ;  $M_1 = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}$ ;  $T_B = 350^\circ \text{ C} = 623 \text{ К}$ ;

$$M_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; T = 20^\circ \text{ C} = 293 \text{ K}; \alpha = 5; m_2 - ?$$

$$pV = \frac{m_1}{M_1} RT_6; \quad \frac{1}{\alpha} pV = \frac{m_2}{M_2} RT; \quad \frac{1}{\alpha} \frac{m_1}{M_1} T_6 = \frac{m_2}{M_2} T;$$

$$m_2 = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{M_2}{M_1} \cdot \frac{T_6}{T} \cdot m_1 = \frac{1}{5} \cdot \frac{623 \text{ K}}{293 \text{ K}} \cdot \frac{2}{28} \cdot 1 \text{ кг} = 30 \text{ г}.$$

$$\mathbf{601} \quad p = 700 \text{ мм рт.ст.} = 9,31 \cdot 10^4 \text{ Па}; m_1 = 4 \text{ г} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг};$$

$$M_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; m_2 = 32 \text{ г} = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг}; M_2 = 3,2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}};$$

$$T = 7^\circ \text{C} = 280 \text{ K}; \rho - ?$$

$$p_1 V = \frac{m_1}{M_1} RT; \quad p_2 V = \frac{m_2}{M_2} RT; \quad p_1 + p_2 = p;$$

$$V = \frac{m_1 RT}{M_1 p_1}; \quad p_2 \frac{m_1 RT}{M_1 p_1} = \frac{m_2}{M_2} RT; \quad p_2 = \frac{m_2}{m_1} \frac{M_1}{M_2} p_1; \quad p_1 + \frac{m_2}{m_1} \frac{M_1}{M_2} p_1 = p;$$

$$p_1 = \frac{p}{1 + \frac{m_1}{m_2} \frac{M_1}{M_2}}; \quad p_2 = \frac{m_2}{m_1} \frac{M_1}{M_2} p_1 = \frac{p}{1 + \frac{m_1}{m_2} \frac{M_1}{M_2}};$$

$$V = \frac{m_1 RT}{M_1 p_1} = \frac{m_1 RT}{M_1} \cdot \frac{1 + \frac{m_2}{m_1} \frac{M_1}{M_2}}{p} = \frac{RT}{p} \left( \frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right)$$

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{V} = \frac{p(m_1 + m_2)}{RT \left( \frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right)} =$$

$$= \frac{9,31 \cdot 10^4 \text{ Па} (3,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг} + 0,4 \cdot 10^{-2} \text{ кг})}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 2,8 \cdot 10^2 \text{ К} \left( \frac{4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}} + \frac{3,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг}}{3,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}} \right)} = 0,48 \text{ кг/м}^3.$$

$$\mathbf{602} \quad V_1 = 1,64 \text{ л} = 1,64 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3; m = 12 \text{ г}; T_1 = 20^\circ \text{ C} = 293 \text{ K};$$

$$p_1 = 5,86 \cdot 10^5 \text{ Па}; V_2 = 30 \text{ л} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3; T_2 = 360 \text{ K}; p_2 - ?$$

$$p_{O_2} V_1 = \frac{m_{O_2}}{M_{O_1}} RT; \quad p_{N_2} V_1 = \frac{m_{N_2}}{M_{N_1}} RT; \quad V_1 = \frac{m_{O_2} RT_1}{M_{O_2} p_{O_2}};$$

$$m_{O_2} + m_{N_2} = m; \quad p_{O_2} + p_{N_2} = p_1; \quad p_{N_2} = \frac{m_{O_2}}{M_{O_2}} = p_{O_2} \frac{m_{N_2}}{M_{N_2}};$$

$$p_{N_2} + p_{N_2} \frac{m_{N_2}}{M_{N_2}} \frac{M_{O_2}}{m_{O_2}} = p_1; \quad p_{O_2} = p_{N_2} \frac{m_{N_2}}{M_{N_2}} \frac{M_{O_2}}{m_{O_2}};$$

$$P_{N_2} = \frac{p_1}{1 + \frac{m_{N_2}}{M_{N_2}} \frac{M_{O_2}}{m_{O_2}}} ; \quad m_{O_2} = m - m_{N_2};$$

$$P_{N_2} = \frac{p_1}{1 + \frac{m_{N_2}}{M_{N_2}} \frac{M_{O_2}}{m - m_{N_2}}} = \frac{p_1 M_{N_2} (m - m_{N_2})}{M_{N_2} (m - m_{N_2}) + M_{O_2} m_{N_2}};$$

$$P_1 V_1 \frac{M_{N_2} (m - m_{N_2})}{M_{N_2} (m - m_{N_2}) + M_{O_2} m_{N_2}} = \frac{m_{N_2}}{M_{N_2}} RT_1;$$

$$p_1 V_1 M_{N_2}^2 m - p_1 V_1 M_{N_2}^2 m_{N_2} = M_{N_2} m RT_1 m_{N_2} - M_{N_2} m_{N_2}^2 RT + M_{O_2} m_{N_2}^2 RT_1;$$

$$RT_1 (M_{O_2} - M_{N_2}) m_{N_2}^2 + (M_{N_2} m RT_1 + p_1 V_2 M_{N_2}^2) m_{N_2} - p_1 V_1 H_{N_2}^2 m = 0;$$

$$D = (M_{N_2} m RT_1 + p_1 V_1 M_{N_2})^2 + 4 RT_1 (M_{O_2} - M_{N_2}) p_1 V_1 M_{N_2}^2 m.$$

$$\text{Найдем } M \text{ смеси } pV = \frac{m}{M} RT ;$$

$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{0,012 \cdot 8,31(273 + 29)}{5,86 \cdot 10^5 \cdot 1,64 \cdot 10^{-3}} = 0,0304 \text{ кг} / \text{ моль}.$$

$$\frac{m_{\kappa}}{M_{\kappa}} + \frac{m_a}{M_a} = \frac{m}{M}; \quad M_{\kappa} = 0,032 \quad M_a = 0,028$$

$$m_a = m - m_{\kappa}; \quad m = 0,012;$$

$$\frac{0,12 - m_a}{0,032} + \frac{m_a}{0,028} = \frac{0,012}{0,0304};$$

$$4,46 m_a = 0,0197; \quad m_a = 4,4 \cdot 10^{-3};$$

Во втором баллоне только азот.

$$p = \frac{m_a RT_1}{M_a V_1} = \frac{4,4 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 360}{0,028 \cdot 3 \cdot 10^{-2}} = 1,56 \cdot 10^4 \text{ Па}.$$

$$\mathbf{603} \quad l = 85 \text{ см} = 0,85 \text{ м}; \quad M_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; \quad M_2 = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; \quad x - ?$$

$$pV_1 = \frac{m}{M_1} RT; \quad pV_2 = \frac{m}{M_2} RT; \quad V_1 + V_2 = lS;$$

$$V_1 = xS, \quad V_2 = S(l - x);$$

$$\left\{ \begin{array}{l} p x S = \frac{m}{M_1} RT \\ p(l - x) S = \frac{m}{M_2} RT \end{array} \right. \quad p l S = \left( \frac{m}{M_1} + \frac{m}{M_2} \right) RT$$

$$\frac{pS}{RT} = \frac{1}{l} \left( \frac{m}{M_1} + \frac{m}{M_2} \right)$$

$$\frac{pS}{RT} = \frac{1}{x} \frac{m}{M_1}; \quad \frac{m}{l} \left( \frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right) = \frac{m}{x} \frac{1}{M_1}; \quad \frac{1}{l} \left( \frac{M_1 + M_2}{M_1 M_2} \right) = \frac{1}{x} \frac{1}{M_1};$$

$$\frac{1}{l} \left( \frac{M_1 + M_2}{M_2} \right) = \frac{1}{x}; \quad x = \frac{M_2}{M_1 + M_2} l = \frac{32}{34} \cdot 85 \text{ см} = 80 \text{ см}.$$

$$\mathbf{604} \quad V = 40 \text{ л} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3; p = 15 \text{ МПа} = 1,5 \cdot 10^7 \text{ Па}; h = 20 \text{ м}; V' - ?$$

$$pV = \nu RT; \quad (p_A + \rho gh V') = \nu RT; \quad \frac{pV}{\rho gh V'} = 1;$$

$$V' = \frac{pV}{\rho gh + p_A} = \frac{1,5 \cdot 10^7 \text{ Па} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3}{10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 20 \text{ м} + 10^5 \text{ Па}} = 2 \text{ м}^3.$$

$$\mathbf{605} \quad V = 100 \text{ л} = 0,1 \text{ м}^3; m_1 = 2 \text{ г} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; M_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; \\ v_2 = 1 \text{ моль}; T = 127^\circ \text{ C} = 400 \text{ К}; p_1, p_2 - ?$$

$$p_{N2} \frac{V}{2} = \nu RT; \quad p_{N2} = \frac{2\nu RT}{V}; \quad p_{N2} V = \frac{m_1}{M_1} RT; \quad p_{N2} = \frac{m_1 RT}{M_1 V};$$

$$p_1 = p_{H2}; \quad p_2 = p_{H2} + p_{N2};$$

$$p_1 = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 4 \cdot 10^2 \text{ К}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \cdot 10^{-1} \text{ м}^3} \approx 33,2 \text{ кПа};$$

$$p_{N2} = \frac{2 \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 4 \cdot 10^2 \text{ К}}{10^{-1} \text{ м}^3} \approx 66,5 \text{ кПа};$$

$$p_2 = 99,7 \text{ кПа}.$$

$$\mathbf{606} \quad V = 200 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3; m_1 = 2 \text{ мг} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ кг}; m_2 = 4 \text{ мг} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ кг}; \\ T = 27^\circ \text{ C} = 300 \text{ К}; p_1, p_2 - ?$$

$$p_2 V = \frac{m_2}{M_2} RT;$$

$$p_2 = \frac{m_2 RT}{M_2 V} = \frac{4 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 3 \cdot 10^2 \text{ К}}{4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3} = 1,2 \cdot 10^4 \text{ Па} = 12 \text{ кПа};$$

$$p' = \frac{2m_1 RT}{m_1 V} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 3 \cdot 10^2 \text{ К}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3} = 25 \cdot 10^3 \text{ Па} =$$

$$= 25 \cdot 10^3 \text{ Па} = 25 \text{ кПа};$$

$$p_1 = p_2 + p' = 37 \text{ кПа}.$$

$$\mathbf{607} \quad h = 24 \text{ см} = 0,24 \text{ м}; l = 1 \text{ м}; T_0 = 293 \text{ К}; p_A = 10^5 \text{ Па}; \Delta h = 6 \text{ см}; \\ T_1, T_2 - ?$$

$$p_0 h S = \nu R T_0; \quad \frac{p_0 h}{T_0} = \frac{\partial R}{S};$$

$$p_0 = p_A + \rho g(l - h) = 10^5 \text{ Па} + 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 2,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,76 \approx 2,01 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$(p_A + \rho g(l-h))hS = \nu RT_0; p_1(h+\Delta h)S = \nu RT_1; p_1 = p_A + \rho g(l-h-\Delta h) = \\ = p_0 - \rho g\Delta h; (p_0 - \rho g\Delta h)(h+\Delta h)S = \nu RT_1; (p_0 - \rho g\Delta h)(h+\Delta h)S = \frac{\nu R}{S} \cdot T_1; ;$$

$$(p_0 - \rho g\Delta h)(h+\Delta h)S = p_0 h \frac{T_1}{T_0}; ;$$

$$T_1 = \frac{(p_0 - \rho g\Delta h)(h+\Delta h)}{p_0 h} T_0 = \\ = \frac{(2 \cdot 10^5 \text{ Па} - 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,06 \text{ м}) \cdot 0,3 \text{ м}}{2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0,24 \text{ м}} \cdot 273 \text{ К} \approx 327 \text{ К}.$$

$$p_2 = p_A; p_2 l S = \nu RT_2; \frac{p_2 l}{T_2} = \frac{\nu R}{S}; \frac{p_2 l}{T_2} = \frac{p_0 h}{T_0};$$

$$T_2 = \frac{p_2 l}{p_0 h} T_0 = \frac{105 \text{ Па} \cdot 1 \text{ м}}{2 \cdot 105 \text{ Па} \cdot 0,24 \text{ м}} 273 = 568 \text{ К}.$$

$$\mathbf{608} \quad p_1 n S = \nu RT_1; p_1 = p_0 + \rho gh; p_2(hS_1 - \frac{hS}{2}) = \nu RT_2; p_2 = p_0 + \rho g \frac{h}{2};$$

$$\frac{2(p_0 + \rho gh)}{2p_0 + \rho gh} \cdot \frac{hS}{hS - \frac{hS}{2}} = \frac{T_1}{T_2}; \frac{T_1}{T_2} = \frac{4(p_0 + \rho gh)}{2p_0 + \rho gh};$$

$$\mathbf{609} \quad p_0 L S = \nu RT_0; p \frac{LS}{3} = \nu RT; p = p_0 + \rho g \frac{L}{3}; \frac{9p_0}{3p_0 + \rho gL} = \frac{T_0}{T};$$

$$T_0 = \frac{9p_0}{3p_0 + \rho gL} T;$$

$$\mathbf{610} \quad p(h) = p_0 + \rho gh; p(h)V(h) = \nu RT; V = \frac{4}{3}\pi r^3;$$

$$(p_0 + \rho gh)V(h) = (p_0 + \rho gh)V_0; V(h) = \frac{p_0 + \rho gH}{p_0 + \rho gh} V_0;$$

$$\frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{p_0 + \rho gH}{p_0 + \rho gh} V_0; r = \sqrt[3]{\frac{3(p_0 + \rho gH)}{4\pi(p_0 + \rho gh)}} V_0;$$

$$\mathbf{611} \quad r = 2 \text{ см} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}; T = 20^\circ \text{ C} = 293 \text{ К}; p_0 = 10^5 \text{ Па}; T_1 = 4^\circ \text{ C} = 277 \text{ К}; h = 20 \text{ м}.$$

$$\frac{4}{3}\pi p_0 r^3 = \nu RT; \frac{4}{3}\pi r_1^3 (p_0 + \rho gh) = \nu RT_1; \frac{r^3}{r_1^3} \frac{p_0}{p_0 + \rho gh} = \frac{T}{T_1};$$

$$r_1 = \sqrt[3]{\frac{T_1}{T} \frac{p_0}{p_0 + \rho gh}} r = \sqrt[3]{\frac{277 \text{ К}}{293 \text{ К}} \frac{10^5 \text{ Па}}{10^5 \text{ Па} + 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с} \cdot 20 \text{ м}}} \cdot 2 \text{ см} = 1,36 \text{ см}.$$

$$\mathbf{612} \quad D = 10 \text{ м}; m = 10 \text{ кг}; T_1 = 27^\circ \text{ C} = 300 \text{ К}; p = 735 \text{ мм рт.ст.} = 10^5 \text{ Па};$$

$\Delta T$  - ?

$$V = \frac{\pi D}{6}; \quad pV = \frac{m}{M} RT_1; \quad \rho_1 = \frac{pM}{RT_1}; \quad \rho_2 = \frac{pM}{RT_2};$$

$$mg = (\rho_1 - \rho_2)g \frac{\pi D^3}{6}; \quad m = \frac{pM}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \frac{\pi D^3}{6};$$

$$\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} = \frac{6mR}{\pi D^3 Mp}; \quad \frac{1}{T_2} = \frac{1}{T_1} = \frac{6mR}{\pi D^3 Mp};$$

$$T_2 = \left( \frac{1}{\pi} - \frac{6mR}{\pi DMR} \right)^{-1} = \left( \frac{1}{300K} - \frac{6 \cdot 10 \kappa\text{г} \cdot 8,31 \text{ Дж} / (K \cdot \text{моль})}{3,14 \cdot 10^3 \text{ м}^3 \cdot 29 \cdot 10^{-3} \frac{\kappa\text{г}}{\text{моль}} \cdot 10^5 \text{ Па}} \right)^{-1} =$$

= 305 K.

**613**  $\alpha = 1 \text{ кг/м}^2$ ;  $M_1 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ;  $M_2 = 29 \cdot 10^{-10} \text{ кг/моль}$ ;

$T = 0^\circ \text{ C} = 273 \text{ K}$ ;  $p = 10^5 \text{ Па}$ ;  $r$  - ?

$S = 4\pi r^3$ ;  $mg = (\rho_2 - \rho_1) gV$ ;  $m = (\rho_2 - \rho_1) V$ ;

$\alpha \cdot 4\pi r^2 = (\rho_2 - \rho_1) \frac{4}{3} \pi r^3$ ;  $r = \frac{3\alpha}{\rho_2 - \rho_1}$ ;

$pV = \frac{m_1}{M_1} RT$ ;  $pV = \frac{m_2}{M_2} RT$ ;  $\rho_1 = \frac{pM_1}{RT}$ ;  $\rho_2 = \frac{pM_2}{RT}$ ;

$$r = \frac{3\alpha RT}{p(M_2 - M_1)} = \frac{3 \cdot 1 \frac{\kappa\text{г}}{\text{м}^2} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{K \cdot \text{моль}} \cdot 2,73 \cdot 10^2 K}{10^5 \text{ Па} \cdot (29 - 4) \cdot 10^{-3} \kappa\text{г} / \text{моль}} = 2,72 \text{ м}.$$

**614**  $p_1 = 730 \text{ мм рт.ст.} = 9,71 \cdot 10^4 \text{ Па}$ ;  $T = -15^\circ \text{ C} = 258 \text{ K}$ ;

$p_2 = 710 \text{ мм рт.ст.} = 9,44 \cdot 10^4 \text{ Па}$ ;  $T = -20^\circ \text{ C} = 253 \text{ K}$ ;

$V = 300 \text{ м}^3$ ;  $\Delta m$  - ?

$p_1 V = \frac{m}{M} RT_1$ ;  $\rho_1 = \frac{p_1 M}{RT_1}$ ;  $p_2 V = \frac{m}{M} RT_2$ ;  $\rho_2 = \frac{p_2 M}{RT_2}$ ;

$m_1 = m_0 + \Delta m$ ;  $m_1 = m_2 + \Delta m$ ;  $m_2 = m_0$ ;

$m_2 g = gV\rho_2$ ;  $m_0 = \rho_2 V$ ;

$$\Delta m = (\rho_1 - \rho_2)V = \frac{M}{R} \left( \frac{p_1}{T_1} - \frac{p_2}{T_2} \right) \cdot 300 \text{ м}^3 = \frac{29 \cdot 10^{-3} \kappa\text{г} / \text{моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{K \cdot \text{моль}}} \times$$

$$\times \left( \frac{9,71 \cdot 10^4 \text{ Па}}{2,58 \cdot 10^2 K} - \frac{9,44 \cdot 10^4 \text{ Па}}{2,53 \cdot 10^2 K} \right) \cdot 300 \text{ м}^3 = 3,4 \kappa\text{г}.$$

**615**  $p_0 V_0 = \nu RT$ ;  $(p - p_0)V = \nu \nu RT$ ;  $(p - p_0)V = \nu p_0 V_0$ ;  $p = p_0 \left( 1 + \nu \frac{V_0}{V} \right)$ ;



$$p_0V = \nu_0RT; \nu_0 = \frac{p_0V}{RT}; p_1(V + V_0) = \nu_0RT; p_2(V + V_0) = \nu_1RT;$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_0} = \frac{V}{V + V_0}; \nu_1 = \nu_0 \frac{V}{V + V_0}; \dots \nu_{n-1} = \nu_0 \left( \frac{V}{V + V_0} \right)^{n-1};$$

$$p_n(V + V_0) = \nu_{n-1}RT;$$

$$p_n(V + V_0) = \nu_0 \left( \frac{V}{V + V_0} \right)^{n-1} RT = p_0V \left( \frac{V}{V + V_0} \right)^{n-1}; p_n = p_0 \left( \frac{V}{V + V_0} \right)^n;$$

**617** Воспользуемся решениями задач № 615 и № 616.

$$p_1 = p_0 \left( \frac{V}{V + V_0} \right)^n; p_2 = p_1 + p_0^n \frac{V_0}{V};$$

$$p_2 = p_0 \left\{ \left( \frac{V}{V_0 + V} \right)^n + n \frac{V_0}{V} \right\}; p_0V = \frac{m}{M} RT; p_2V = \frac{m + \Delta m}{M} RT;$$

$$(p_2 + p_0)V = \frac{\Delta m}{M} RT; \frac{p_0VM}{RT} \left\{ \left( \frac{V}{V + V_0} \right)^n + n \frac{V_0}{V} - 1 \right\} = \Delta m.$$

**618**  $V_0 = 40 \text{ см}^3 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ ;  $S = 60 \text{ см}^2 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ ;  $F = 350 \text{ Н}$ ;  
 $V = 2000 \text{ см}^3 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ ;  $n = ?$

$$p_2 = p_0 n \frac{V_0}{V}; F = pS = p_0 S n \frac{V_0}{V};$$

$$n = \frac{FV}{p_0SV_0} = \frac{350 \text{ Н}}{10^5 \text{ Па} \cdot 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2} \cdot \frac{200 \text{ см}^3}{40 \text{ см}^3} \approx 29.$$

**620**  $m = 10 \text{ г} = 10^{-2} \text{ кг}$ ;  $M = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}$ ;  $\Delta T = 50 \text{ К}$ ;  
 $S = 100 \text{ см}^2 = 10^{-2} \text{ м}^2$ ;  $h = 7 \text{ см} = 7 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ;  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ ;  $m' = ?$

$$pS = p_0S + m'g; p = p_0 + \frac{m'g}{S}, \text{ значит } p \text{ постоянно.}$$

$$phS = \frac{m}{M} R\Delta T; p_0hS + m'gh = \frac{m}{M} R\Delta T;$$

$$m' = \frac{mR\Delta T - Mp_0Sh}{Mgh} = \frac{10^{-2} \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 5 \cdot 10 \text{ К}}{3,2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 7 \cdot 10^{-2} \text{ м}} -$$

$$\frac{32 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \cdot 7 \cdot 10 \text{ м}^2}{3,2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 7 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 85 \text{ кг}.$$

**621**  $S = 100 \text{ см}^2 = 10^{-2} \text{ м}^2$ ;  $m = 28 \text{ г} = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ ;  $M = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ;  
 $T_1 = 100^\circ \text{ C} = 373 \text{ К}$ ;  $m' = 50 \text{ кг}$ ;  $T_2 = 0^\circ \text{ C} = 273 \text{ К}$ ;  $h = ?$

$$pS = p_0S + m'g; \quad p = p_0 + \frac{m'g}{S}, \text{ значит } p \text{ постоянно.}$$

$$\frac{H+h}{H} = \frac{T_1}{T_2}; \quad 1 + \frac{h}{H} = \frac{T_1}{T_2}; \quad h = H \left( \frac{T_1}{T_2} - 1 \right)$$

$$phS = \frac{m}{M} RT_2; \quad H = \frac{mRT_2}{MSp} = \frac{MRT_2}{MS(p_0 - m'g)};$$

$$h = \frac{mRT_2}{MS(p_0 - \frac{m'g}{S})} \left( \frac{T_1}{T_2} - 1 \right) =$$

$$= \frac{28 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 273 \text{ К}}{50 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \left( 10^5 \text{ Па} - \frac{c^2}{10^{-2} \text{ м}^2} \right)} \cdot \left( \frac{373}{273} - 1 \right) = 1,66 \text{ м.}$$

$$622 \quad p_0S = -K(x-h) + mg; \quad p_1S = -K(x-h_1) + mg; \quad p_0Sh = \nu RT_1;$$

$$p_1Sh_1 = \nu RT_1; \quad \frac{p_1h_1}{p_0h} = \frac{T_1}{T_0}; \quad Kx = mg;$$

$$p_0S = Kh - Kx + mg = Kh; \quad p_1S = Kh_1; \quad \frac{K_1h_1^2}{Kh_2} = \frac{T_1}{T_0}; \quad h_1 = h \sqrt{\frac{T_1}{T_0}}.$$

$$623 \quad \pm \frac{F}{S} + p_0 = p_0; \quad \text{знак выбирается из направления } F.$$

$$p_0 \cdot l_0 S = p l S, \quad \text{т.к. } T = \text{const.}$$

$$\left( \pm \frac{F}{S} + p_0 \right) l_0 = p l; \quad p = \left( \pm \frac{F}{S} + p_0 \right) \frac{l_0}{l};$$

$$ma = (p - p_0)S; \quad ma = \left( \pm \frac{Fl_0}{Sl} + p_0 \left( \frac{l_0}{l} - 1 \right) \right) S;$$

$$a = \frac{dv}{dt}, \quad \text{значит скорость максимальна, когда } a = 0.$$

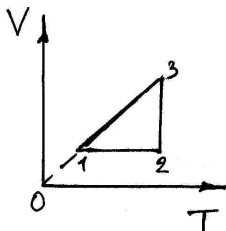
$$\pm \frac{Fl_0}{Sl} + p_0 \frac{l_0}{l} - p_0 = 0; \quad l = \left( 1 \pm \frac{F}{p_0 S} \right);$$

В дальнейшем поршень либо будет уменьшать свою скорость, либо ударится о стенку цилиндра.

$$624 \text{ а)} \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}; \quad p_2 < p_1; \quad T_2 > T_1, \text{ значит } V_2 > V_1.$$

$$\text{б)} \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}; \quad V_2 > V_1; \quad T_2 > T_1, \text{ значит } p_2 > p_1.$$

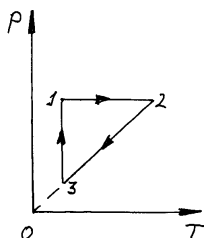
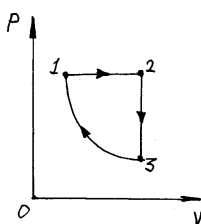
625



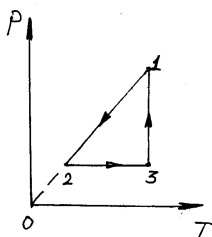
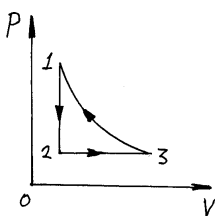
а) 1-2 – изохора; 2-3 – изотерма; 3-1 – изобара.

б)  $V_1 = V_2$ ,  $p_2 > p_1$ ,  $T_2 > T_1$ ; $V_3 > V_2$ ,  $p_3 < p_2$ ,  $T_3 = T_2$ ; $V_1 < V_3$ ,  $p_1 = p_3$ ,  $T_1 = T_3$ ;в) 1-2  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p}{T}$ ; 2-3  $p_2 V_2 = pV$ ; 3-1  $\frac{V_3}{T_3} = \frac{V}{T}$ .

626 1. а) 1-2 – изобара; 2-3 – изохора; 3-1 – изотерма.

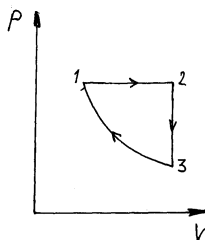
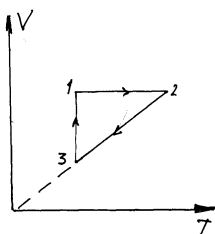
б)  $V_2 > V_1$ ,  $p_2 = p_1$ ,  $T_2 > T_1$ ; $V_3 = V_2$ ,  $p_3 < p_2$ ,  $T_3 < T_2$ ;  $V_1 < V_3$ ,  $p_1 > p_3$ ,  $T_1 = T_3$ ;в) 1-2  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V}{T}$ ; 2-3  $\frac{p_2}{T_2} = \frac{p}{T}$ ; 3-1  $p_1 V_1 = pV$ .

2. а) 1-2 – изохора; 2-3 – изобара; 3-1 – изотерма.

б)  $V_2 = V_1$ ,  $p_2 < p_1$ ,  $T_2 < T_1$ ;  $V_3 > V_2$ ,  $p_3 = p_2$ ,  $T_3 > T_2$ ;  $V_1 < V_3$ ,  $p_1 > p_3$ ,  $T_1 = T_3$ ;в) 1-2  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p}{T}$ ; 2-3  $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V}{T}$ ; 3-1  $p_3 V_3 = pV$ .

3. а) 1-2 – изохора; 2-3 – изобара; 3-1 – изотерма.

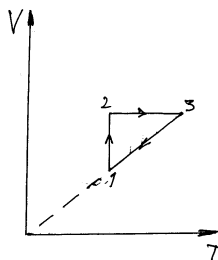
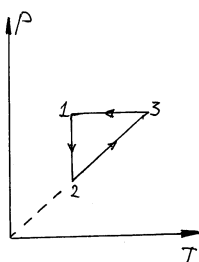
б)  $V_2 = V_1$ ,  $p_2 > p_1$ ,  $T_2 > T_1$ ;  $V_3 < V_2$ ,  $p_3 = p_2$ ,  $T_3 < T_2$ ;  $V_1 > V_3$ ,  $p_1 > p_3$ ,  $T_1 = T_3$ ;в) 1-2  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p}{T}$ ; 2-3  $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V}{T}$ ; 3-1  $p_3 V_3 = pV$ .



4. а) 1-2 – изотерма; 2-3 – изохора; 3-1 – изобара.

б)  $V_2 > V_1$ ,  $p_2 < p_1$ ,  $T_2 = T_1$ ;  $V_3 = V_2$ ,  $p_3 > p_2$ ,  $T_3 > T_2$ ;  $V_1 < V_3$ ,  $p_1 = p_3$ ,  $T_1 < T_3$ ;

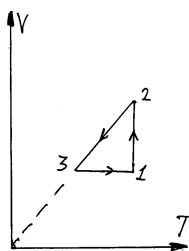
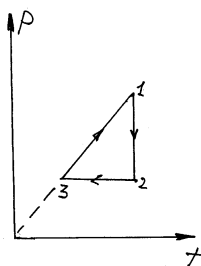
в) 1-2  $p_1 V_1 = p V$ ; 2-3  $\frac{p_2}{T_2} = \frac{p}{T}$ ; 3-1  $p_3 V_3 = \frac{V_3}{T_3} = \frac{V}{T}$ .



5. а) 1-2 – изотерма; 2-3 – изобара; 3-1 – изохора.

б)  $V_2 > V_1$ ,  $p_2 < p_1$ ,  $T_2 = T_1$ ;  $V_3 < V_2$ ,  $p_3 = p_2$ ,  $T_3 < T_2$ ;  $V_1 = V_3$ ,  $p_1 > p_3$ ,  $T_1 > T_3$ ;

в) 1-2  $p_1 V_1 = p V$ ; 2-3  $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V}{T}$ ; 3-1  $\frac{p_3}{T_3} = \frac{p}{T}$ .



627 а) для обоих процессов верно:  $pV = \frac{m}{M} RT$ ;  $p = \frac{m}{M} \frac{RT}{V}$ ;

График 1 соответствует большему объему, график 2 – меньшему.

б) Для обоих процессов верно:  $pV = \frac{m}{M} RT$ ;  $p = \frac{m}{M} \frac{RT}{V}$ ;

График 1 соответствует меньшей массе, график 2 – больше массе.

**628 а)** Для обоих процессов верно:  $pV = \frac{m}{M} RT$ ;  $p = \frac{m}{M} \frac{RT}{V}$ ;

Графику 1 соответствует большему весу поршня, графику 2 – меньшему.

б) Для обоих процессов верно:  $pV = \frac{m}{M} RT$ ;  $p = \frac{m}{M} \frac{RT}{V}$ ;

Графику 1 соответствует меньшая масса, графику 2 – большая масса.

**629 а)** Для обоих процессов верно:  $pV = \frac{m}{M} RT$ ;  $p = \frac{m}{M} \frac{RT}{V}$ ;

Графику 1 соответствует меньшая температура, графику 2 – большая температура.

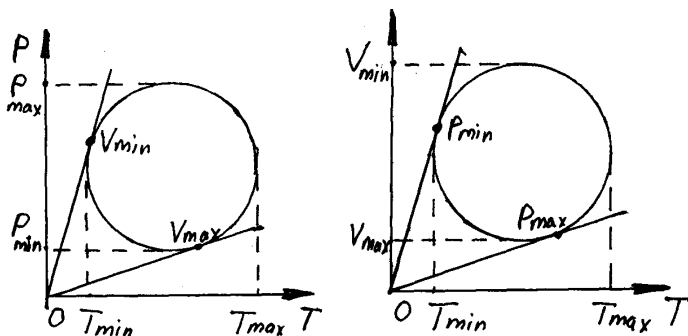
б) Для обоих процессов верно:  $pV = \frac{m}{M} RT$ ;  $p = \frac{m}{M} \frac{RT}{V}$ ;

Графику 1 соответствует меньшая масса, графику 2 – большая масса.

**630** 1-2 объем постоянен; 2-3 объем увеличивается; 3-4 объем увеличивается; 4-1 объем уменьшается.

**631** 1-2 давление постоянно; 2-3 давление растет; 3-4 давление растет; 4-1 давление уменьшается.

632



а) Т.к. изохорический процесс описывается уравнением  $p = \frac{\nu R}{V} T$ , то минимальный объем соответствует максимальному наклону прямой  $p = \alpha T$ , максимальный – минимальному.

б) Т.к. изобарический процесс описывается уравнением  $p = \frac{\nu R}{V} T$ , то минимальное давление соответствует максимальному наклону прямой  $p = \alpha T$ , максимальный – минимальному.

**633** Истечение жидкости прекратится, потому что давление внутри бака, складывающееся из давления воздуха, которое уменьшается с истечением

жидкости и давление столба жидкости, которое также уменьшается с истечением жидкости, станет равно атмосферному давлению. Для продолжения истечения необходимо разгерметизировать бак.

**634**  $V_1 = 0,5$  л;  $V_2 = 0,3$  л;  $p_0 = 100$  кПа;  $p = 80$  кПа;  $\Delta V - ?$

Т.к. процесс изотермический

$$(V_1 - V_2) p_0 = (V_1 - V_2') p; V_2' = V_1 - \frac{p_0}{p} (V_1 - V_2);$$

$$\Delta V = V_2 - V_2' = V_2 + \frac{p_0}{p} (V_1 - V_2) - V_1 = 0,3 \text{ л} + \frac{100 \text{ кПа}}{80 \text{ кПа}} (0,5 \text{ л} - 0,3 \text{ л}) - 0,5 \text{ л} = 0,05 \text{ л}.$$

**635**  $l = 1$  м;  $h = 20$  см =  $0,2$  м;  $\Delta h = 10$  см;  $p - ?$

Из условия равновесия:

$$\left\{ \begin{array}{l} p_1 = \rho g h + p_2 \\ p_1 S \left( \frac{l-h}{2} - \Delta h \right) = p S \frac{l-h}{2} \\ p_2 S \left( \frac{l-h}{2} - \Delta h \right) = p S \frac{l-h}{2} \end{array} \right.$$

$$p_1 = p \frac{l-h}{2} \cdot \frac{2}{l-h-2\Delta h} = p \frac{l-h}{l-h-2\Delta h}; \quad p_2 = p \frac{l-h}{l-h+2\Delta h};$$

$$p \frac{l-h}{l-h-2\Delta h} = \rho g h + p \frac{l-h}{l-h+2\Delta h}; \quad p(l-h) \cdot \frac{4\Delta h}{(l-h)^2 - 4\Delta h^2} = \rho g h;$$

$$p = \frac{\rho g h [(l-h)^2 - 4\Delta h^2]}{4\Delta h(l-h)} = \frac{1,36 \cdot 10^4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,2 \text{ м} [0,8^2 - 4 \cdot 0,1^2] \text{ м}^2}{4 \cdot 0,1 \text{ м} \cdot 0,8 \text{ м}} = 51 \text{ кПа}.$$

**636**  $l = 1,73$  м;  $h = 30$  см =  $0,2$  м;  $p^2 = 8$  кПа;  $\Delta h - ?$

$$p_2 + \rho g h = p_1;$$

$$p_2 S \left( \frac{l-h}{2} \right) = p S \left( \frac{l-h}{2} - \Delta h \right); \quad p_1 S \left( \frac{l-h}{2} \right) = p S \left( \frac{l-h}{2} - \Delta h \right);$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{l-h+2\Delta h}{l-h-2\Delta h}; \quad p_1 = \frac{l-h+2\Delta h}{l-h-2\Delta h} p_2;$$

$$p_2 + \rho g h = \frac{l-h+2\Delta h}{l-h-2\Delta h} p_2; \quad \frac{\rho g h}{p_2} = \frac{4\Delta h}{l-h-2\Delta h};$$

$$4p_2 \Delta h = \rho g h l - \rho g h_2 - 2 \rho g h \Delta h; \quad (4p_2 + 2\rho g h) \Delta h = \rho g h(l-h);$$

$$\Delta h = \frac{\rho g h (l - h)}{4p + 2\rho g h} = \frac{1,36 \cdot 10^4 \frac{\text{K}\mathcal{E}}{\text{M}^3} \cdot (1,73_{\text{M}} - 0,3_{\text{M}}) \cdot 0,3_{\text{M}} \cdot 10 \frac{\text{M}}{c^2}}{4 \cdot 8 \cdot 10^3 \text{Па} + 2 \cdot 1,36 \cdot 10^4 \text{Па} \cdot 10 \frac{\text{M}}{c^2} \cdot 0,3_{\text{M}}} \approx \mathbf{0,51 \text{ м.}}$$

**637**  $p$  – давление пузырька,  $V$  – его объем,  $p = p_{\text{ист.}} - p_{\text{ложн.}}$ .  
Из конструкции барометра следует  $\Delta V \sim \Delta p_{\text{ложн.}} = -\alpha \Delta p_{\text{ложн.}}$

$$pV = \frac{m}{n} RT = \text{const} = A; \quad V_1 = \frac{A}{p_1}; \quad V_2 = \frac{A}{p_2};$$

$$V_1 - V_2 = \alpha(p_{\text{л2}} - p_{\text{л1}});$$

$$A \left( \frac{1}{p_1} - \frac{1}{p_2} \right) = \alpha(p_{\text{л2}} - p_{\text{л1}}); \quad A \left( \frac{1}{755 - 748} - \frac{1}{740 - 736} \right) = \alpha(736 - 748);$$

$$\frac{A}{\alpha} = \frac{12}{3/28} = 112; \quad p_3 = p_{\text{и3}} - p_{\text{л3}} = \frac{A}{V_3}; \quad \frac{1}{p_{\text{и3}} - p_{\text{л3}}} = \frac{V_3}{A};$$

$$V_3 = \alpha(p_{\text{л2}} - p_{\text{л3}}) + V_2 = \alpha(p_{\text{л2}} - p_{\text{л3}}) + \frac{A}{p_2};$$

$$\frac{1}{p_{\text{и3}} - p_{\text{л3}}} = \frac{\alpha(p_{\text{л2}} - p_{\text{л3}}) + \frac{A}{p_2}}{A} = \frac{\alpha}{A}(p_{\text{л2}} + p_{\text{л3}}) + \frac{1}{p_2};$$

$$p_2 = p_{\text{и2}} - p_{\text{л2}} = 740 - 736 = 4; \quad \frac{\alpha}{A} = \frac{1}{112};$$

$$p_{\text{и3}} = 760, \quad p_{\text{л3}} = ?$$

$$\frac{1}{760 - p_{\text{л3}}} = \frac{1}{112}(736 - p_{\text{л3}}) + \frac{1}{4};$$

$$112 = 736 \cdot 760 - (736 + 760) p_{\text{л3}} + p_{\text{л3}}^2 + p_{\text{л3}}^2 + 28760 - 28 p_{\text{л3}}$$

$$p_{\text{л3}}^2 - 1524 p_{\text{л3}} + 580528 = 0$$

$$p_{\text{л31}} = 772,8 \quad p_{\text{л32}} = 751,25 \text{ но } p_{\text{л3}} < 760 \Rightarrow p_{\text{л3}} = 751,25 \text{ мм рт.ст.}$$

**638** Объем воздуха уменьшается на  $\Delta V$ , тогда ртути можно долить  $\Delta V + 2V$ ;  $\Delta V$  – займет место воздуха и  $2V$  кол-во ртути заливающее вторую трубку доверху.

$$\Delta p = \rho gh; \quad h = \frac{2V}{2S}; \quad \Delta p = \rho \frac{Vg}{S} = \frac{13600 \cdot 10^{-5} \cdot 9,8}{10^{-4}} = 13600 \text{ Па}; \quad pV = \text{const}$$

$$(p + \Delta p)(N - \Delta V) = pV; \quad \Delta V = V - \frac{pV}{p + \Delta p};$$

$$\Delta V + 2V = 3V - \frac{pV}{p + \Delta p} = 3 \cdot 10^{-5} - \frac{10^5 \cdot 10^{-5}}{10^5 + 13600} = 2,12 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

$$m = pV = 13600 \cdot 2,12 \cdot 10^{-5} = 0,288 \text{ кг.}$$

$$\mathbf{639} \quad V_1 = 5000 \text{ л} = 5 \text{ м}^3; \quad V_2 = 200 \text{ л} = 0,2 \text{ м}^3; \quad h = 100 \text{ м}; \quad p_0 = 10^5 \text{ Па}; \quad p - ?$$

$$(p_0 + \rho gh)(V_1 + V_2) = pV_2;$$

$$p = (p_0 + \rho gh) \frac{V_1 + V_2}{V_2} = 26 \cdot (0,1 \text{ МПа} + 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} + 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 10^2 \text{ м}) =$$

$$= 2,6 \cdot 1,1 \text{ МПа} = 28,6 \text{ МПа.}$$



**640**  $l = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$ ;  $r = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$ ;  $\Delta l = 8 \text{ см} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ;  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ ;  $E_{\text{тр}}$  - ?

Т.к. температура постоянна  $p_0 \cdot \pi r^2 l = p \pi r^2 (l - \Delta l)$ ;  $p = p_0 \frac{l}{l - \Delta l}$ ;

$$F_{\text{ТР}} = pS = p_0 \frac{l}{l - \Delta l} \pi r^2 = 10^5 \text{ Па} \frac{25 \text{ см}}{25 \text{ см} - 8 \text{ см}} \cdot 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 46 \text{ Н}.$$

**641 а)** Трубка стоит вертикально открытым концом вверх.

$$p_0 + \rho g l = p;$$

$$p_0 = \frac{l}{2} S = p \left( \frac{l}{2} + \Delta l \right) S; \quad p_0 \frac{l}{2} = (p + \rho g l) \left( \frac{l}{2} + \Delta l \right);$$

$$p_0 \frac{l}{2} = p \frac{l}{2} (p_0 + \rho g l) \Delta l + \rho g \frac{l^2}{2}; \quad \Delta l = - \frac{\rho g l^2}{2(p_0 + \rho g l)}.$$

б) Трубка стоит вертикально открытым концом вниз.

$$p + \rho g l = p_0; \quad p_0 \frac{l}{2} S = p \left( \frac{l}{2} + \Delta l \right) S; \quad p_0 \frac{l}{2} = (p_0 - \rho g l) \left( \frac{l}{2} + \Delta l \right);$$

$$p_0 \frac{l}{2} = p_0 \frac{l}{2} + \Delta l (p_0 - \rho g l) - \rho g \frac{l^2}{2}; \quad \Delta l = - \frac{\rho g l^2}{2(p_0 - \rho g l)}.$$

в) Трубка вращается вокруг своего открытого конца с частотой

$$\omega = \sqrt{\frac{l}{g}}; \quad p_0 \frac{l}{2} S = p \left( \frac{l}{2} - \Delta l \right) S; \quad p = p_0 \frac{l^2}{l - 2\Delta l}; \quad (p - p_0) S = F;$$

$$F = \int_{\frac{l}{2} + \Delta l}^{\frac{3}{2}l + \Delta l} \rho \omega^2 r S dr = \omega^2 \rho S \frac{x^2}{2} \Big|_{\frac{l}{2} + \Delta l}^{\frac{3}{2}l + \Delta l} = \frac{1}{2} \omega^2 \rho l S (2l + 2\Delta l) = \rho g S (l + \Delta l);$$

$$p - p_0 = p_0 \frac{2\Delta l}{l - 2\Delta l} = \rho g (l + \Delta l);$$

Отсюда получаем квадратное уравнение:

$$2\Delta l^2 + \left( l + \frac{2p_0}{\rho g} \right) \Delta l - l^2 = 0.$$

Его решение относительно  $\Delta l$  и будет ответом. Т.к. кроме некоторых частных случаев имеется 2 корня, то физически реальным будет решение, подходящее под условие

$$0 \leq \Delta l \leq \frac{l}{2}.$$

г) Трубка вращается вокруг своего открытого конца.

$$p_0 \frac{l}{2} S = p \left( \frac{l}{2} + \Delta l \right); \quad p = p_0 \frac{l^2}{l + 2\Delta l};$$

$(p - p_0) = \frac{F}{S}$ ; где формула для F получена в пункте в).

$$F = \rho g S(l + \Delta l); \quad p - p_0 = p_0 \frac{2\Delta l}{l + 2\Delta l} = \rho g(l + \Delta l);$$

$$\frac{2p_0}{\rho g} \Delta l = l_2 + 2\Delta l = l_2 + 2\Delta l + 3l\Delta l; \quad 2\Delta l_2 + (3l - \frac{2p_0}{\rho g})\Delta l + l_2 = 0;$$

Его решение, удовлетворяющее условию  $0 \leq \Delta l \leq \frac{l}{2}$ , и будет решением задачи.

**642**  $T_1 = 0^\circ \text{C} = 273 \text{K}$ ;  $T_2 = -20^\circ \text{C} = 253 \text{K}$ ;  $\Delta T = 100^\circ \text{C}$ .

Будем считать, что объем обоих сосудов при перемещении столбика ртути меняется мало, т.е. процесс изохорический.

$$\frac{p}{T_1} = \frac{p_1}{T_1 + \Delta T}; \quad p_1 = p \frac{T_1 + \Delta T}{T_1} = p \left( 1 + \frac{\Delta T}{T_1} \right);$$

$$\frac{p}{T_2} = \frac{p_2}{T_2 + \Delta T_2}; \quad p_2 = p \left( 1 + \frac{\Delta T}{T_2} \right); \quad p_2 > p_1, \text{ т.к. } \frac{\Delta T}{T_1} < \frac{\Delta T}{T_2}.$$

Значит столбик ртути сместится в сторону сосуда с большей температурой.

**643**  $S = 100 \text{ см}^2 = 10^{-2} \text{ м}^2$ ;  $m = 28 \text{ г} = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$ ;  $M = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}$ ;

$T_1 = 273 \text{K}$ ;  $T_2 = 373 \text{K}$ ;  $m_n = 100 \text{ кг}$ ;  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ .

$p_0 + \frac{m_n g}{S} = p$ , значит процесс изобарический.

$$pV = \frac{m}{M} RT_1; \quad p(V + Sh) = \frac{m}{M} RT_2; \quad pSh = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1);$$

$$h = \frac{mR(T_2 - T_1)}{MS(p_0 + \frac{m_n g}{S})} = \frac{mR(T_2 - T_1)}{M(p_0 S + m_n g)} =$$

$$= \frac{28 \text{ г} / \text{моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} (373 \text{K} - 273 \text{K})}{28 \text{ г} / \text{моль} \cdot (10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 + 100 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м} / \text{с}^2)} = 0,42 \text{ м}.$$

**644**  $h = 100 \text{ см} = 10^{-1} \text{ м}$ ;  $S = 25 \text{ см}^2 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ ;  $T_1 = 87^\circ \text{C} = 360 \text{K}$ ;

$T_2 = 17^\circ \text{C} = 290 \text{K}$ ;  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ ;  $V - ?$

$$p_0 Sh = \nu RT_1; \quad \nu R = \frac{p_0 Sh}{T_1}; \quad p_0 - \rho g \Delta h = p; \quad pS(h - \Delta h) = \nu RT_2;$$

$$pS(h - \Delta h) = p_0 Sh \frac{T_2}{T_1}; \quad p(h - \Delta h) = p_0 h \frac{T_2}{T_1}; \quad (p_0 - \rho g \Delta h)(h - \Delta h) = p_0 h \frac{T_2}{T_1};$$

$$p_0 h - p_0 \Delta h - \rho g h \Delta h + \rho g \Delta h^2 = p_0 h \frac{T_2}{T_1};$$

$$\rho g \Delta h_2 - (p_0 + \rho g h) \Delta h + \rho_0 h \left( 1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = 0;$$

Получилось квадратное уравнение. Для удобства решения подставим численные значения переменных.

$$10^4 \Delta h^2 - 1,01 \cdot 10^5 \Delta h + 2 \cdot 10^3 = 0. \quad \Delta h_1 = \frac{1,01 \cdot 10^5 - 1,006 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^4} \text{ м} = 2 \text{ см}.$$

$\Delta h_2 = 1,008 \text{ м} > 10 \text{ см} = h$ , т.е. не подходит.  $V = Sh = 50 \text{ см}^3$ .

**645**  $T_1 = -13^\circ \text{ C} = 260 \text{ K}$ ;  $p_1 = 160 \text{ кПа} = 1,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ;  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ ;

$T_2 = 37^\circ \text{ C} = 310 \text{ K}$ ;  $p_2 = ?$

Считая, что объем камеры меняется мало, получаем изохорический процесс.

$$\frac{p_1 + p_0}{T_1} = \frac{p_2 + p_0}{T_2};$$

$$p_2 = (p_1 + p_0) \frac{T_2}{T_1} - p_0 = 260 \text{ кПа} \cdot \frac{310 \text{ K}}{260 \text{ K}} - 100 \text{ кПа} = 210 \text{ кПа}.$$

**646**  $T_1 = 150^\circ \text{ C} = 423 \text{ K}$ ;  $T_2 = 300^\circ \text{ C} = 573 \text{ K}$ ;  $p_2 = 0,1 \text{ МПа}$ ;  $p_1 = ?$

Т.к. объем лампы постоянен, процесс изохорический.

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}, \quad p_1 = p_2 \frac{T_1}{T_2} = \frac{423 \text{ K}}{573 \text{ K}} \cdot 0,1 \text{ МПа} \approx 0,07 \text{ МПа}.$$

**647**  $S = 2,5 \text{ см}^2 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ ;  $F = 12 \text{ Н}$ ;  $p_0 = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па}$ ;

$T_0 = -3^\circ \text{ C} = 270 \text{ K}$ ;  $T = ?$

$$p = p_0 + \frac{F}{S};$$

Т.к. объем бутылки не меняется до начала вылета пробки, процесс изохорический.

$$\frac{p}{T} = \frac{p_0}{T_0}, \quad T = \frac{p}{p_0} T_0;$$

$$T = \left( 1 + \frac{F}{p_0 S} \right) T_0 = \left( 1 + \frac{12 \text{ Н}}{10^5 \text{ Па} \cdot 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} \right) \cdot 270 \text{ K} \approx 400 \text{ K}.$$

**648**  $p_1 = 200 \text{ кПа} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ;  $T_1 = 27^\circ \text{ C} = 300 \text{ K}$ ;  $T_2 = 50^\circ \text{ C} = 323 \text{ K}$ ;

$S = 30 \text{ см}^2 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ ;  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ ;  $m = ?$

Т.к. процесс изохорический,

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}, \quad p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1}; \quad p_2 = p_1 + \frac{mg}{S};$$

$$m = p_1 \left( \frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \frac{S}{g}; \quad m = 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \left( \frac{323 \text{ K}}{300 \text{ K}} - 1 \right) \frac{3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2}{10 \text{ м} / \text{с}^2} \approx 4,6 \text{ кг}.$$

**649** Да, т.к. средняя кинетическая энергия молекулы идеального газа пропорциональна температуре, а внутренняя энергия идеального газа есть сум-

ма средних кинетических энергий молекул (у идеального газа потенциальная энергия взаимодействия равна нулю).

**650**  $\nu = 3$  моль;  $T = 127^\circ\text{C} = 400\text{ K}$ ;  $U - ?$

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} \cdot 3 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{K} \cdot \text{моль}} \cdot 400\text{ K} \approx 15 \text{ кДж}.$$

**651**  $\nu = 2$  моль;  $U = 831$  кДж  $= 8,31 \cdot 10^5$  Дж;  $T - ?$

$$U = \frac{3}{2} \nu RT; \quad T = \frac{2U}{3R\nu} = \frac{2 \cdot 8,31 \cdot 10^5 \text{ Дж}}{3 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{K} \cdot \text{моль}} \cdot 2 \text{ моль}} \approx 33000\text{ K}.$$

**652**  $V = 2$  л  $= 2 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>;  $U = 300$  Дж;  $p - ?$

$$U = \frac{3}{2} \nu RT; \quad pV = \nu RT; \quad U = \frac{3}{2} pV; \quad p = \frac{2U}{3V} = \frac{2 \cdot 300 \text{ Дж}}{3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ л}} = 10^5 \text{ Па}.$$

**653**  $V = 5$  л  $= 5 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>;  $p = 200$  кПа  $= 2 \cdot 10^5$  Па;  $U - ?$

$$U = \frac{3}{2} \nu RT; \quad pV = \nu RT; \quad \text{Значит } U = \frac{3}{2} pV;$$

$$U = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 1500 \text{ Дж} = 1,5 \text{ кДж}.$$

**654**  $p = 10^5$  Па;  $U = 600$  Дж;  $V - ?$

$$U = \frac{3}{2} \nu RT; \quad V = \frac{2U}{3p} = \frac{2 \cdot 600 \text{ Дж}}{3 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 40 \text{ см}^3.$$

**655**  $V = 2$  л  $= 2 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>;  $T = 27^\circ\text{C} = 300\text{ K}$ ;  $U = 300$  Дж;  $n - ?$

$$U = \frac{3}{2} RT = \frac{3}{2} \nu N_A KT = \frac{3}{2} NKT; \quad \frac{U}{V} = \frac{3}{2} nKT;$$

$$n = \frac{2U}{3VKT} = \frac{2 \cdot 300 \text{ Дж}}{3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{K}} \cdot 300\text{ K}} = 24 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}.$$

**656**  $T = 293\text{ K}$ ;  $V = 1,5$  л  $= 1,5 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>;  $n = 2 \cdot 10^{19}$  см<sup>-3</sup>  $= 2 \cdot 10^{25}$  м<sup>-3</sup>;  $U - ?$

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NKT = \frac{3}{2} nKTV =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 10^{25} \text{ м}^3 \cdot 2,93 \cdot 10^2 \text{ K} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{K}} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \approx 182 \text{ Дж}.$$

**657** Для определения термометра, который показывает большую температуру, их следует привести в контакт. Через некоторое время на одном из них показания уменьшатся. Это и будет тот термометр, который показывает большую температуру.

**658**  $T_1 = 250\text{ K}$ ;  $T_2 = 680\text{ K}$ ;  $M = 2 \cdot 10^{-3}$  кг/моль;  $A = 400$  Дж;  $m - ?$

$$A = p(V_2 - V_1) = pV_2 - pV_1; \quad pV_2 = \frac{m}{M} RT_2; \quad pV_1 = \frac{m}{M} RT_1;$$

$$A = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1);$$

$$m = \frac{MA}{R(T_2 - T_1)} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{моль} \cdot 400 \text{ Дж}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} (680 \text{ К} - 250 \text{ К})} = 0,22 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 0,22 \text{ г}.$$

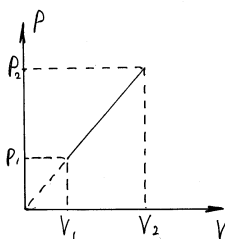
**659**  $S = 250 \text{ см}^2 = 0,025 \text{ м}^2$ ;  $m = 10 \text{ г} = 10^{-2} \text{ кг}$ ;  $m' = 12,5 \text{ кг}$ ;  
 $M = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}$ ;  $T_1 = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ К}$ ;  $T_2 = 625^\circ\text{C} = 898 \text{ К}$ ;  
 $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ ;  $A = ?$   $\Delta V = ?$

$$A = p(V_2 - V_1) = \nu R(T_2 - T_1) = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1);$$

$$A = \frac{10^{-2} \text{ кг}}{2,8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 600 \text{ К} = 1,78 \text{ кДж}.$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{A}{p} = \frac{A}{\frac{m'g}{S} + p_0} = \frac{1780 \text{ Дж}}{\frac{12,5 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{0,025 \text{ м}^2} + 105 \text{ Па}} = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 = 17 \text{ л}.$$

**660**  $p = dV$ .



Работа  $A$  – это площадь под графиком  $p(V)$ .  
 Этот график имеет вид:  
 Это трапеция. Таким образом:

$$A = \frac{p_2 + p_1}{2} (V_2 - V_1) = \frac{\alpha}{2} (V_2 + V_1)(V_2 - V_1) = \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2) > 0.$$

Т.к. изменение внутренней энергии будет  
 $\Delta U = \beta (p_2 V_2 - p_1 V_1) > 0$ .

Значит газ поглощает тепло.

**661**  $T = \alpha V^2$ ;  $pV = \frac{m}{M} RT$ ;  $pV = \frac{m}{M} R \alpha V^2$ ;  $p = \frac{m}{M} R \alpha V$ .

Таким образом мы получим, что задача № 661 полностью аналогична №

660 с условием замены  $\alpha$  на  $\frac{m}{M} R \alpha$ .  $A = \frac{\alpha}{2} \frac{m}{M} R (V_2^2 - V_1^2)$ .

Газ поглощает тепло.

**663**  $Q = 800 \text{ Дж}$ .  $A = ?$   $A' = ?$

Т.к. процесс изотермический, то  $\Delta U = 0$ .

$A = -Q = 800 \text{ Дж}$ .  $A' = -A = -800 \text{ Дж}$ .

**664**  $Q = 250 \text{ Дж}$ .  $\Delta U = ?$

Т.к. процесс изохорический, то  $A = 0$ .

$\Delta U = Q = 250 \text{ Дж}$ .

**665**  $\Delta U = 350 \text{ Дж}$ ;  $A = ?$   $Q = ?$

Т.к. процесс изохорический, то  $A = 0$ .

$\Delta U = Q = 350 \text{ Дж}$ .

**666**  $\nu = 2 \text{ моль}$ ;  $\Delta T = 50 \text{ К}$ ;  $A$ ,  $\Delta U$ ,  $Q = ?$

$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T = 2 \text{ моль} \cdot 8,31 \text{ Дж/(К}\cdot\text{моль)} \cdot 50\text{К} = 831 \text{ Дж.}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R\Delta T = \frac{3}{2} A = 1246,5 \text{ Дж. } Q = \Delta U + A = 2077,5 \text{ Дж.}$$

$$\mathbf{667} \Delta T = 100 \text{ К; } \Delta U = -1662 \text{ кДж; } A, Q - ?$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R\Delta T; \quad \nu R\Delta T = \frac{2}{3} U.$$

$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T = \frac{2}{3} \Delta U = -1108 \text{ Дж. } Q = \Delta U + A = 2770 \text{ Дж.}$$

$$\mathbf{668} A = -200 \text{ Дж; } \Delta U - ?$$

Т.к. процесс адиабатический, то  $Q = 0$ , т.е.  $\Delta U = -A = 200 \text{ Дж}$ . Внутренняя энергия возросла.

$$\mathbf{669} A = 150 \text{ Дж; } \Delta U - ?$$

Т.к. процесс адиабатический, то  $Q = 0$ , т.е.  $\Delta U = -A = -150 \text{ Дж}$ . Внутренняя энергия уменьшилась.

$$\mathbf{670} V = 70 \text{ м}^3; T_1 = 280 \text{ К; } T_2 = 296 \text{ К; } p = 100 \text{ кПа} = 105 \text{ Па. } A - ?$$

$$\text{Процесс изобарический, т.е. } \frac{V}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; \quad V_2 = V \frac{T_2}{T_1};$$

$$A = p(V_2 - V) = pV \left( \frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = 10^5 \text{ Па} \cdot 70 \text{ м}^3 \left( \frac{296\text{К}}{280\text{К}} - 1 \right) = 400 \text{ кДж.}$$

$$\mathbf{671} m = 320 \text{ г; } M = 32 \text{ г/моль; } \Delta T = 10\text{К; } A - ?$$

$$A = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{320\text{г}}{32\text{г/моль}} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К}\cdot\text{моль}} \cdot 10\text{К} = 831 \text{ Дж.}$$

$$\mathbf{672} m = 2 \text{ кг; } M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль; } \Delta T = 10 \text{ К; } \Delta U_p - ? \Delta U_v - ?$$

$$\Delta U_p = \frac{5}{2} \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{5}{2} \cdot \frac{2\text{кг}}{2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К}\cdot\text{моль}} \cdot 10\text{К} = 2,08 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

$$\Delta U_v = \Delta U_p = 2,08 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

Изменение внутренней энергии не зависит от процесса в газе, т.к. и есть функция состояния.

$$\mathbf{673} T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ К; } m = 160 \text{ г} = 0,16 \text{ кг; } M = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль;}$$

$$A, \Delta U, Q - ?$$

$$A = p\Delta V = pV = \frac{m}{M} RT = \frac{160\text{г}}{32\text{г/моль}} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К}\cdot\text{моль}} \cdot 300\text{К} = 1,25 \cdot 10^4 \text{ Дж;}$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{5}{2} p\Delta V = \frac{5}{2} pV = \frac{5}{2} A = 3,125 \cdot 10^4 \text{ Дж;}$$

$$Q = A + \Delta U = 4,375 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

$$\mathbf{674} \nu = 800 \text{ моль; } \Delta T = 500 \text{ К; } Q = 9,4 \text{ МДж; } A - ? \Delta U - ?$$

$$A = p(V_2 - V_1) = \nu R(T_2 - T_1) = \nu R\Delta T =$$

$$= 8 \cdot 10^2 \text{ моль} \cdot 8,31 \text{ Дж/(К}\cdot\text{моль)} \cdot 5 \cdot 10^2 \text{ К} \approx 3,3 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 3,3 \text{ МДж.}$$

$$Q = \Delta U + A; \Delta U = Q - A = 6,1 \text{ МДж.}$$

$$\mathbf{675} V = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3; p = 10^7 \text{ Па; } T = 300 \text{ К} = 3 \cdot 10^2 \text{ К;}$$

$$Q = 8,35 \text{ кДж} = 8,35 \cdot 10^3 \text{ Дж}; p' - ? T' - ?$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T, \text{ т.к. кислород двухатомный газ.}$$

$$A = 0, \text{ т.к. объем постоянен.}$$

$$\text{Значит: } \Delta U = Q; pV = \nu RT; \frac{pV}{T} = \nu R; \Delta U = \frac{5}{2} \frac{pV}{T} \Delta T;$$

$$\Delta T = \frac{2\Delta U T}{5pV} = \frac{2QT}{5pV};$$

$$T' = T + \Delta T = \frac{2QT}{5pV} + T = \frac{2 \cdot 8,35 \cdot 10^3 \text{ Дж} \cdot 3 \cdot 10^2 \text{ К}}{5 \cdot 10^7 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} + 300 \text{ К} \approx 400 \text{ К};$$

$$p\Delta V = \nu R \Delta T; \Delta p = \nu R \frac{\Delta T}{V} = \frac{pV}{T} \frac{\Delta T}{V} = p \frac{\Delta T}{T};$$

$$p' = p + \Delta p = p \left( 1 + \frac{\Delta T}{T} \right) = p \left( 1 + \frac{1}{T} \cdot \frac{2QT}{5pV} \right) = p \left( 1 + \frac{2Q}{5pV} \right) =$$

$$= p + \frac{2Q}{5V} = 107 \text{ Па} + \frac{2 \cdot 8,35 \cdot 10^3 \text{ Дж}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} \approx 1,3 \cdot 10^7 \text{ Па.}$$

$$\mathbf{676} \quad p_1 = 10^5 \text{ Па}; m = 1 \text{ кг}; \Delta T = 2 \text{ К}; Q_1 = 1,1 \text{ МДж} = 1,1 \cdot 10^6 \text{ Дж}; \\ T_1 = 373 \text{ К}; T_2 = 273 \text{ К}; V = 5 \text{ л} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$Q_2 = 2,1 \text{ МДж} = 2,1 \cdot 10^6 \text{ Дж}; p_2 = 10^6 \text{ Па}; M = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ кг/моль}; \frac{C_p}{C_v} - ?$$

$$Q_1 = C_p m \Delta T; Q_2 = C_v m_1 (T_2 - T_1); p_2 V = \frac{m_1}{M} R T_1; m_1 = \frac{p_2 V}{R T_1} M;$$

$$Q_2 = C_v \frac{p_2 V}{R} \frac{T_1 - T_2}{T_1} M; \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{C_p}{C_v} m \Delta T \frac{RT}{p_2 V M (T_1 - T_2)};$$

$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{Q_1}{Q_2} \frac{p_2 V M (T_1 - T_2)}{m R T_1 \Delta T} =$$

$$= \frac{1,1 \text{ МДж}}{2,1 \text{ МДж}} \cdot \frac{10^6 \text{ Па} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 (373 \text{ К} - 273 \text{ К}) \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}}{1 \text{ кг} \cdot 8,31 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 373 \text{ К} \cdot 2 \text{ К}} \approx 1,69.$$

$$\mathbf{678} \quad p = p_0 + \alpha V; \alpha = \text{const}; C - ?$$

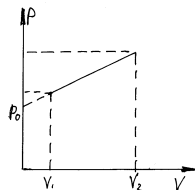
$$1) \quad \text{Т.к. работа равна площади под графиком } p(V),$$

$$\text{то}$$

$$A =$$

$$(V_2 - V_1) \frac{p(V_1) + p(V_2)}{2} =$$

$$= (V_2 - V_1) \frac{p_0 + \alpha V_1 + p_0 + \alpha V_2}{2} =$$



$$= (V_2 - V_1) [p_0 + \frac{\alpha}{2} (V_1 + V_2)] = p_0 (V_2 - V_1) + \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2);$$

2)  $\Delta U = \beta \nu R \Delta T$ , где  $\beta$  - постоянная, зависящая от рода газа.

$$p_1 V_1 = p_0 V_1 + \alpha V_1^2 = \nu R T_1;$$

$$p_2 V_2 = p_0 V_2 + \alpha V_2^2 = \nu R T_2;$$

$$\nu R \Delta T = \nu R (T_2 - T_1) = \alpha (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (V_2 - V_1);$$

$$\Delta U = \beta [\alpha (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (V_2 - V_1)];$$

$$3) Q = \Delta U + A = \beta [\alpha (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (V_2 - V_1)] + p_0 (V_2 - V_1) + \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2) = \alpha (\beta + \frac{1}{2}) (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (\beta + 1) (V_2 - V_1);$$

$$4) Q = C \nu \Delta T = \frac{C}{R} [\alpha (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (V_2 - V_1)];$$

$$C = \frac{\alpha (\beta + \frac{1}{2}) (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (\beta + 1) (V_2 - V_1)}{\alpha (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (V_2 - V_1)} R =$$

$$= \frac{(\beta + 1) [\alpha (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (V_2 - V_1)] - \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2)}{\alpha (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (V_2 - V_1)} R =$$

$$= (\beta + 1) R - \frac{\alpha}{2} \frac{V_2^2 - V_1^2}{\alpha (V_2^2 - V_1^2) + p_0 (V_2 - V_1)} = (\beta + 1) R - \frac{\alpha R}{2} \frac{V_2 + V_1}{\alpha (V_2 + V_1) + p_0};$$

5) Мы получили, что  $C$  зависит от  $V_1$  и  $V_2$ . Если устремить  $V_2 \rightarrow V_1 = V$ . Мы получим зависимость  $C$  от  $V$ .

$$C(V) = (\beta + 1) R + \frac{\alpha R}{2} \frac{2V}{2\alpha V} + p_0 = (\beta + 1) R + \frac{\alpha R V}{2\alpha V + p_0}.$$

**677** Найдем  $C_p$ .  $A = p(V - V_0) = \frac{m}{M} R(T - T_0);$

$$\Delta U = \beta \frac{m}{M} R(T - T_0); \quad Q = A + \Delta U = (\beta + 1) \frac{m}{M} R(T - T_0);$$

$$Q = C_p m(T - T_0); \quad C_p = \frac{Q}{m(T - T_0)} = (\beta + 1) \frac{R}{m};$$

При нормальных условиях 1 моль идеального газа занимает объем  $V_0 = 22,4$  л.

$$M = \rho V_0; \quad C_p = (\beta + 1) \frac{R}{\rho V_0};$$

Найдем  $C_v$ ;  $A = 0$ , т.к. процесс изохорический.  $\Delta U = \beta \frac{m}{M} R(T - T_0);$



$$Q = A + \Delta U = \Delta Q; C_v = \frac{Q}{m(T - T_0)} = \beta \frac{R}{M} = \beta \frac{R}{V_0 \rho};$$

$$679 \quad p = \frac{b}{V^2}, \quad b = \text{const}; \quad C - ?$$

Т.к. работа, совершенная газом, равна площади под графиком  $p(V)$ , а площадь под графиком  $p(V)$ , как доказано в математическом анализе, равна:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p(V) dV, \quad \text{то есть: } A = b \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^2} = -\frac{b}{V} \Big|_{V_1}^{V_2} = -\frac{b}{H} \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right)$$

$\Delta U = \beta \nu RT$ , где  $\beta$  постоянная, зависящая от рода газа  
 $pV = \nu RT$ , т.е.

$$\frac{b}{V} = \nu RT, \quad \text{т.е. } \Delta U = \frac{\beta b}{V_2} - \frac{\beta b}{V_1};$$

$$Q = A + \Delta U = b \left( \frac{\beta - 1}{V_2} - \frac{\beta - 1}{V_1} \right) = b(\beta - 1) \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right)$$

$$C = \frac{Q}{\nu(T_2 - T_1)} = \frac{b(\beta - 1) \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right)}{\frac{b}{R} \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right)} = (\beta - 1)R.$$

$$680 \quad V_1 = 400 \text{ м/с}; \quad V_2 = 300 \text{ м/с}; \quad t_1 = 55^\circ\text{C}; \quad t_2 = 327^\circ\text{C};$$

$$C = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \quad \lambda = 2,4 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}; \quad \frac{m}{M} - ?$$

Будем считать в градусах цельсия, т.к. нас интересует только изменение температуры  $Q = CM(T_2 - T_1) + \lambda m$ , т.к. все изменение кинетической энергии пойдет на разогрев пули, то

$$\frac{MV_2^2}{2} - \frac{MV_1^2}{2} = Q = CM(t_2 - t_1) + \lambda m;$$

$$M \left( \frac{V_2^2}{2} - \frac{V_1^2}{2} - C(t_2 - t_1) \right) = \lambda m; \quad \frac{m}{M} = \frac{1}{\lambda} \left( \frac{V_2^2}{2} - \frac{V_1^2}{2} - C(t_2 - t_1) \right) =$$

$$= \frac{1}{2,4 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}} \left( \frac{400^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2} - \frac{300^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2} - 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} (327^0 \text{C} - 55^0 \text{C}) \right) \approx$$

$$\approx -1,44 \cdot 10^{-2}.$$

Т.к.  $m > 0$ ,  $M > 0$ , то  $\frac{m}{M} > 0$ . Значит никакая часть пули не расплавится.

$$681 \lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}; V = 20 \text{ м/с}; T = 0^\circ\text{C}; \frac{m}{M} - ?$$

Будем считать в градусах Цельсия, т.к. нас интересуют только изменения температуры. Т.к.  $T = 0^\circ\text{C}$  и вся энергия передается снежку, то:

$$\frac{MV^2}{2} = m\lambda; \frac{m}{M} = \frac{V^2}{2q} = \frac{22 \cdot 10^2 \text{ м}^2 / \text{с}^2}{2 \cdot 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж} / \text{кг}} \approx 6 \cdot 10^{-4}.$$

$$682 m_1 = 1 \text{ кг}; m_2 = 10 \text{ кг}; m_3 = 5 \text{ кг}; t_1 = 6^\circ\text{C}; t_2 = -40^\circ\text{C}; t_3 = 60^\circ\text{C};$$

$$C_1 = 2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}; C_2 = 4 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}; C_3 = 2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}; t' = 6^\circ\text{C}; t - ? \text{ Q} - ?$$

Будем считать, что калориметр не обменивается энергией с окружающей средой, и, что одна из жидкостей не переходит в твердое или газообразное состояние.

$$Q_1 = C_1 m_1 (t - t_1); Q_2 = C_2 m_2 (t - t_2); Q_3 = C_3 m_3 (t - t_3); Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0;$$

$$C_1 m_1 (t - t_1) + C_2 m_2 (t - t_2) + C_3 m_3 (t - t_3) = 0;$$

$$C_1 m_1 t + C_2 m_2 t + C_3 m_3 t = C_1 m_1 t_1 + C_2 m_2 t_2 + C_3 m_3 t_3;$$

$$t = \frac{C_1 m_1 t_1 + C_2 m_2 t_2 + C_3 m_3 t_3}{C_1 m_1 + C_2 m_2 + C_3 m_3} =$$

$$= \frac{2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 1 \text{ кг} \cdot 6^\circ\text{C} + 4 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 10 \text{ кг} (-40)^\circ\text{C} + 2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 5 \text{ кг} \cdot 60^\circ\text{C}}{2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 1 \text{ кг} + 4 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 10 \text{ кг} + 2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 5 \text{ кг}} = -19^\circ\text{C};$$

$$Q = C_1 m_1 (t' - t) + C_2 m_2 (t' - t) + C_3 m_3 (t' - t) =$$

$$= 2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} (6\text{K} + 19\text{K}) \cdot 1 \text{ кг} + 4 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} (6\text{K} + 19\text{K}) \cdot 10 \text{ кг} +$$

$$+ 2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} (6\text{K} + 19\text{K}) \cdot 5 \text{ кг} = 1,3 \text{ МДж}.$$

684 Для замерзания поверхности озера необходимо охладить его приповерхностный слой до  $0^\circ\text{C}$  и отнять с поверхности тепло необходимое для образования льда. На дне озера температура воды  $4^\circ\text{C}$ , при которой плотность воды максимальна. Значит со дна тепло будет поступать к поверхности. Это тепло и не даст крупному озеру замерзнуть, тогда как в малом озере этого тепла не достаточно чтобы помешать образованию льда.

**685**  $t_1 = 3 \text{ мин} = 3 \cdot 10^2 \text{ с}$ ;  $T_1 = 4^\circ\text{C}$ ;  $T_2 = 0^\circ\text{C}$ ;  $t_2 = 1 \text{ ч } 40 \text{ мин} = 6000 \text{ с}$ ;

$$c = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}}; \lambda - ?$$

Будем считать в градусах Цельсия, т.к. нас интересуют только изменения температуры

$$\begin{cases} Q_1 = cm(T_1 - T_2) \\ Q_2 = \lambda m \\ \frac{Q_1}{t_1} = \frac{Q_2}{t_2} \\ \frac{cm(T_1 - T_2)}{t_1} = \frac{\lambda m}{t_2}; \\ \frac{C(T_1 - T_2)}{t_1} = \frac{\lambda}{t_2}; \end{cases}$$

$$\lambda = C(T_1 - T_2) \frac{t_2}{t_1} = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} (4^0\text{C} - 0^0\text{C}) \cdot \frac{6000\text{C}}{300\text{C}} = 3,36 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

**686**  $V = 100 \text{ л} = 0,1 \text{ м}^3$ ;  $t = 30^\circ\text{C}$ ;  $t_1 = 30^\circ\text{C}$ ;  $t_2 = 30^\circ\text{C}$ ;  $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$ ;

$$C_b = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}}; C_l = 2,1 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}}; \lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}; m_l - ?$$

Будем считать в градусах Цельсия, т.к. нас интересуют только изменения температуры.

Будем считать, что весь лед растаял, и теплообмен происходит только между льдом и водой, т.е.

$$Q_1 + Q_2 = 0; Q_1 = C_b m_b(t - t_1); Q_2 = C_l m_l t_2 + \lambda m_l + C_b m_l t;$$

$$C_b m_b(t - t_1) + m_l(C_b t + C_l t_2 + \lambda) = 0;$$

$$m_b + m_l = \rho V;$$

$$C_b(\rho V - m_l)(t - t_1) + m_l(C_b t - c_l t_2 + \lambda) = 0;$$

$$C_b \rho V(t - t_1) - C_b m_l(t - t_1) + m_l(C_b t - c_l t_2 + \lambda) = 0;$$

$$m_l(C_b t - c_l t_2 + \lambda - C_b t + C_b t_1) = C_b \rho V(t_1 - t);$$

$$m_l = \frac{C_b \rho V(t_1 - t)}{C_b t_1 - C_l t_2 + \lambda} =$$

$$= \frac{4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3 \cdot 0,1 \text{ м}^3 \cdot 50\text{K}}{4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 80\text{K} + 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 20\text{K} + 33 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} \approx 51 \text{ кг}.$$

**687**  $m_b = 100 \text{ кг}$ ;  $t_1 = 10^\circ\text{C}$ ;  $t_2 = -50^\circ\text{C}$ ;  $t = -4^\circ\text{C}$ ;  $C_l = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}};$

$$C_b = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}}; \lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}; m_l - ?$$

Будем считать в градусах Цельсия, т.к. нас интересуют только изменения температуры. Будем считать, что теплообмен происходит только между водой и льдом, т.е.:

$$Q_1 + Q_2 = Q;$$

$$-m_b C_b t_1 - m_b \lambda + m_b C_l t + m_l C_l (t - t_2) = 0;$$

$$m_l = \frac{m_b C_b t_1 + m_b \lambda - m_b C_l t}{C_l (t - t_2)} = \frac{C_b t_1 + \lambda - C_l t}{C_l (t - t_2)} m_b =$$

$$= \frac{4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 10\text{К} + 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot 4\text{К}}{2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} (-4\text{К} - 50\text{К})} 100\text{кг} \approx 394\text{кг}.$$

**688** Найдем  $Q_1$  – теплота охлаждения воды  $Q_1 = m_b C_b (0^\circ - T_b)$  и  $Q_2$  – тепло-  
та нагревания льда  $Q_2 = m_l C_l (0^\circ - T_l)$ .

$$Q_1 = 2 \cdot 4200 (0 - 5) = -42000 \text{ Дж. } Q_2 = 5 \cdot 2100 (4 - 0) = 42000 \text{ Дж.}$$

$$|Q_1| = |Q_2| \Rightarrow T = 0;$$

$$V = \frac{m_b}{\rho_b} + \frac{m_l}{\rho_l} = \frac{2}{1000} + \frac{5}{900} = 7,55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

**689** При попадании кипятка на кожу выделяется дополнительное тепло за  
счет конденсации пара.

**690** В состоянии теплового равновесия вода имеет ту же температуру, что и  
лед –  $0^\circ\text{C}$ . При пропускании пара лед плавится и вся вода греется до  $100^\circ\text{C}$ .  
Для этого расходуется теплота, которая берется из конденсации пара. Со-  
ответственно масса воды будет равна

$$m = m_b + m_l + m_n. \text{ Найдем } m_n.$$

$$m_n \cdot L = m_l \lambda + (m_l + m_b) C (100^\circ - 0^\circ);$$

$$m_n = \frac{m_l \lambda + (m_l + m_b) C (10^\circ - 0^\circ)}{L} =$$

$$\frac{0,15 \cdot 3,32 \cdot 10^5 + (0,15 + 0,2) \cdot 4200 (100 - 0)}{2,3 \cdot 10^6} = 0,086.$$

$$m = 0,2 + 0,15 + 0,086 = 0,436 \text{ кг.}$$

$$\mathbf{691} \text{ Найдем } Q_1 = m_n L + m_n C_b (T_0 - T) = 0,0066 \cdot 2,3 \cdot 10^6 +$$

$$+ 0,0066 \cdot 4200 (100 - 0) = 1,8 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

$$\text{Найдем } Q_2 = m_l \lambda = 0,0544 \cdot 3,32 \cdot 10^5 = 1,8 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

$Q_1 = Q_2$ . Следовательно вся теплота конденсации пара и последующего ох-  
лаждения воды идет на плавление льда. Конечная температура  $T = 0^\circ\text{C}$ .

**692** Очевидно вода нагреется до  $100^\circ$  и будет испаряться  $Q = pt$ ;

$$Q = Q_1 + Q_2; Q_1 = m_b C_b (T_1 - T_0); Q_2 = L m_n; m_n - ?$$

$$m_b C_b (T_1 - T_0) + L m_n = pt; m_n = \frac{pt - m_b C_b (T_1 - T_0)}{L} =$$

$$= \frac{100\text{Вт} \cdot 300\text{с} - 0,01\text{кг} \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ \cdot \text{C}} (100^\circ - 0^\circ)}{2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = 1,12 \cdot 10^{-2} \text{ кг, но}$$

$$m_n \leq m_b \Rightarrow \text{вода выкипит полностью и пар нагреется до температуры } T > 100^\circ\text{C} \Rightarrow$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad Q_1 = mc_B (100 - 0)$$

$$Q_2 = mL$$

$$Q_3 = mc_{\Pi}$$

$$Q_3 - ? \quad Q_3 = pt - mc_B (100 - 0) - mL = 100 \cdot 300 - 0,01 \cdot 4200(100 - 0) - 0,01 \cdot 2,3 \cdot 10^6 = 2800 \text{ Дж.}$$

$$C_{\Pi} = 1600 \text{ Дж/(Кг} \cdot ^\circ\text{C)};$$

$$Q_3 = mc_{\Pi} (T - 100)$$

$$T = \frac{Q_3}{mc_{\Pi}} + 100 = \frac{2800}{0,01 \cdot 1600} + 100 = 275^\circ\text{C.}$$

$$pV = \frac{m}{M} RT; \quad p = p_{\text{атм}}, \text{ т.к. поршень легкий; } M = 0,018 \text{ кг/моль, } V - ?$$

$$V = \frac{mRT}{Mp} = \frac{0,01 \cdot 8,31 \cdot (275 + 273)}{0,018 \cdot 10^5} = 0,025 \text{ м}^3;$$

$$h_0 = \frac{V_B}{S} = \frac{m_g}{\rho_g S}; \quad h = \frac{V}{S};$$

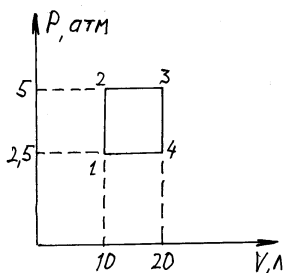
$$\Delta h = \frac{V}{S} - \frac{m_B}{\rho_B S} = \frac{1}{S} (V - \frac{m_g}{\rho_g}) = \frac{1}{0,01} (0,025 - \frac{0,01}{1000}) = 2,5 \text{ м.}$$

**693** Т.к. КПД любого двигателя меньше единицы продукты горения к концу рабочего хода будут иметь большую внутреннюю энергию, т.е. только часть выделившейся при горении энергии пошла на совершение работы, а другая часть нагрела смесь.

**694** Нет, т.к. перепад температуры в разных местах создает перепад давлений, который и порождает ветер.

**695** В непосредственной близости от дверцы холодильника температура понижается, но холодильник потребляет от сети электроэнергию; значит, если нет теплообмена комнаты с окружающим воздухом, то увеличивается внутренняя энергия воздуха в комнате, а значит, увеличится температура.

**696**



$$v = 1 \text{ моль; } V_{\min} = 10 \text{ л} = 10^{-2} \text{ м}^3; \quad V_{\max} = 20 \text{ л} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3;$$

$$p_{\min} = 2,5 \text{ атм} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па; } p_{\max} = 5 \text{ атм} = 5 \cdot 10^5 \text{ Па; } A - ?$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41};$$

$$A_{12} = A_{34} = 0, \text{ т.к. процессы 1-2 и 3-4 изохорические.}$$

$$A_{23} = p_{\max} (V_{\max} - V_{\min});$$

$$A_{41} = p_{\min} (V_{\min} - V_{\max});$$

$$A = p_{\max} (V_{\max} - V_{\min}) - p_{\min} (V_{\min} - V_{\max}) = (V_{\max} - V_{\min}) (p_{\max} - p_{\min}) =$$

$$= (2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 - 10^{-2} \text{ м}^3) (5 \cdot 10^5 \text{ Па} - 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}) = 2,5 \cdot 10^3 \text{ Дж}.$$

$$697 \text{ } Q = 1 \text{ кДж} = 10^3 \text{ Дж}; A = 300 \text{ Дж}; T_x = 280 \text{ К}; T_H - ? \eta - ?$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{300 \text{ Дж}}{1000 \text{ Дж}} = 0,3; \text{ Т к. машина идеальная } \eta = \left( 1 - \frac{T_x}{T_H} \right) = \frac{A}{Q};$$

$$T_H = \frac{Q}{Q - A} T_x = \frac{1000 \text{ Дж}}{1000 \text{ Дж} - 300 \text{ Дж}} \cdot 280 \text{ К} = 400 \text{ К}.$$

$$698 \text{ } Q = 1 \text{ ккал} = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}; A = 1,7 \text{ кДж} = 1,7 \cdot 10^3 \text{ Дж};$$

$$T_x = 20^\circ \text{C} = 293 \text{ К}; T_H - ?$$

$$\eta = \left( 1 - \frac{T_x}{T_H} \right) = \frac{A}{Q}; \quad T_H = \frac{Q}{Q - A} T_x = \frac{4,2 \text{ кДж}}{4,2 \text{ кДж} - 1,7 \text{ кДж}} \cdot 293 \text{ К} \approx 492 \text{ К}.$$

$$699 \text{ } Q_H = 7200 \text{ кДж}; Q_x = 6400 \text{ кДж}; \eta - ?$$

$$A = Q_H - Q_x;$$

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_x}{Q_H} = 1 - \frac{Q_x}{Q_H} \approx 0,11;$$

$$700 \text{ } T_1 = 480^\circ \text{C} = 753 \text{ К}; T_2 = 30^\circ \text{C} = 303 \text{ К}; \eta - ?$$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{303 \text{ К}}{753 \text{ К}} \approx 0,6$$

$$701 \text{ } T_1 = -35^\circ \text{C} = 238 \text{ К}; T_2 = 1^\circ \text{C} = 274 \text{ К}; \eta - ?$$

У нас есть нагреватель и холодильник, значит имея рабочее тело, мы создадим тепловую машину. Рабочее тело для такой машины не должно изменять своего газообразного состояния при всех температурах от  $T_1$  до  $T_2$ . Оценим КПД этой машины, как идеальной

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{238 \text{ К}}{274 \text{ К}} \approx 0,13.$$

$$702 \text{ } T_H = 550^\circ \text{C} = 833 \text{ К}; T_x = 20^\circ \text{C} = 293 \text{ К}; \eta - ?$$

$$\eta = 1 - \frac{T_x}{T_H} = 1 - \frac{293 \text{ К}}{833 \text{ К}} \approx 0,65.$$

$$703 \text{ } T_x = 17^\circ \text{C} = 290 \text{ К}; T_{H1} = 127^\circ \text{C} = 400 \text{ К}; T_{H2} = 447^\circ \text{C} = 720 \text{ К}; \frac{\eta_2}{\eta_1} - ?$$

$$\eta_1 = 1 - \frac{T_x}{T_{H1}}; \quad \eta_2 = 1 - \frac{T_x}{T_{H2}}; \quad \frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{1 - \frac{T_x}{T_{H2}}}{1 - \frac{T_x}{T_{H1}}} = \frac{1 - \frac{290 \text{ К}}{720 \text{ К}}}{1 - \frac{290 \text{ К}}{400 \text{ К}}} = 2,17.$$

$$704 \text{ } T_H = 117^\circ \text{C} = 390 \text{ К}; T_x = 27^\circ \text{C} = 300 \text{ К}; t = 1 \text{ с}; Q_H = 60 \text{ кДж} = 6 \cdot 10^4 \text{ Дж}; \eta - ? Q_x - ? N - ?$$

$$\eta = 1 - \frac{T_x}{T_H} = 1 - \frac{300K}{390K} \approx 0,23; \quad \eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_x}{Q_H};$$

$$Q_x = Q_H(1 - \eta) = 60 \text{ кДж}(1 - 0,23) = 46,2 \text{ кДж}.$$

$$N = \frac{A}{t_H} = \frac{Q_H - Q_x}{t} = \frac{60 \text{ кДж} - 46,2 \text{ кДж}}{1 \text{ с}} = 13,8 \text{ Вт}.$$

$$705 \quad T_x = 3 \text{ Тн}; Q = 40 \text{ кДж}; A - ?$$

$$\eta = 1 - \frac{T_x}{T_H} = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3}; \quad \eta = \frac{A}{Q} = \frac{2}{3}; \quad A = \frac{2}{3} Q = \frac{2}{3} \cdot 40 \text{ кДж} \approx 26,7 \text{ кДж}.$$

$$706 \quad T_H = 227^\circ\text{C} = 500\text{K}; Q_H = 1 \text{ кДж}; A = 350 \text{ Дж} = 0,35 \text{ кДж}; \eta - ? \quad T_x - ?$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{350 \text{ Дж}}{1000 \text{ Дж}} = 0,35; \quad \eta = 1 - \frac{T_x}{T_H};$$

$$T_x = T_H(1 - \eta) = 500\text{K} \cdot (1 - 0,35) = 325 \text{ K}.$$

$$707 \quad T_x = 0^\circ\text{C} = 273\text{K}; T_H = 100^\circ\text{C} = 373 \text{ K}; m_{\text{л}} = 1 \text{ кг};$$

$$\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}; \alpha = 2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}; m_{\text{н}} - ?$$

$$\eta = 1 - \frac{T_x}{T_H};$$

$Q_x = m_{\text{л}} \lambda$ , т.к. вода в холодильнике находится при температуре  $0^\circ\text{C}$ , при которой начинается замерзание.

$Q_H = m_{\text{л}} \alpha$ , т.к. вода в нагревателе находится при температуре  $100^\circ\text{C}$ , при которой начинается парообразование.

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_x}{Q_H} = 1 - \frac{Q_x}{Q_H}; \quad \text{Значит: } 1 - \frac{Q_x}{Q_H} = 1 - \frac{T_x}{T_H};$$

$$\frac{Q_x}{Q_H} = \frac{T_x}{T_H}; \quad Q_H = Q_x - \frac{T_H}{T_x}; \quad \alpha m_{\text{н}} = \lambda m_{\text{л}} \frac{T_H}{T_x};$$

$$m_{\text{н}} = m_{\text{л}} \frac{\lambda T_H}{\alpha T_x} = 1 \text{ кг} \cdot \frac{3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг} \cdot 373 \text{ K}}{2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг} \cdot 273 \text{ K}} \approx 0,2 \text{ кг}.$$

$$708 \quad m = 200 \text{ кг}; q = 29,4 \text{ МДж/кг} = 2,94 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}; \eta' = 80\% = 0,8; T_H = 300^\circ\text{C}$$

$$= 573 \text{ K}; T_x = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}; A_{\text{max}} - ?$$

$$Q_H = \eta' q m$$

$$\text{У идеальной тепловой машины } \eta = 1 - \frac{T_x}{T_H} = \frac{A}{Q_H} = \frac{A}{\eta' q m}$$

$$A = \eta' q m \left( 1 - \frac{T_x}{T_H} \right) = 0,8 \cdot 2,94 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 2 \cdot 10^2 \left( 1 - \frac{303 \text{ K}}{573 \text{ K}} \right) \approx 2,2 \cdot 10^9 \text{ Дж}$$

**709**  $m = 0,35 \text{ кг}$ ;  $q = 4,2 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ ;  $A = 1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ ;  $T_H = 250^\circ\text{C} = 523 \text{ К}$ ;  $T_X = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ К}$ ;  $\eta$ ,  $\eta_{\text{ид}}$  – ?

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{A}{qm} = \frac{3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}}{4,2 \cdot 10^7 \cdot 0,35 \text{ кг}} \approx 0,24 \quad \eta_{\text{ид}} = 1 - \frac{T_X}{T_H} = 1 - \frac{303 \text{ К}}{523 \text{ К}} \approx 0,42$$

**710** Пусть  $v$  – количество вещества.

$$\left( p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT$$

Если  $V$  – объем 1 моль вещества, то

$$V = \frac{V_1}{v}, \text{ где } V_1 \text{ – объем вещества в количестве } v.$$

$$\left( p + v^2 \frac{a}{V_1^2} \right) \left( \frac{V_1}{v} - b \right) = RT$$

Перейдем к общепринятым обозначениям, заменяя  $V_1$  на  $V$

$$\left( p + v^2 \frac{a}{V^2} \right) \left( \frac{V}{v} - b \right) = RT$$

**711** Для одного моль газа  $\left( p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT$ ,

$V \approx \frac{RT}{p}$ , т.е.  $b$  поправка учитывающая объем молекул. Отношение равно

$$\frac{b}{V} = \frac{bR}{RT}.$$

**712**  $V = 201 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ ;  $T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ К}$ ;  $v = 0,05 \text{ кмоль} = 50 \text{ моль}$ ;  $b = 0,043 \text{ м}^3/\text{кмоль} = 4,3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{кмоль}$ .

В условии  $a$  заданы в неверных единицах измерения, перепишем  $a$  в верных единицах.

$$a = 3,6 \cdot 10^5 = \frac{H}{\text{м}^4 \cdot \text{кмоль}^2} = 3,6 \cdot 10^{-1} \frac{H}{\text{м}^4 \cdot \text{моль}^2}; p - ?$$

$$\left( p + v^2 \frac{a}{V^2} \right) \left( \frac{V}{v} - b \right) = RT; p \left( \frac{V}{v} - b \right) = RT - v^2 \frac{a}{V^2} \left( \frac{V}{v} - b \right)$$



$$p = \frac{RT}{\frac{V}{\nu} - b} - \nu^2 \frac{a}{V^2} = \frac{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 300 \text{ К}}{\frac{2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3}{50 \text{ моль}} - 4,3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}} -$$

$$- 50^2 \text{ моль} \cdot \frac{0,36^2 \frac{\text{Н}^2}{\text{м}^2}}{2^2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^6} \approx 4 \cdot 10^6 \text{ Па} = 4,7 \text{ МПа}$$

**713**  $\nu = 1 \text{ моль}$ ;  $V = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $T = 17^\circ\text{C} = 290 \text{ К}$ ;  $a = 0,141 \frac{\text{м}^4 \cdot \text{Н}}{\text{моль}^2}$ ;

$$b = 3,92 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}; p_{u0} - ? \quad p_{pe} - ?$$

1)  $p_{u0} = \nu RT$

$$p_{ug} = \frac{\nu RT}{V} = \frac{1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 290 \text{ К}}{10^{-3} \text{ м}^3} \approx 2,4 \cdot 10^6 \text{ Па} = 2,41 \text{ МПа}$$

2)  $\left( p_{pe} + \nu^2 \frac{a}{V^2} \right) \left( \frac{V}{\nu} - b \right) = RT$

$$p_{pe} = \frac{\nu RT}{V - \nu b} - \nu^2 \frac{a}{V^2} = \frac{1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 290 \text{ К}}{10^{-3} \text{ м}^3 - 3,92 \cdot 10^{-4} \cdot 1 \text{ моль}} -$$

$$- \frac{1 \text{ моль} \cdot 0,141 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^4}{\text{моль}^2}}{10^{-6} \text{ м}^6} \approx 2,37 \cdot 10^6 \text{ Па} = 2,37 \text{ МПа}$$

**714**  $V = 5 \text{ л} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ К}$ ;  $\nu = 10 \text{ моль}$ ;  $p_u, p_{pe}$  для кислорода и водорода.

1) Для водорода

$$p_u V = \nu RT$$

$$p_u = \nu \frac{RT}{V} = 10 \text{ моль} \cdot \frac{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 300 \text{ К}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} \approx 5 \cdot 10^6 \text{ Па} = 5 \text{ МПа}$$

$$a = 0,0245 \frac{\text{м}^4 \cdot \text{Н}}{\text{моль}^2}; b = 2,66 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}; \left( p_{pe} + \nu^2 \frac{a}{V^2} \right) \left( \frac{V}{\nu} - b \right) = RT$$

$$p_{pe} = \frac{\nu RT}{V - \nu b} - \nu^2 \frac{a}{V^2} = \frac{10 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 300 \text{ К}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 - 10 \text{ моль} \cdot 2,66 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}} -$$

$$- 10^2 \text{ моль}^2 \cdot \frac{0,0245 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^4}{\text{моль}^2}}{5^2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3} \approx 5,2 \cdot 10^6 \text{ Па} = 5,2 \text{ МПа}$$

2) Для кислорода  $P_u V = \nu RT$

$$p_u = \nu \frac{RT}{V} = 10 \text{ моль} \cdot \frac{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 300 \text{ К}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} \approx 5 \cdot 10^6 \text{ Па} = 5 \text{ МПа}$$

$$a = 0,138 \frac{\text{м}^4 \cdot \text{Н}}{\text{моль}^2}; b = 3,18 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}; \left( p_{pe} + \nu^2 \frac{a}{V^2} \right) \left( \frac{V}{\nu} - b \right) = RT$$

$$p_{pe} = \frac{\nu RT}{V - \nu b} - \nu^2 \frac{a}{V^2} = \frac{10 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 300 \text{ К}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 - 10 \text{ моль} \cdot 3,18 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}} -$$

$$- 10^2 \text{ моль}^2 \cdot \frac{0,138 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^4}{\text{моль}^2}}{5^2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^6} \approx 5,9 \cdot 10^6 \text{ Па} = 5,9 \text{ МПа}$$

**715**  $\nu = 1 \text{ моль}$ ;  $V = 11,5 \text{ л} = 1,15 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ ;  $p = 200 \text{ кПа} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ;

$$a = 0,141 \frac{\text{м}^4 \cdot \text{Н}}{\text{моль}^2}; b = 3,92 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}; T_u - ? \quad T_{pe} - ?$$

$$PV = \nu RT_u$$

$$T_u = \frac{pV}{\nu R} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 1,15 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3}{1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}} \approx 276,8 \text{ К}; \left( p - \nu^2 \frac{a}{V^2} \right) \left( \frac{V}{\nu} - b \right) = RT_{pe}$$

$$T_{pe} = \frac{1}{R} \left( p - \nu^2 \frac{a}{V^2} \right) \left( \frac{V}{\nu} - b \right) = \frac{1}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}} \left( 2 \cdot 10^5 \text{ Па} - 1 \cdot \text{моль}^2 \frac{0,141 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^4}{\text{моль}^2}}{1,15^2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^6} \right) \cdot$$

$$\cdot \left( \frac{1,15 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3}{1 \text{ моль}} - 3,92 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{1 \text{ моль}} \right) \approx 274,4$$

**716**  $V = 0,5 \text{ л} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ ;  $p = 300 \text{ кПа} = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ;  $\nu = 2 \text{ моль}$ ;

$$a_{\kappa} = 0,138 \frac{\text{М}^4 \cdot \text{Н}}{\text{МОЛЬ}^2}; b_{\kappa} = 3,18 \cdot 10^{-5} \frac{\text{М}^3}{\text{МОЛЬ}};$$

$$a_{y2} = 0,36 \frac{\text{М}^4 \cdot \text{Н}}{\text{МОЛЬ}^2}; b_{y2} = 4,3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{М}^3}{\text{МОЛЬ}};$$

$$\Delta T_u - ? \Delta T_{pe} - ?$$

$$1) pV = \nu RT_{ук}; pV = \nu RT_{ук}; \Delta T_u = T_{ук} - T_{y2} = 0$$

$$2) \left( p + \nu^2 \frac{a_{\kappa}}{V^2} \right) \left( \frac{V}{\nu} - b_{\kappa} \right) = RT_{pek}; \left( p + \nu^2 \frac{a_{y2}}{V^2} \right) \left( \frac{V}{\nu} - b_{y2} \right) = RT_{pe y2}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_{pe} &= T_{pek} - T_{pe y2} = \frac{1}{R} \left( p + \nu^2 \frac{a_{\kappa}}{V^2} \right) \left( \frac{V}{\nu} - b_{\kappa} \right) - \frac{1}{R} \left( p + \nu^2 \frac{a_{y2}}{V^2} \right) \left( \frac{V}{\nu} - b_{y2} \right) = \\ &= \frac{1}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{МОЛЬ}}} \cdot \left( 3 \cdot 10^5 \text{ Па} + 2^2 \text{ МОЛЬ}^2 \cdot \frac{0,138 \frac{\text{Н} \cdot \text{М}^4}{\text{МОЛЬ}^2}}{5^2 \cdot 10^{-8} \text{ М}^6} \right) \cdot \\ &\quad \cdot \left( \frac{5 \cdot 10^{-4} \text{ М}^3}{2 \text{ МОЛЬ}} - 3,18 \cdot 10^{-5} \frac{\text{М}^3}{1 \text{ МОЛЬ}} \right) - \frac{1}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{МОЛЬ}}} \cdot \\ &\quad \cdot \left( 3 \cdot 10^5 \text{ Па} + 2^2 \text{ МОЛЬ}^2 \cdot \frac{0,36 \frac{\text{Н} \cdot \text{М}^4}{\text{МОЛЬ}^2}}{5^2 \cdot 10^{-8} \text{ М}^6} \right) \cdot \left( \frac{5 \cdot 10^{-4} \text{ М}^3}{2 \text{ МОЛЬ}} - 4,3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{М}^3}{1 \text{ МОЛЬ}} \right) \approx 85 \text{ К} \end{aligned}$$

**717** Давление пара не изменится, т.к. часть пара конденсируется.

**718** Температура очков ниже температуры воздуха, давление паров воды становится достаточным для конденсации и очки запотевают.

**719** Клубы тумана образуются из-за того, что холодный воздух с улицы понижает температуру теплого и влажного воздуха в комнате до температуры, достаточной для конденсации. В комнате плотность смеси холодного и теплого воздуха больше плотности окружающего воздуха, и смесь опускается вниз. На улице из-за того, что плотность смеси меньше плотности окружающего воздуха, смесь будет подниматься.

**720** Теплый и влажный воздух из комнаты около окна может иметь давление пара выше, чем давление насыщенного пара при температуре окна. В этом случае происходит конденсация. Если температура окна ниже температуры замерзания воды, то на внутренней стороне стекла появляется иней.

**721** В нижнем шаре будет водяной пар, который будет конденсироваться и замерзать. Тогда возникнет разность давлений и молекулы водяного пара будут двигаться из верхнего в нижний шар. Начнется активное испарение

из верхнего шара, которое охладит воду в верхней колбе, отчего она и замерзнет.

**722** При большей влажности испарение с кожи человека идет медленнее, чем при меньшей. А при испарении «улетают» наиболее энергичные молекулы, за счет чего кожа охлаждается. Значит в теплый сухой день кожа охлаждается эффективнее, чем в сырой теплый день.

**723** Зимой влажность воздуха ниже, чем летом, значит испарение с кожи человека идет активнее, чем летом. Значит тело человека быстрее охлаждается. Если температура зимой в доме будет выше, то этим подогревается тело, и человек чувствует себя комфортнее.

**724** Максимальная абсолютная влажность будет над океаном при высокой температуре, т.е. в тропиках или на экваторе над океаном.

**725** Окна запотевают из-за того, что температура около окна ниже температуры конденсации пара в комнате. Окна запотевают с внутренней стороны. Лед образуется, если температура окна ниже температуры замерзания воды.

**726** Точка росы должна быть ниже  $0^{\circ}\text{C}$ .

**727** Иней проявляется при температуре воздуха около  $1^{\circ}\text{C}$  из-за того, что температура поверхности, на которой появился иней, ниже  $0^{\circ}\text{C}$ .

**728**  $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ ;  $\phi_1 = 40\% = 0,4$ ;  $t_2 = 0^{\circ}\text{C}$ ;  $\phi_1 = 80\% = 0,8$ .

При  $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$  давление насыщенных паров  $P_{01} = 2,33 \text{ кПа}$ , при температуре  $t_2 = 0^{\circ}\text{C}$   $P_{02} = 0,61 \text{ кПа}$ .

$p_1 = p_{01}\phi_1 = 0,932 \text{ кПа}$

$p_2 = p_{02}\phi_2 = 0,488 \text{ кПа}$

Т.к.  $p_1 > p_2$ , то потоки пара пойдут из комнаты на улицу.

**729**  $p = 14 \text{ кПа} = 1,4 \cdot 10^4 \text{ Па}$ ;  $T = 333 \text{ К}$ ;  $M = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$   $\rho - ?$

Считая пар идеальным газом, запишем

$$pV = \frac{m}{M}RT; p = \frac{\rho}{M}RT; \rho = \frac{pM}{RT} = \frac{1,4 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 333 \cdot 10^2 \text{ К}} \approx 0,09 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

**730**  $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ ;  $M_{\text{возд}} = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ ;  $T = 36^{\circ} = 309 \text{ К}$ ;  $p_0 = 44,6$

мм. рт. ст.  $\approx 6,2 \text{ кПа} = 6,2 \cdot 10^3 \text{ Па}$ ;  $\phi = 80\% = 0,8$ ;  $V = 1 \text{ м}^3$ ;  $p = 1 \text{ атм.} = 10^5 \text{ Па}$ ;  $m - ?$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = p_0 \phi; p_{\text{H}_2\text{O}} V = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} RT; m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}} M_{\text{H}_2\text{O}} V}{RT} = \frac{\phi p_0 M_{\text{H}_2\text{O}} V}{RT}$$

Аналогично

$$m_{\text{воз}} = \frac{p M_{\text{воз}}}{RT}$$

$$m = m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{BO}_3} = \frac{V}{RT} (\phi p_0 M_{\text{H}_2\text{O}} + p M_{\text{BO}_3}) = \frac{1 \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 309 \text{ К}} \cdot \left( 0,8 \cdot 6,2 \cdot 10^{34} \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} + 10^5 \text{ Па} \cdot 2,9 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right) \approx 1,16 \text{ кг}$$

**731**  $T_1 = 16^\circ\text{C}$ ;  $\phi_1 = 65\% = 0,65$ ;  $\Delta T = -4^\circ\text{C}$ ;  $\Delta\phi = ?$

$$T_2 = T_1 + \Delta T = 16^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C} = 12^\circ\text{C}$$

Давление насыщенного пара при  $T_1 = 16^\circ\text{C}$   $p_1 = 1,81 \text{ кПа}$ , при  $T_2 = 12^\circ\text{C}$   $p_2 = 1,4 \text{ кПа}$

$$p = \phi_1 p_1$$

$$\phi_2 \frac{p}{p_2} = \phi_1 \frac{p_1}{p_2} = 0,65 \cdot \frac{1,81 \text{ кПа}}{1,4 \text{ кПа}} \approx 0,84 = 84\%$$

$$\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2 = 84\% - 65\% = 19\%$$

**732**  $V = 10 \text{ л} = 10^{-2} \text{ м}^3$ ;  $m = 0,13 \text{ г}$ ;  $T = 20^\circ\text{C}$ ;  $\phi = ?$

Будем считать, что хлористый кальций осушил весь воздух.

Плотность насыщенных паров при  $T = 20^\circ\text{C}$  равна  $\rho_{\text{H}} = 17,3 \text{ г/м}^3$

$$\rho = \frac{m}{V}; \quad \phi = \frac{\rho}{\rho_{\text{H}}} = \frac{m}{V\rho_{\text{H}}} = \frac{0,132}{10^{-2} \text{ м}^3 \cdot 17,3 \text{ г/м}^3} \approx 0,76 = 76\%$$

**733**  $m = 0,4 \text{ г}$ ;  $T = 290 \text{ К}$ ;  $V = 40 \text{ л} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$

1) Можно повысить плотность изотермически

$$\rho_{\text{H}} = 14,5 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \text{ при } T = 290 \text{ К}$$

Плотность насыщенного пара при температуре  $T = 290 \text{ К}$

$$\rho_{\text{H}} = \frac{m}{V}; \quad V = \frac{m}{\rho_{\text{H}}} = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 = 27 \text{ л}$$

Для этого понизим объем до  $V = 27 \text{ л}$ .

2) Можно понизить температуру изохорически

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,42}{4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3} = 10 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

Тогда плотность будет у насыщенного пара при температуре  $T' = 11^\circ\text{C} = 284 \text{ К}$ .

Для этого понизим температуру до  $284 \text{ К}$ .

$$\textbf{734} \quad M = 1,8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}; \quad V = 100 \text{ л} = 0,1 \text{ м}^3; \quad T = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ К}; \quad \phi_1 = 30\% =$$

$$0,3; \quad m = 1 \text{ г}; \quad \phi = ?$$

Давление насыщенных паров воды при  $T = 30^\circ\text{C}$  составляет  $p_0 = 4,42 \text{ кПа}$ .

$$pV = \frac{m}{M}RT; \quad p = \frac{mRT}{MV} = \frac{10^{-3} \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 303 \text{ К}}{18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 0,1 \text{ м}^3} \approx 1,4 \text{ кПа}$$

$$\varphi = \varphi_1 + \frac{p}{p_0} = 0,3 + \frac{1,4 \text{ кПа}}{4,2 \text{ кПа}} \approx 0,63 = 63\%$$

**735**  $V = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $T = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ К}$ ;  $\varphi_1 = 30\% = 0,3$ ;  $m = 1 \text{ г}$ ;  $\varphi - ?$

Давление насыщенных паров воды при  $T = 30^\circ\text{C}$  составляет  $p_0 = 4,42 \text{ кПа}$ .

$$pV = \frac{m}{M}RT; \quad p = \frac{mRT}{MV} = \frac{10^{-3} \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 303 \text{ К}}{18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} \approx 140 \text{ кПа}$$

$$\varphi = \varphi_1 + \frac{p}{p_0} = 0,3 + \frac{140 \text{ кПа}}{4,2 \text{ кПа}} \approx 534$$

Такого не может быть. Часть воды останется в жидком состоянии, а  $\varphi = 100\%$ .

**736**  $T = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ К}$ ;  $\varphi_1 = 20\% = 0,2$ ;  $\varphi_2 = 50\% = 0,5$ ;  $V = 40 \text{ м}^3$ ;  $m - ?$

При  $T = 20^\circ\text{C}$  плотность насыщенных паров  $\rho_0 = 17,3 \text{ г/м}^3$

$$m = \rho_0 (\varphi_2 - \varphi_1) \cdot V = 17,3 \text{ г/м}^3 (0,5 - 0,2) \cdot 40 \text{ м}^3 = 207,62 \text{ г}.$$

**737**  $V = 50 \text{ м}^3$ ;  $\varphi_1 = 40\% = 0,4$ ;  $\varphi_2 = 50\% = 0,5$ ;  $m = 60 \text{ г}$ ;  $\rho - ?$

$$\Delta\rho = \frac{m}{V}; \quad \Delta\rho = \rho_0 (\varphi_2 - \varphi_1); \quad \rho_0 = \frac{m}{V(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$\rho = \varphi_2 \rho_0 = \frac{\varphi_2 m}{V(\varphi_2 - \varphi_1)} = \frac{60 \text{ г} \cdot 0,5}{50 \text{ м}^3 (0,5 - 0,4)} = 6 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

**738**  $V = 0,7 \text{ м}^3$ ;  $T = 24^\circ\text{C} = 273 \text{ К}$ ;  $\varphi = 60\% = 0,6$ ;  $M = 1,8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ ;

$m - ?$

При температуре  $T = 24^\circ\text{C}$  давление насыщенного пара составляет  $p_0 = 2,98 \text{ кПа}$

$$p_0 V = \frac{m}{M}RT; \quad m_1 = \frac{p_0 V M}{RT}; \quad m_2 = \frac{\varphi p_0 V M}{RT}$$

$$m = m_1 - m_2 = \frac{p_0 V M}{RT} (1 - \varphi) =$$

$$= \frac{2,98 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,7 \text{ м}^3 \cdot 1,8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 297 \text{ К}} (1 - 0,6) \approx 6,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 6,1 \text{ г}$$

**739**  $T_1 = 4^\circ\text{C}$ ;  $T_2 = 10^\circ\text{C}$ ;  $T_3 = 16^\circ\text{C}$ ;  $T'_2, T'_3 - ?$

При температуре  $T_1 = 4^\circ\text{C}$  давление насыщенного пара  $p_{01} = 0,8$  кПа, влажность по психрометрической таблице  $\varphi_1 = 100\%$ .

При температуре  $T_2 = 10^\circ\text{C}$  давление насыщенного пара  $p_{02} = 1,23$  кПа.

$$\varphi_2 = \varphi_1 \frac{p_{01}}{p_{02}} \approx 0,66 = 66\%$$

Из психрометрической таблицы имеем  $T'_2 = 7^\circ\text{C}$ .

При температуре  $T_3 = 16^\circ\text{C}$  давление насыщенного пара  $p_{03} = 1,81$  кПа.

$$\varphi_3 = \varphi_1 \frac{p_{01}}{p_{03}} \approx 0,45 = 45\%$$

Из психрометрической таблицы имеем  $T'_3 = 10^\circ\text{C}$ .

**740**  $T_p = 10^\circ\text{C}$ ;  $T = 18^\circ\text{C}$ ;  $\varphi - ?$

При  $T_p = 10^\circ\text{C}$  давление насыщенного пара  $p_1 = 1,23$  кПа, при  $T = 18^\circ\text{C}$   $p_2 = 2,07$  кПа.

$$\varphi = \frac{p_1}{p_2} = \frac{1,23 \text{ кПа}}{2,07 \text{ кПа}} \approx 0,59 = 59\%$$

**741**  $T_1 = 16^\circ\text{C}$ ;  $T_2 = 8^\circ\text{C}$ ;  $\varphi = 55\% = 0,55$ .

При  $T_1 = 16^\circ\text{C}$  давление насыщенного пара  $p_1 = 1,81$  кПа, при  $T_2 = 8^\circ\text{C}$   $p_2 = 1,06$  кПа.

$$p = p_1 \varphi \approx 1 \text{ кПа}$$

Т.к.  $p < p_1$ , роса не выпадет.

**742**  $T_1 = 20^\circ\text{C}$ ;  $T_2 = 8^\circ\text{C}$ ;  $\varphi = 60\% = 0,6$ ;  $V = 1 \text{ м}^3$ ;  $m - ?$

При  $T_1 = 20^\circ\text{C}$  плотность насыщенного пара  $\rho_1 = 17,3 \text{ г/м}^3$ , при  $T_2 = 8^\circ\text{C}$   $\rho_2 = 8,3 \text{ г/м}^3$ .

$$m = V \cdot (\varphi \rho_1 - \rho_2) = 1 \text{ м}^3 \cdot (0,6 \cdot 17,3 \text{ г/м}^3 - 8,3 \text{ г/м}^3) = 2,08 \text{ г}.$$

**743**  $V = 10 \text{ л} = 10^{-2} \text{ м}^3$ ;  $T_1 = 273 \text{ К}$ ;  $T_2 = 373 \text{ К}$ ;  $p_1 = 10^5 \text{ Па}$ ;  $m = 3 \text{ г}$ ;  $M = 1,8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ ;  $p_2 - ?$

Рассмотрим отдельно увеличения давления за счет сухого воздуха и за счет испарения воды. По закону Дальтона давление в баллоне будет равно сумме этих двух давлений.

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p'_2}{T_2}; p'_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1}; p''_2 = \frac{m}{M} RT_2; p''_2 = \frac{mRT_2}{MV}$$

$$p_2 = p'_2 + p''_2 = T_2 \left( \frac{p_1}{T_1} + \frac{mR}{MV} \right) = 373 \text{ К} \left( \frac{10^5 \text{ Па}}{273 \text{ К}} + \frac{3 \text{ г} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}}{18 \text{ г/моль} \cdot 10^{-2} \text{ м}^3} \right) \approx 1,9 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$744 \quad V_1 = 1 \text{ м}^3; V_2 = 2 \text{ м}^3; \varphi_1 = 20\% = 0,2; M = 18 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \varphi_2 = 40\% = 0,4; p_1 =$$

$$10^5 \text{ Па}; p_2 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}; T = 350 \text{ К}; \varphi, p - ?$$

Считая влажный воздух идеальным газом, запишем

$$p_1 V_1 = \frac{m_1}{M} RT; p_2 V_2 = \frac{m_2}{M} RT; p(V_1 + V_2) = \frac{m_1 + m_2}{M} RT = p_1 V_1 + p_2 V_2$$

$$p = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 1 \text{ м}^3 + 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 2 \text{ м}^3}{1 \text{ м}^3 + 2 \text{ м}^3} \approx 1,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

При температуре  $T = 350 \text{ К}$  давление насыщенных паров  $p_0$ . Считая водяные пары идеальным газом, запишем

$$p_0 \varphi_1 V_1 = \frac{m'_1}{M'} RT; p_0 \varphi_2 V_2 = \frac{m'_2}{M'} RT$$

$$p_0 \varphi(V_1 + V_2) = \frac{m'_1 + m'_2}{M'} RT = p_0 \varphi_1 V_1 + p_0 \varphi_2 V_2$$

$$\varphi(V_1 + V_2) = \varphi_1 V_1 + \varphi_2 V_2$$

$$\varphi = \frac{\varphi_1 V_1 + \varphi_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{0,2 \cdot 1 \text{ м}^3 + 0,4 \cdot 2 \text{ м}^3}{1 \text{ м}^3 + 2 \text{ м}^3} \approx 0,33 = 33\%$$

$$745 \quad V = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3; m = 5 \text{ г} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; \rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; M_1 = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}};$$

$$M_2 = 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}; T = 373 \text{ К}; \Delta T = 50 \text{ К}; \Delta V_1, \Delta V_2 - ?$$

$$\left\{ \begin{array}{l} pV_1 = \frac{m}{M} RT \\ pV_2 = \frac{m}{M} RT \\ V_1 + V_2 = V \end{array} \right.$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{M_2}{M_1}; \frac{V_1}{V - V_1} = \frac{M_2}{M_1}; \frac{V}{V_1} - 1 = \frac{M_1}{M_2}; V_1 = \frac{M_2}{M_1 + M_2} V$$

$$V_2 = V - V_1 = \frac{M_1}{M_1 + M_2} V; V'_1 = \frac{m}{\rho}; V'_2 = V - \frac{m}{\rho}$$



$$\Delta V_1 = V_1' - V_1 = \frac{m}{\rho} - \frac{M_2}{M_1 + M_2} V =$$

$$= \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}{10^3 \text{ кг/м}^3} - \frac{28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} + 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \approx$$

$$\approx -0,61 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\Delta V_2 = -\Delta V_1 = 0,61 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

**746**  $m = 15,5 \text{ г} = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$ ;  $p = 100 \text{ атм.} = 10^7 \text{ Па}$ ;  $V = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $M = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$ ;  $T = ?$

$$pV = \frac{m}{M} RT ; T = \frac{pVM}{Rm} = \frac{10^7 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ кг}} \approx 1240 \text{ К}$$

**747** Возможно, люди любят горячий суп больше, чем холодный, из-за того, что при более высокой температуре сложные органические вещества, содержащиеся в супе, легче разлагаются на более простые и впитываются.

**748** Лучше паста с малым поверхностным натяжением из-за того, что на легко окружает кусочки зубного налета, которые начинают слабее взаимодействовать с зубами, легко отрываются и смываются водой.

**749** Мыльная пленка стремится уменьшить свою энергию за счет того, что в поверхностном слое молекулы обладают большей энергией, чем в других частях пленки. Для уменьшения числа таких молекул необходимо уменьшить площадь поверхности; вот почему пленка «ползет» к узкому отверстию воронки, т.е. вверх.

**750** Поверхностное натяжение воды велико, значит и давление, создаваемое пленкой, будет велико. При таких давлениях воздух растворится в воде или диффундирует в атмосферу. Поверхностное натяжение мыльной пленки меньше, значит меньше давление в пузыре. Воздух в мыльном пузыре слабо растворяется или диффундирует. Поэтому надувают мыльные пузыри.

**751** Каждую песчинку можно рассматривать как отдельное тело, на которое действует сила ветра, отчего песчинка взлетает. Воду, как и всякую жидкость, нужно рассматривать как среду, состоящую из молекул, между которыми есть сила притяжения.

Важную роль играет поверхностное натяжение (один из видов молекулярного взаимодействия), стремящееся уменьшить площадь. Ветер, образующий брызги, наоборот, стремится увеличить площадь поверхности за счет поверхности брызг. Вот почему тучи песка ветру поднять легче, чем брызги на воде.

**752** Если волокна сетки хорошо смачиваются, то по мере высыхания объем воды между волокнами будем уменьшаться, волокна будут сближаться друг с другом. От этого сетка будет натягиваться.

**753** Рассмотрим один пузырек. Разобьем его на две части по сечению максимальной площади. Теперь нижняя пленка давит на верхнюю с силой

$$F = 2 \cdot 2\pi rG = 4\pi rG$$

Для равновесия должно быть

$$F = pS = p\pi r^2 = 4\pi rG; \quad p = \frac{4\pi rG}{\pi r^2} = \frac{4G}{r}$$

Таким образом в большем пузыре давление меньше, чем в меньшем. Значит воздух из меньшего пузыря потечет в больший, и объем меньшего пузыря уменьшится, а большего возрастет.

**754** В невесомости вода за счет силы поверхностного натяжения увеличит площадь своего контакта со стеклом. Тогда воздух окажется в толще воды. А за счет силы поверхностного натяжения вода уменьшит поверхность контакта с воздухом до минимальной, т.е. до сферической.

$$\mathbf{755} \quad \sigma_1 = 0,017 \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \quad \sigma_2 = 0,073 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$ma = F_2 - F_1 = \sigma_2 l - \sigma_1 l = l(\sigma_2 - \sigma_1)$$

Т.к.  $l > 0$ , направление движения будет определяться разностью  $\sigma_2 - \sigma_1 > 0$ , значит нитка будет перемещаться в сторону, где не налит эфир.

$$\mathbf{756} \quad \sigma = 0,073 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \quad m = 0,1 \text{ г} = 10^{-4} \text{ кг}; \quad l = 3,5 \text{ см} = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

$$F_{\text{н}} = 2\sigma l = 2 \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 5,11 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$$

$$F_{\text{т}} = mg = 10^{-4} \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 10^{-3} \text{ Н}.$$

$F_{\text{н}} > F_{\text{т}}$ , значит игла удержится на воде.

$$\mathbf{757} \quad l = 8 \text{ см} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \quad t = 18^\circ\text{C}; \quad \sigma_{\text{б}} = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \quad \sigma_{\text{М}} = 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \quad F - ?$$

$$F = l\sigma_{\text{б}} - l\sigma_{\text{М}} = l(\sigma_{\text{б}} - \sigma_{\text{М}}) = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot (7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}} - 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}) = 2,64 \cdot 10^{-3} \text{ Н}.$$

Соломинка будет двигаться в направлении воды без мыла.

$$\mathbf{758} \quad d = 6 \text{ см} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \quad \sigma = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \quad F_{\text{мин}} - ?$$

$$F_{\text{мин}} = 2 \cdot \pi d \sigma \approx 2 \cdot 3,14 \cdot 6 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \approx 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ Н}.$$

Точность весов должна быть меньше  $2,8 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$ .

$$759 \quad d = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}; \sigma = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; m - ? \quad mg = \pi d \sigma$$

$$m = \frac{\pi d \sigma}{g} \approx \frac{3,14 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \approx 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$$

$$760 \quad N = 318; m = 5 \text{ г} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; d = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}; \sigma - ?$$

$$\frac{m}{N} g = \sigma \pi d; \sigma = \frac{mg}{\pi N d} \approx \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{3,14 \cdot 318 \cdot 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}} \approx 0,07 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$761 \quad t_1 = 8^\circ\text{C}; N_1 = 40; t_2 = 80^\circ\text{C}; N_2 = 48; \frac{G_1}{G_2} - ?$$

$$\frac{m}{N_1} g = \sigma_1 \pi d; \frac{m}{N_2} g = \sigma_2 \pi d; \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{N_2}{N_1} = 1,2$$

$$762 \quad N = 152; m = 1820 \text{ мг} = 1,82 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; d = 1,2 \text{ мм} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \sigma - ?$$

$$\frac{m}{N} g = \sigma \pi d$$

$$\sigma = \frac{mg}{\pi N d} \approx \frac{1,82 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{3,14 \cdot 152 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}} \approx 3,2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$763 \quad \Delta S = 6 \text{ см}^2 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2; \sigma = 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; A - ?$$

$$A = 2\sigma \Delta S = 2 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ Дж.}$$

764 Г к. площадь поверхности капли связана с объемом соотношением

$$S = \alpha V^{2/3}$$

где  $\alpha$  – постоянная, то площадь поверхности капель

$$\sum_{n=1}^{10} S_n = \alpha \sum_{n=1}^{10} V_i^{2/3}$$

а площадь поверхности капли, составленной из 20 капель

$$S = \alpha \left( \sum_{n=1}^{10} V_1 \right)^{2/3}$$

Т.к.  $\sum_{n=1}^{10} V_i^{2/3} > \left( \sum_{n=1}^{10} V_1 \right)^{2/3}$ , то площадь поверхности новой капли меньше пло-

щади поверхности старых. Отсюда следует, что энергия поверхностного слоя уменьшилась, часть его энергии перешла в тепло. Значит, капля нагрелась.

$$765 \quad \sigma = 0,04 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; r_{\max} = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}; A - ?$$

Как показано в задаче № 753, избыточное над атмосферным давление в мыльном пузыре составляет

$$p = \frac{4\sigma}{r}; V = \frac{4}{3}\pi r^3; V_1 = 0; V_2 = \frac{4}{3}\pi r_{\max}^3$$

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_0^{r_{\max}} \frac{4\sigma}{r} \cdot 4\pi r^2 dr = 16\sigma\pi \int_0^{r_{\max}} r dr = 16\sigma\pi \left. \frac{r^2}{2} \right|_0^{r_{\max}} =$$

$$= 8\sigma\pi r_{\max}^2 \approx 8 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 3,14 \cdot (4 \cdot 10^{-2})^2 \text{ м}^2 \approx 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ Дж.}$$

766 Как показано в задаче № 753, избыточное над атмосферным давление в каждом пузыре составляет

$$p_1 = \frac{4G}{R_1}; p_2 = \frac{4G}{R_2}; p_3 = \frac{4G}{R_3}.$$

$$(p_0 + p_1) \cdot V_1 = \nu_1 RT_1;$$

$$V_1 = \frac{4}{3}\pi R_1^3$$

$$(p_0 + p_2) \cdot V_2 = \nu_2 RT_2;$$

$$V_2 = \frac{4}{3}\pi R_2^3$$

$$(p_0 + p_3) \cdot V_3 = \nu_3 RT_3;$$

$$V_3 = \frac{4}{3}\pi R_3^3; \nu_3 = \nu_1 + \nu_2$$

Подставляя все значения выражений, входящих с уравнения Менделеева-Клапейрона, получим систему.

$$\left\{ \begin{array}{l} \left( p_0 + \frac{4\sigma}{R_1} \right) \frac{4}{3}\pi R_1^3 = \nu_1 RT \\ \left( p_0 + \frac{4\sigma}{R_2} \right) \frac{4}{3}\pi R_2^3 = \nu_1 RT \\ \left( p_0 + \frac{4\sigma}{R_3} \right) \frac{4}{3}\pi R_3^3 = (\nu_1 + \nu_2) RT \end{array} \right.$$

$$\left(p_0 + \frac{4\sigma}{R_3}\right) \frac{4}{3} \pi R_3^3 = \left(p_0 + \frac{4\sigma}{R_1}\right) \frac{4}{3} \pi R_1^3 + \left(p_0 + \frac{4\sigma}{R_2}\right) \frac{4}{3} \pi R_2^3$$

$$p_0 R_3^3 + 4\sigma R_3^2 = p_0 R_1^3 + 4\sigma R_1^2 + p_0 R_2^3 + 4\sigma R_2^2; \sigma = \frac{p_0(R_3^3 - R_1^3 - R_2^3)}{4(R_1^2 + R_2^2 - R_3^2)}$$

**767** Если соломины лежат достаточно близко одна от другой, соломины хорошо смачиваются, то сила поверхностного натяжения, действующая на воду, уравнивает силу тяжести, и крыша не протечет.

$$\mathbf{768} \ d = 2 \text{ мкм} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}; \sigma = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; h = ?$$

$$\rho \pi \frac{d^2}{4} h g = \pi d \sigma; h = \frac{4\sigma}{\rho g d} = \frac{4 \cdot 7,3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}} = 14,6 \text{ м}$$

$$\mathbf{769} \ r = 10^{-3} \text{ м}; d = 0,15 \text{ м}; \sigma = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; F = ? \ h = ?; \rho g r d h = 2\sigma d$$

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g d} = \frac{2 \cdot 7,3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 10^{-3} \text{ м}} = 1,46 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$F = \int_0^h p d x = \int_0^h \rho g (h - x) d x = \rho g d x \int_0^h d x - \rho g d \int_0^h x d x = \rho g d \left( h^2 - \frac{x^2}{2} \right) \Big|_0^h =$$

$$= \frac{\rho g d h^2}{2} = \frac{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,15 \text{ м} \cdot 1,46^2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{2} \approx 0,16 \text{ Н}$$

**770**

$$d_1 = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}; d_2 = 3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}; d_3 = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \Delta h = 6 \text{ мм} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \sigma = ?$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho g \frac{\pi}{4} d_1^2 h_1 = \pi d_1 \sigma \\ \rho g \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_3^2) h_2 = \pi (d_2 + d_3) \sigma \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h_1 = \frac{4\sigma}{\rho g d_1} \\ h_2 = \frac{4\sigma (d_2 + d_3)}{\rho g (d_2^2 - d_3^2)} = \frac{4\sigma}{\rho g (d_2 - d_3)} \end{array} \right.$$

$$\Delta h = h_1 - h_2 = \frac{4\sigma}{\rho g} \left( \frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2 - d_3} \right) = \frac{4\sigma}{\rho g} \left( \frac{d_2 - d_3 - d_1}{d_1(d_2 - d_3)} \right)$$

$$\sigma = \frac{\rho g \Delta h}{4} \frac{d_1(d_2 - d_3)}{d_2 - d_3 - d_1}$$

Т.к.  $d_2 - d_3 - d_1 = 3 \text{ мм} - 2 \text{ мм} - 1 \text{ мм} = 0$ , то при данных условиях  $\sigma = \infty$ , чего не может быть в реальности. Значит в численных данных ошибка.

**771**

$$\sigma = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \Delta h_1 = 2,6 \text{ см} = 2,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \Delta h_2 = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}; \rho_1 = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\rho_2 = 0,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Для воды.

$$\rho \pi r_1^2 h_1 g = \sigma_1 \cdot 2\pi r_1$$

$$\rho \pi r_2^2 h_2 g = \sigma_1 \cdot 2\pi r_2$$

$$h_1 = \frac{2\sigma_1}{\rho r_1 g}; h_2 = \frac{2\sigma_1}{\rho r_2 g}; \Delta h_1 = \frac{2\sigma_1}{\rho_1 g} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right); \frac{\Delta h_1 \rho_1}{\sigma_1} = \frac{2}{g} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Проводя аналогичные выкладки для спирта, получим

$$\frac{\Delta h_2 \rho_2}{\sigma_2} = \frac{2}{g} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right); \frac{\Delta h_1 \rho_1}{\sigma_1} = \frac{\Delta h_2 \rho_2}{\sigma_2}$$

$$\sigma_2 = \sigma_1 \frac{\Delta h_2 \rho_2}{\Delta h_1 \rho_1} = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot \frac{1 \text{ см}}{2,6 \text{ см}} \cdot \frac{0,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \approx 2,2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

**772**

$$d = 0,5 \text{ мм} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}; \sigma = 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}; m = ?$$

$$mg = \pi d \sigma$$

$$m = \frac{\pi d \sigma}{g} \approx \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ м} \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \approx 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ кг} = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ г}$$

**773**

$$\rho g h + p = \frac{2\sigma \pi R}{\pi R^2} + p_0$$

$$pS(l - h) = p_0 \delta R$$

$$p = p_0 \frac{l}{l-h}; \rho gh + p_0 \left( b \frac{l}{l-h} - 1 \right) = \frac{2\sigma}{R}; \rho gh + \frac{p_0 h}{l-h} = \frac{4\sigma}{D}$$

$$D = \frac{4\sigma(l-h)}{\rho gh(l-h) + p_0 h}$$

**774** В жаркий день скалы наиболее сильно прогреваются снаружи, оставаясь холодными внутри; они расширяются неодинаково и поэтому трескаются.

**775** При налипании кипятка внутренняя поверхность толстостенного стакана прогревается, когда внешняя еще холодная. Из-за неодинакового расширения стакан может лопнуть.

**776** Зазоры между бетонными плитами делают для того, чтобы они, расширяясь, не давили одна другую, отчего они могут трескаться и приходить в негодность.

**777** При полировке зеркал крупных телескопов необходимо поддерживать постоянную температуру, чтобы материал зеркала не расширялся неодинаково. Точность полировки телескопа такова, что даже не очень большие перепады температур на его краях приведут к серьезным ошибкам при использовании зеркала.

**778** Поршни цилиндров делают из того же материала, что и сами цилиндры для того, чтобы при тепловом расширении цилиндры и поршни не давили друг на друга.

**779** Если считать, что бензин хранится в подземных резервуарах, где температура примерно постоянна, и за время наливания температура не меняется, то выгоднее покупать бензин среди жаркого дня, т.к. за счет теплового расширения объем емкости больше.

**780** Проволока должна иметь коэффициент теплового расширения примерно равный коэффициенту теплового расширения стекла. В противном случае лампа придет в негодность. Если коэффициент теплового расширения проволоки меньше стекла, то лампа будет разгерметизирована. Если больше, то стекло может лопнуть.

**781** Верхняя поверхность льда имеет температуру около  $-15^\circ\text{C}$ ; нижняя поверхность льда и вода непосредственно подо льдом  $0^\circ\text{C}$ , т.к. при такой температуре лед и вода могут существовать вместе; около дна температура около  $4^\circ\text{C}$ , т.к. при этой температуре плотность воды максимальна.

**782**

$$l = 300 \text{ м}; T_1 = 20^\circ\text{C}; T_2 = 120^\circ\text{C}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}; \Delta l = ?$$

$$\Delta l = l(1 + \alpha(T_2 - T_1)) - l = \alpha l(T_2 - T_1) =$$

$$= 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot 300 \text{ м} \cdot (120^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 0,33 \text{ м}$$

Труба не разрывается из-за того, что не достигается предел прочности.

**783**

$$l = 25 \text{ м}; T_1 = -30^\circ\text{C}; T_2 = 30^\circ\text{C}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}; \Delta l = ?$$

$$\Delta l = l(1 + \alpha(T_2 - T_1)) - l = \alpha l(T_2 - T_1) =$$

$$= 25 \text{ м} \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot (30^\circ\text{C} - (-30^\circ\text{C})) = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 1,5 \text{ см}$$

**784**

$$\Delta T = 100 \text{ K}; l = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м}; \Delta l = 1,02 \text{ мм} = 1,02 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\Delta l = l(1 + \alpha \Delta T) - l = \alpha l \Delta T$$

$$\alpha = \frac{1}{l} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta T} = \frac{1}{0,6 \text{ м}} \cdot \frac{1,02 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{100 \text{ К}} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$$

**785**

$$S_1 = 20 \text{ дм}^2; T_1 = 0^\circ \text{C}; T_2 = 400^\circ \text{C}; l_C = 50 \text{ см}; l_{II} = 50,2 \text{ см};$$

$$T = 100^\circ \text{C}; \alpha_C = 12 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}; \alpha_{II} = 29 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}; S_2 = ?; T' = ?$$

$$1) S_1 = xy$$

$$S_2 = x(1 + \alpha_{II}(T_2 - T_1))y(1 + \alpha_{II}(T_2 - T_1)) = S_1(1 + \alpha_{II}(T_2 - T_1))^2 =$$

$$= 20 \text{ дм}^2 (1 + 29 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1} \cdot 400 \text{ К})^2 \approx 20,5 \text{ дм}^2$$

$$2) l_C(1 + \alpha_C(T' - T)) = l_{II}(1 + \alpha_{II}(T' - T))$$

$$T' = T + \frac{l_{II} - l_C}{\alpha_C l_C - \alpha_{II} l_{II}} = 100^\circ \text{C} + \frac{50,2 \text{ см} - 50 \text{ см}}{50 \text{ см} \cdot 12 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1} - 50,2 \text{ см} \cdot 29 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}} = -134^\circ \text{C}$$

$$= 100^\circ \text{C} + \frac{50,2 \text{ см} - 50 \text{ см}}{50 \text{ см} \cdot 12 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1} - 50,2 \text{ см} \cdot 29 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}} = -134^\circ \text{C}$$

$$\mathbf{786} \quad l = 1,5 \text{ м}; T_1 = 0^\circ \text{C}; \Delta l = 15 \text{ мм} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \alpha = 9 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}; T_2 = ?$$

$$\Delta l = l(1 + \alpha(T_2 - T_1)) - l = \alpha l(T_2 - T_1)$$

$$T_2 = T_1 + \frac{\Delta l}{\alpha l} = \frac{1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{9 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1} \cdot 1,5 \text{ м}} \approx 1100^\circ \text{C}$$

$$\mathbf{787} \quad l_1 = l_{01}(1 + \alpha_1 \Delta T)$$

$$l_2 = l_{02}(1 + \alpha_2 \Delta T), \text{ где } \Delta T = T_2 - T_1.$$

$$l_1 - l_2 = l_{01} + \alpha_1 l_{01} \Delta T - l_{02} - \alpha_2 l_{02} \Delta T = l_{01} - l_{02} + (\alpha_1 l_{01} - \alpha_2 l_{02}) \Delta T$$

$$l_1 - l_2 \text{ равняется константе, если } \alpha_1 l_{01} - \alpha_2 l_{02} = 0.$$

$$\frac{l_{01}}{l_{02}} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$$

$$\mathbf{788} \quad T_1 = 0^\circ \text{C}; \Delta t_1 = -7 \text{ с}; T_2 = 20^\circ \text{C}; \Delta t_2 = 9 \text{ с}; \alpha = ? \quad T_0 = ?$$

$$1) \quad T_1' = 2\pi \sqrt{\frac{l_1}{g}}; \quad T_2' = 2\pi \sqrt{\frac{l_1(1 + \alpha(T_2 - T_1))}{g}} = T_1' \sqrt{1 + \alpha(T_2 - T_1)}$$

$$\frac{T_2'}{T_1'} = \sqrt{1 + \alpha(T_2 - T_1)}$$

$$\text{В сутках } t_C = 86 \, 400 \text{ с}.$$



$$\frac{T_2'}{T_1'} = \frac{t_C + \Delta t_2}{t_C + \Delta t_1}; 1 + \alpha(T_2 - T_1) = \left( \frac{t_C + \Delta t_2}{t_C + \Delta t_1} \right)^2$$

$$\alpha = \frac{\left( \frac{t_C + \Delta t_2}{t_C + \Delta t_1} \right)^2 - 1}{T_2 - T_1} = \frac{\left( \frac{86400 + 9}{86400 - 7} \right)^2 - 1}{20\text{K} - 0\text{K}} \approx 1,86 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$$

$$2) T_0' = 2\pi \sqrt{\frac{l_0}{g}}; T_2' = 2\pi \sqrt{\frac{l_0(1 + \alpha(T_2 - T_0))}{g}} = T_0' \sqrt{1 + \alpha(T_2 - T_0)}$$

$$\frac{T_2'}{T_0'} = \frac{t_C + \Delta t_2}{t_C} = \sqrt{1 + \alpha(T_2 - T_0)}; 1 + \alpha(T_2 - T_0) = \left( 1 + \frac{\Delta t_2}{t_C} \right)^2$$

$$T_0 = T_2 - \frac{\left( 1 + \frac{\Delta t}{t_0} \right)^2 - 1}{\alpha} = 20^\circ\text{C} - \frac{\left( 1 + \frac{9\text{c}}{86400\text{c}} \right)^2 - 1}{1,86 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}} \approx 9^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{789} S_1 = 2 \text{ M}^2; T_1 = 0^\circ\text{C}; T_2 = 400^\circ\text{C}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}; \Delta S = ?$$

$$S_1 = xy$$

$$S_2 = x(1 + \alpha(T_2 - T_1))y(1 + \alpha(T_2 - T_1)) = S_1(1 + \alpha(T_2 - T_1))^2$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = S_1(1 + \alpha(T_2 - T_1))^2 - S_1 = S_1[(1 + \alpha(T_2 - T_1))^2 - 1] = 2 \text{ M}^2 [(1 + 1,1 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1} \cdot 400 \text{K})^2 - 1] \approx 1,76 \cdot 10^{-2} \text{M}^2$$

$$\mathbf{790} V_1 = 2 \text{ M}^3; T_1 = 0^\circ\text{C}; \alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}; T_2 = 30^\circ\text{C}; \Delta V = ?$$

$$V_1 = xyz$$

$$V_2 = x(1 + \alpha(T_2 - T_1))y(1 + \alpha(T_2 - T_1))z(1 + \alpha(T_2 - T_1)) = V_1(1 + \alpha(T_2 - T_1))^3$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = V_1[(1 + \alpha(T_2 - T_1))^3 - 1] \approx V_1(1 + 3\alpha(T_2 - T_1)) - 1) = 3\alpha V_1(T_2 - T_1) = 3 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \text{K} \cdot 2 \text{ M}^2 \cdot 30 \text{K} \approx 2,2 \cdot 10^{-3} \text{M}^3$$

$$\mathbf{791} V_1 = 60 \times 20 \times 5 \text{ cm} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ M}^3; Q = 1680 \text{ кДж} = 1,68 \cdot 10^6 \text{ Дж}; c = 460$$

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}; \rho = 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{M}^3}; \Delta V = ?$$

$$Q = cm\Delta T = cV\rho\Delta T; \Delta T = \frac{Q}{cV\rho}$$

$$V_1 = xyz$$

$$V_2 = x(1 + \alpha\Delta T)y(1 + \alpha\Delta T)z(1 + \alpha\Delta T) = V_1(1 + \alpha\Delta T)^3 = V_1 \left( 1 + \frac{\alpha Q}{cV_1\rho} \right)^3$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = V_1 \left[ \left( 1 + \frac{\alpha Q}{c V_1 \tilde{n}} \right)^3 - 1 \right] \approx V_1 \left( 1 + \frac{3\alpha Q}{c V_1 \tilde{n}} - 1 \right) = \frac{3\alpha Q}{c V_1 \tilde{n}} V_1 =$$

$$= \frac{3\alpha Q}{c \tilde{n}} = \frac{3 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot 1,68 \cdot 10^6 \text{ Дж}}{4,6 \cdot 10^2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \approx 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 = 15 \text{ см}^3$$

**792**

$$l_1 = 10 \text{ м}; S = 20 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2; \Delta l = 6 \text{ мм} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}; c =$$

$$4,6 \cdot 10^2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \rho = 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; Q - ?$$

$$l_2 = l_1 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\Delta l = l_2 - l_1 = \alpha \Delta T$$

$$Q = cm \Delta T = c \rho S l_1 \Delta T; \Delta T = \frac{Q}{c \tilde{n} S l_1}$$

$$\Delta l = \alpha l_1 \frac{Q}{c \tilde{n} S l_1} = \frac{\alpha Q}{c \tilde{n} S}$$

$$Q = \frac{c \tilde{n} S \Delta l}{\alpha} = \frac{4,6 \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}} \approx 3,9 \text{ МДж}$$

**793**  $\rho = 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; c_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; c_2 = 460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1};$

$$T_1 = 0^\circ \text{C}; T_2 = 90^\circ \text{C}; V_1 = 1200 \text{ см}^3 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3; m = 20 \text{ кг}; T, V_2 - ?$$

$$c_1 m (T_2 - T) = c_2 \rho V_1 (T - T_1)$$

$$c_1 m T_2 - c_1 m T = c_2 \rho V_1 T - c_2 \rho V_1 T_1$$

$$T = \frac{c_1 m T_2 + c_2 \rho V_1 T_1}{c_1 m + c_2 \rho V_1} =$$

$$= \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 20 \text{ кг} \cdot 90 \text{ К}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 20 \text{ кг} + 460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} \approx 86^\circ \text{C}$$

$$V_2 = V_1 \left( 1 + \alpha (T - T_1) \right)^3 \approx V_1 \left( 1 + 3\alpha (T - T_1) \right) =$$

$$= 1200 \text{ см}^3 (1 + 3 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot 86 \text{ К}) \approx 1203 \text{ см}^3.$$

**794** Изменение размеров ртутного резервуара влияет на границы изменения температур, т.к. при увеличении объема резервуара растет и изменение объема ртути. Изменение диаметра канала трубки также влияет, т.к. при увеличении диаметра высота подъема ртути уменьшается.

**795** При погружении в горячую воду этот термометр показал бы уменьшение температуры.

**796** Стекло нагревается первым и поэтому первым начинает расширяться. Это видно как некоторое опускание уровня ртути. После ртути начинает расширяться, а это заметно как поднятие уровня ртути.

**797** Термометр с шарообразным резервуаром будет нагреваться медленнее, чем с цилиндрическим резервуаром того же объема, т.к. площадь поверхности цилиндра больше площади поверхности шара того же объема.

**798**

$$V_1 = 50 \text{ м}^3; T_1 = 40^\circ\text{C}; T_2 = -40^\circ\text{C}; \alpha = 9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}; V_2 = ?$$

$$V_2 = V_1(1 + \alpha(T_2 - T_1)) = 50 \text{ м}^3 (1 - 9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1} \cdot 80 \text{ К}) = 46,4 \text{ м}^3$$

**799**

$$h = 6 \text{ м}; d = 5 \text{ м}; \Delta h = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}; T_1 = 0^\circ\text{C}; \alpha = 9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}; T_2 = ?$$

$$\frac{\pi}{4} d^2 h = \frac{\pi}{4} d^2 (h - \Delta h) (1 + \alpha(T_2 - T_1))$$

$$h = h + h\alpha(T_2 - T_1) - \Delta h - \Delta h\alpha(T_2 - T_1)$$

$$T_2 = T_1 + \frac{\Delta h}{\alpha(h - \Delta h)} = \frac{0,2 \text{ м}}{9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1} (6 \text{ м} - 0,2 \text{ м})} \approx 38^\circ\text{C}$$

**800**

$$\Delta V = 20 \text{ см}^3 = 2 \cdot 10 \text{ м}^3; \alpha = 9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}; c = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}};$$

$$\rho = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; V_2 = V_1 (1 + \alpha \Delta T); \Delta V = V_2 - V_1 = \alpha \Delta T V_1$$

$$Q = cm\Delta T = c\rho V_1 \Delta T; \Delta T = \frac{Q}{c\rho V_1}; \Delta V = \frac{\alpha Q}{c\rho}$$

$$Q = \frac{c\rho \Delta V}{\alpha} = \frac{2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 8 \cdot 10^2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3}{9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}} \approx 3,7 \cdot 10^4 \text{ Дж}$$

**801**

$$h = 8 \text{ м}; \Delta h = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}; T_1 = -5^\circ\text{C}; T = 30^\circ\text{C}; \alpha = 9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}.$$

$$Sh = S(h - \Delta h) (1 + \alpha(T - T_1))$$

$$h = h + \alpha h(T - T_1) - \Delta h - \alpha \Delta h(T - T_1)$$

$$T = T_1 + \frac{\Delta h}{\alpha(h - \Delta h)} = -5^\circ\text{C} + \frac{0,2 \text{ м}}{9 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1} (8 \text{ м} - 0,2 \text{ м})} \approx 23,5^\circ\text{C}$$

**802**

$V_1 = 200 \text{ см}^3 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ ;  $S = 0,5 \text{ см}^2 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ ;  $T_1 = 10^\circ\text{C}$ ;  
 $T_2 = 30^\circ\text{C}$ ;  $\Delta h = 8 \text{ см} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ;  $\alpha = ?$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$V_2 = V_1 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = V_1 \alpha \Delta T = S \Delta h$$

$$\alpha = \frac{S \Delta h}{V_1 \Delta T} = \frac{S \Delta h}{V_1 (T_2 - T_1)} = \frac{5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 \cdot 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 (30 \text{ К} - 10 \text{ К})} = 10^{-3} \text{ К}^{-1}$$

**803**

$$V = V_0 (1 + \alpha \Delta T); \Delta V = V - V_0 = V_0 \rho \Delta T; Q = c \rho V_0 \Delta T; \Delta T = \frac{Q}{c \rho V_0}$$

$$\Delta V = V_0 \rho \frac{Q}{c \rho V_0} = \frac{Q}{c \rho}; \text{ Таким образом } \Delta V \text{ не зависит от } V_0.$$

**804**

$m = 5,44 \text{ г} = 5,44 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ ;  $\rho = 13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;  $T_1 = -10^\circ\text{C}$ ;  $T_2 = 110^\circ\text{C}$ ;

$h = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$ ;  $\alpha = 1,8 \cdot 10^4 \text{ К}^{-1}$ ;  $d = ?$

$$V = V_0 (1 + \alpha (T_2 - T_1))$$

$$V = V_0 + Sh = V_0 + \frac{\delta}{4} d^2 h; V_0 = \frac{m}{\rho}; V_0 + \frac{\delta}{4} d^2 h = V_0 + V_0 \alpha (T_2 - T_1)$$

$$d = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{V_0 \alpha (T_2 - T_1)}{h}} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{m \alpha (T_2 - T_1)}{\rho h}} \approx$$

$$\approx \frac{2}{\sqrt{3,14}} \sqrt{\frac{5,44 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 1,8 \cdot 10^4 \text{ К}^{-1} \cdot 120 \text{ К}}{13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,25 \text{ м}}} \approx 2 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,2 \text{ мм}$$

**805**

$\alpha = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}$ ;  $T_1 = 0^\circ\text{C}$ ;  $T_2 = 100^\circ\text{C}$ ;  $V = 3 \text{ мм}^3$ ;  $V_1 = ?$

$$V_2 = V_1 (1 + \alpha (T_2 - T_1)); V = V_2 - V_1 = \alpha V_1 (T_2 - T_1)$$

$$V_1 = \frac{V}{\alpha (T_2 - T_1)} = \frac{3 \text{ мм}^3}{1,8 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1} \cdot 10^2 \text{ К}} \approx 167 \text{ мм}^3$$

**806**

Рассмотрим сначала случай б).

$$\text{б) } p_0 = \rho_0 g h_0$$

$$V = V_0 (1 + \alpha \Delta T) = Sh(1 + \Delta T); h = h_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_0(1 + \alpha \Delta T)} = \frac{\rho_0}{1 + \alpha \Delta T}; p = \frac{\rho_0}{1 + \alpha \Delta T} gh_0(1 + \alpha \Delta T) = \rho gh_0 = p_0$$

$$p = p_0$$

Теперь рассмотрим случай а).

$$а) p_0 = \rho_0 gh_0$$

$$V = V_0 (1 + \alpha \Delta T); \rho = \frac{m}{V_0(1 + \alpha \Delta T)} = \frac{\rho_0}{1 + \alpha \Delta T}$$

$S$  – площадь дна сосуда.

$$h < \frac{V}{S} = \frac{V_0}{S}(1 + \alpha \Delta T) = h_0(1 + \alpha \Delta T)$$

$$p = \rho gh = \frac{\rho_0}{1 + \alpha \Delta T} gh < \frac{\rho_0}{1 + \alpha \Delta T} gh_0(1 + \alpha \Delta T) = p_0$$

$$p < p_0$$

Теперь рассмотрим случай в).

$$в) p_0 > \rho_0 gh_0$$

$$V = V_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\rho = \frac{m}{V_0(1 + \alpha \Delta T)} = \frac{\rho_0}{1 + \alpha \Delta T}$$

$S$  – площадь дна сосуда.

$$h > \frac{V}{S} = h_0(1 + \alpha \Delta T)$$

$$p = \rho gh = \frac{\rho_0}{1 + \alpha \Delta T} gh > \frac{\rho_0}{1 + \alpha \Delta T} gh_0(1 + \alpha \Delta T) = p_0$$

$$p > p_0$$

**807** При опускании кристалла NaCl в ненасыщенный раствор он начнет растворяться; в насыщенный – его масса не изменится; в пересыщенный – он начнет расти.

**808** Если бы скорость была одинакова по всем направлениям, то кристалл бы был шарообразным. Но в природе не бывает шарообразных кристаллов, а значит, скорость роста кристалла различна по различным направлениям.

**809** Стекло – аморфное тело. Значит, его свойства, как и свойства жидкости, не зависят от направления. Отсюда следует, что кубик из стекла сохранит свою форму.

Кубик из кварца же своей формы не сохранит, т.к. кристаллам свойственно расширяться по различным направлениям различно.

**810** Это происходит из-за анизотропии свойств кристалла, в том числе из-за различий коэффициентов теплового расширения.

**811** Из-за присоединения к кристаллу плотность раствора вблизи его поверхности будет меньше плотности раствора в других местах. Значит, около кристалла жидкость будет двигаться вверх.

**812** При падении напряжения, возникающие в металле, меньше предела прочности, а в фосфоре больше.

**813** 1) «Последовательное» соединение.

На нижний динамометр действует вес груза (показания за пределом шкалы), на верхний вес груза и нижнего динамометра (показания за пределом шкалы). Таким способом силу измерить нельзя.

2) «Параллельное» соединение.

Два динамометра удлинились одинаково.

$$2k\Delta l = mg; \Delta l = \frac{mg}{2k}$$

Если  $\frac{mg}{2k} \leq l_0$ , где  $l_0$  – длина шкалы, то таким способом можно измерить силу.

**814** Т.к. напряжение обратно пропорционально площади, то под большим напряжением окажется кирпич на рисунке слева.

**815**

$$l = 5,4 \text{ м}; \Delta l = 2,7 \text{ мм} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \varepsilon = ?$$

Абсолютное удлинение и есть  $\Delta l = 2,7 \text{ мм}$ ;

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{5,4} = 5 \cdot 10^{-4}$$

**№ 816**

$$\Delta l = 1 \text{ мм} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \varepsilon = 0,1\% = 10^{-3}; l = ?$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}; l = \frac{\Delta l}{\varepsilon} = \frac{10^{-3} \text{ м}}{10^{-3}} = 1 \text{ м}$$

**№ 817**

$$F = 25 \text{ кН} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Н}; G = 60 \text{ МПа} = 6 \cdot 10^7 \text{ Па}; d = ?$$

$$F = \frac{\pi}{4} d^2 G; d = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{F}{G}} \approx \frac{2}{\sqrt{3,14}} \sqrt{\frac{2,5 \cdot 10^4 \text{ Н}}{6 \cdot 10^7 \text{ Па}}} \approx 0,022 \text{ м}$$

**№ 818**

$$F = 80 \text{ кН} = 8 \cdot 10^4 \text{ Н}; G = 600 \text{ Н/мм}^2 = 6 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2; d = ?$$

$$S = \frac{\pi}{4} d^2 \quad \frac{F}{S} = \frac{G}{8}; S = \frac{8F}{G}; \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{8F}{G}$$

$$d = \sqrt{\frac{32F}{\pi G}} = \sqrt{\frac{32 \cdot 8 \cdot 10^4 \text{ Н}}{3,14 \cdot 6 \cdot 10^8 \text{ Па}}} \approx 0,037 \text{ м}$$

**819**

$$G = E\varepsilon$$

$$E = \frac{G}{\varepsilon} = \frac{3 \text{ МПа}}{1,5 \cdot 10^{-4}} = 2 \cdot 10^4 \text{ МПа} = 20 \text{ ГПа}$$

**820**

$$P = 20 \text{ кН} = 2 \cdot 10^4 \text{ Н}; l = 5,0 \text{ м}; S = 4,0 \text{ см}^2 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2; E = 2 \cdot 10^4 \text{ Н/мм}^2 = 2 \cdot 10^{10} \text{ Па}; G, \Delta l, \varepsilon - ?$$

$$G = \frac{P}{S} = \frac{2 \cdot 10^4 \text{ Н}}{4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 5 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

$$G = \varepsilon E; \varepsilon = \frac{G}{E} = \frac{P}{ES} = \frac{2 \cdot 10^4 \text{ Н}}{4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 2 \cdot 10^{10} \text{ Па}} = 2,5 \cdot 10^{-3}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}; \Delta l = l\varepsilon = \frac{Pl}{ES} = \frac{2 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot 5 \text{ м}}{4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 2 \cdot 10^{10} \text{ Па}} = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 1,25 \text{ см}$$

**821**

$$l = 30 \text{ м}; \rho = 2,7 \text{ г/см}^3 = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3; E = 2 \cdot 10^4 \text{ Н/мм}^2 = 2 \cdot 10^{10} \text{ Па}; \Delta l, - ?$$

$$\frac{mg}{S} = G; \frac{mg}{S} = \frac{\rho l S g}{S} = \rho l g; \varepsilon = E \frac{\Delta l}{l}$$

$$\rho g l = E \frac{\Delta l}{l}; \Delta l = \frac{\rho g}{E} l^2 = \frac{2,7 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10^{10} \text{ Па}} \cdot 30^2 \text{ м}^2 \approx 2,43 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$\textbf{822 } F = 25 \text{ кН} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Н}; G = 60 \text{ Н/мм}^2 = 6 \cdot 10^7 \text{ Па}; E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}; l = 200 \text{ см}; \Delta l - ?$$

$$S = \frac{\delta}{4} d^2; \frac{F}{S} = G; \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{F}{G}; d = \sqrt{\frac{4F}{\pi G}} \approx \sqrt{\frac{4 \cdot 2,5 \cdot 10^4 \text{ Н}}{3,14 \cdot 6 \cdot 10^7 \text{ Па}}} \approx 2,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$G = E \frac{\Delta l}{l}; \Delta l = \frac{G}{E} l = \frac{6 \cdot 10^7 \text{ Па}}{2 \cdot 10^{11} \text{ Па}} \cdot 200 \text{ см} = 0,06 \text{ см}$$

$$\textbf{823 } F = 200 \text{ Н}; l = 3 \text{ м}; S = 1 \text{ мм}^2 = 10^{-6} \text{ м}^2; E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}; \Delta l, \varepsilon - ?$$

$$\frac{F}{S} = G = E\varepsilon = E \frac{\Delta l}{l}; \varepsilon = \frac{F}{\delta E} = \frac{200 \text{ Н}}{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}} = 10^{-3}$$

$$\Delta l = \varepsilon l = 10^{-3} \cdot 3 \text{ м} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3 \text{ мм}$$

**824**

$$G = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}; S = 0,5 \text{ мм}^2 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2; l = 4 \text{ м}; \Delta l = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}; F - ?$$

$$\frac{F}{S} = G = E \frac{\Delta l}{l}; F = SE \frac{\Delta l}{l} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2 \cdot 2 \cdot 10^{11} \text{ Па} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{4 \text{ м}} = 50 \text{ Н}$$

**825**

$$d_1 = 0,2 \text{ мм}; d_2 = 0,4 \text{ мм}; \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} - ?$$

$$\frac{F}{\frac{\pi}{4} d_1^2} = G\varepsilon_1; \frac{F}{\frac{\pi}{4} d_2^2} = G\varepsilon_2; \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2} = \frac{(0,4 \text{ мм})^2}{(0,2 \text{ мм})^2} = 4$$

**826**

$$\frac{F}{S} = E \frac{\Delta l_1}{l} = E\varepsilon_1; \frac{F}{2S} = E \frac{\Delta l_2}{\frac{l}{2}} = E \frac{2\Delta l_2}{l} = E\varepsilon_2; \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = 2; \frac{\Delta l_1}{\Delta l_2} = \frac{1}{4}$$

**827**

$$F = 2,5 \text{ кН} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ Н}; G = 1 \text{ кН/мм}^2 = 10^9 \text{ Па}; S - ?$$

$$\frac{F}{S} = G; S = \frac{F}{G} = \frac{2,5 \cdot 10^3 \text{ Н}}{10^9 \text{ Па}} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

**828**

$$d = 18 \text{ мм} = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ м}; G = 200 \text{ Н/мм}^2 = 2 \cdot 10^8 \text{ Па}; F - ?$$

$$F = G \frac{\pi}{4} d^2 \approx 2 \cdot 10^8 \text{ Па} \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 1,8^2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \approx 5,1 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

**829**

$$m = 200 \text{ кг}; G = 10^8 \text{ Па}; S - ?$$

$$\frac{mg}{S} = \frac{G}{5}; S = \frac{5mg}{G} = \frac{5 \cdot 200 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{10^8 \text{ Па}} = 10^{-4} \text{ м}^2$$

**830**

$$m = 30 \text{ кг}; S = 5 \text{ мм}^2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$\frac{mg}{S} = \frac{G}{5}; G = \frac{5mg}{S} = \frac{5 \cdot 30 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 3 \cdot 10^8 \text{ Па}$$

Итак, материал должен иметь предел прочности  $> 3 \cdot 10^8 \text{ Па}$ . Это может быть сталь.



831

$P = 100 \text{ кН} = 10^5 \text{ Н}; N = 200; G = 5 \cdot 10^8 \text{ Па}; E = 350 \text{ МПа} = 3,5 \cdot 10^8 \text{ Па}; d - ?$

$$\frac{P}{NS} = \frac{G}{5}; S = \frac{5P}{NG}; S = \frac{\pi}{4} d^2; d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

$$d = 2\sqrt{\frac{5P}{\pi NG}} \approx 2\sqrt{\frac{10^5 \text{ Н}}{3,14 \cdot 200 \cdot 3,5 \cdot 10^8 \text{ Па}}} \approx 3 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3 \text{ мм}$$

832

$G = 6 \text{ Н/мм}^2 = 6 \cdot 10^6 \text{ Па}; \rho = 2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3; h - ?$

$$\frac{\rho g S h}{S} = \frac{G}{6}; h = \frac{G}{6\rho g} = \frac{6 \cdot 10^6 \text{ Па}}{6 \cdot 2 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 50 \text{ м}$$

833

$d = 3 \text{ см} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}; G = 70 \text{ кН/см}^2 = 7 \cdot 10^7 \text{ Па}; m - ?$

$$\frac{mg}{S} = \frac{G}{10}; S = \frac{\pi}{4} d^2; m = \frac{GS}{10g} = \frac{\pi G d^2}{40g} \approx \frac{3,14 \cdot 7 \cdot 10^7 \text{ Па} \cdot (3 \cdot 10^{-2})^2 \text{ м}^2}{40 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \approx 495 \text{ кг}$$

834

$G = 5 \cdot 10^8 \text{ Па}; \rho_C = 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \rho_B = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; h - ?$

$$G = \frac{mg - F_A}{S} = \frac{ghS(\rho_C - \rho_B)}{S} = gh(\rho_C - \rho_B)$$

$$h = \frac{G}{g(\rho_C - \rho_B)} = \frac{5 \cdot 10^8 \text{ Па}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3})} \approx 7,3 \text{ мм}$$

835

$l = 42 \text{ см} = 0,42 \text{ м}; r = 3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \Delta l = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}; m = 20 \text{ г} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ кг}; V = 20 \text{ м/с}; E - ?$

$$F = SG = \pi r^2 E \frac{\Delta l}{l} = k \Delta l, \text{ где } k = \frac{\pi r^2 E}{l}$$

Мы получили выражение для силы упругости. Энергия, запасенная в резинном шнуре:

$$E = \frac{k \Delta l^2}{r} = \frac{\pi r^2 E}{rl} \Delta l^2 = \frac{m V^2}{2}$$

$$E = \frac{mV^2 l}{\pi r^2 \Delta l^2} \approx \frac{2 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot 20^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot 0,42 \text{ м}}{3,14 \cdot (3 \cdot 10^{-3})^2 \text{ м} \cdot 0,2^2 \text{ м}^2} \approx 3 \text{ МПа}$$

**836**

$$S = 1 \text{ мм}^2 = 10^{-6} \text{ м}^2; F = 50 \text{ Н}; E = 1,2 \cdot 10^{11} \text{ Па}; \alpha = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}; \Delta T = ?$$

$$\frac{F}{S} = E \frac{\Delta l}{l}; \Delta l = l \alpha \Delta T; \frac{F}{S} = E \alpha \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{F}{SE\alpha} = \frac{50 \text{ Н}}{10^{-6} \text{ м}^2 \cdot 1,2 \cdot 10^{11} \text{ Па} \cdot 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}} \approx 26 \text{ К}$$

**837**

$$S = 100 \text{ см}^2 = 10^{-2} \text{ м}^2; \Delta T = 50^\circ \text{C}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}; E = \\ = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}; p = ?$$

$$p = E \frac{\Delta l}{l}; \Delta l = \alpha l \Delta T; \frac{\Delta l}{l} = \alpha \Delta T$$

$$p = \alpha E \Delta T$$

$$F = pS = \alpha E S \Delta T = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{11} \text{ Па} \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \cdot 50 \text{ К} \approx 1,1 \text{ МН}$$

**838**

$$T_1 = 0^\circ \text{C}; T_2 = 20^\circ \text{C}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}; E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}; p = ?$$

$$p = E \varepsilon = E \frac{\Delta l}{l}; \Delta l = l \alpha \Delta T$$

$$p = E \alpha \Delta T = E \alpha (T_2 - T_1) = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па} \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot 20 \text{ К} = 4,4 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

**839**

$$T_0 = 283 \text{ К}; T_1 = 303 \text{ К}; T_2 = 243 \text{ К}; E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$$

$$G_1 = E \frac{\Delta l_1}{l}; \Delta l_1 = l \alpha (T_1 - T_0)$$

$$G_1 = E \alpha (T_1 - T_0) = 2 \cdot 10^{11} \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot (303 \text{ К} - 283 \text{ К}) = 4,4 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

Аналогично

$$G_2 = E \alpha (T_0 - T_2) = 2 \cdot 10^{11} \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot (283 \text{ К} - 243 \text{ К}) = 8,8 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

$$4,4 \cdot 10^7 \text{ Па} \leq G \leq 8,8 \cdot 10^7 \text{ Па}.$$

**840**

$$T_1 = 0^\circ \text{C}; T_2 = 500^\circ \text{C}; \Delta l = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}; S = 2 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2; \\ E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}; \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}; l = 2 \text{ м}; F = ?$$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$\Delta l_1 = l \alpha \Delta T$$

$$\frac{F}{S} = E \frac{\Delta l_1 - \Delta l_2}{l} = E \frac{l\alpha\Delta T - \Delta l}{l} = E \left( \alpha\Delta T - \frac{\Delta l}{l} \right)$$

$$F = SE \left( \alpha\Delta T - \frac{\Delta l}{l} \right) = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot$$

$$\cdot \left( 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1} \cdot 500 \text{ К} - \frac{10^{-2} \text{ м}}{2 \text{ м}} \right) = 4 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

**841**

$$T_1 = 0^\circ\text{C}; G = 5 \text{ Н/мм}^2 = 5 \cdot 10^6 \text{ Па}; E = 10^4 \text{ Н/мм}^2 = 10^{10} \text{ Па};$$

$$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$$

$$\Delta l = l\alpha(T_2 - T_1); G = E \frac{\Delta l}{l} = E\alpha(T_2 - T_1)$$

$$T_2 = T_1 + \frac{G}{E\alpha} = \frac{5 \cdot 10^6 \text{ Па}}{10^{10} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}} \approx 42^\circ\text{C}$$

**842** Шарик заряжен положительно, т.к. если бы он был незаряжен, его бы притягивало и положительно, и отрицательно заряженное тело из-за электростатической индукции

**843** Легкая станиолевая гильза притягивается и к положительно заряженной стеклянной палочке, и к отрицательно заряженной эбонитовой из-за того, что на ближней поверхности гильзы индуцируется заряд противоположного, а на дальней соответствующего знака.

**844** Когда к стержню электроскопа поднесли положительно заряженную палочку, электроны индуцируются на ближайшем к палочке конце; отрицательный заряд, на другом конце стержня индуцируется положительный заряд.

Если прикоснуться пальцем руки к стержню, то часть отрицательного заряда перейдет на человека и стержень в целом уже станет положительно заряженным (внизу стержня положительный заряд по величине больше отрицательного вверх). Если палочку удалить, то электроны из верхней части стержня перейдут в нижнюю, а на верхнюю часть стержня будут переходить электроны с пальца руки до тех пор, пока стержень электрометра снова не станет электрически нейтральным.

**845** После поднесения положительно заряженной стеклянной палочки к электроскопу верхняя часть стержня заряжается отрицательно (см. решение задачи № 844). После прикосновения к стержню пальцем часть отрицательного заряда уйдет через палец со стержня и после удаления стеклянной палочки и пальца электроскоп в целом останется положительно заряженным.

**846** Если шарик неметаллический (значит, в нем нет свободных электронов), то можно. Если же металлический, то нельзя, т.к. он может не иметь заряда, и притяжение в этом случае происходит за счет электризации на расстоянии.

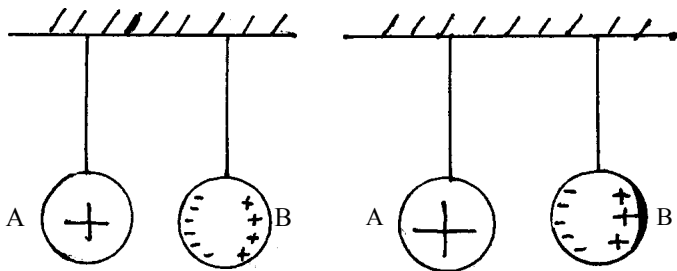
**847** Т.к. гильзы неметаллические, то электризации на расстоянии между ними быть не может. Поэтому, поднося какой-либо заряженный предмет, по отношению одной из гильз можно определить, какая заряжена, а какая – нет.

**848** Отрицательный заряд.

**849** Конеч молниеотвода заостряют, чтобы удар молнии был маленького сечения, т.е. чтобы в атмосфере заряд распространялся по достаточно узкому пути, иначе произойдет мощный удар, что небезопасно.

**850** Уменьшает. Без молниеотвода молния может попасть с большей вероятностью в другие части здания, притягивающие электрический заряд.

**851**



а) Если шар В не заряжен, то под действием положительно заряженного шара А в первом произойдет перераспределение зарядов: свободные электроны в шаре В будут скапливаться на его ближней стороне к шару А. В результате шары будут притягиваться, т.е. сила электрического взаимодействия не будет равна нулю, что противоречит условию. Значит, шар В заряжен таким образом, что сила электрического взаимодействия равна нулю. Это возможно, если шар В зарядить положительно так, чтобы заряд шара В был меньше заряда шара А. В таком случае также произойдет перераспределение заряда в шаре В под действием положительного заряда шара А. Сила электрического взаимодействия между шарами будет равна нулю, шар В будет заряжен так, что силы электрического взаимодействия между шаром А и отрицательным зарядом шара В, а также между шаром А и положительным зарядом шара В будут равны по величине.

б) (начало решения – см. пункт а).

Если шар В будет иметь такой положительный заряд (не очень большой по сравнению с зарядом шара А), что сила электрического взаимодействия между шаром А и отрицательно заряженной частью шара В будет больше силы электрического взаимодействия между шаром А и положительно заряженной частью шара, то шары будут притягиваться.

**852**  $q_1 = 1$  мкКл;  $q_2 = -1$  мкКл;  $r = 10$  см.  $F = ?$

По закону Кулона

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}, \text{ где } k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}; F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-6} \cdot 10^{-6}}{(10^{-1})^2} = 0,9 \text{ (Н)}$$

**853**

$q_1 = 10$  нКл;  $q_2 = 15$  нКл;  $r = 5$  см.  $F = ?$

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}; F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10 \cdot 10^{-9} \cdot 15 \cdot 10^{-9}}{(5 \cdot 10^{-2})^2} = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ (Н)}$$

**854**

$q_1 = 2 \text{ нКл}; q_2 = 5 \text{ нКл}; F = 6 \text{ мН}. r = ?$

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}, r = \sqrt{\frac{k|q_1||q_2|}{F}}; r = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 5 \cdot 10^{-9}}{9 \cdot 10^{-3}}} = 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ (см)}$$

**855**

$F = 0,4 \text{ мН}; r = 5 \text{ см}; q_1 = q_2 = q; q = ?$

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = k \frac{q^2}{r^2}; q = r \sqrt{\frac{F}{k}}$$

$$q = 5 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{0,4 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^9}} = 1,05 \cdot 10^{-8} \text{ (Кл)} = 10,5 \text{ (нКл)}$$

**856**

$q_1 = 1 \text{ нКл}; q_2 = 4 \text{ нКл}; \epsilon_1 = 1; \epsilon_2 = 2; r = 2 \text{ см}. F_1 = ? F_2 = ?$

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon r^2}; F_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-9} \cdot 4 \cdot 10^{-9}}{1 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2} = 9 \cdot 10^{-5} \text{ (Н)}$$

$$F_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-9} \cdot 4 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2} = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ (Н)}$$

**857**

$q_{1(0)} = -1,5 \text{ мКл}; q_{2(0)} = 25 \text{ мКл}; r = 6 \text{ см}. q_1 = ? q_2 = ? F = ?$

Так как шарики одинаковые, то по закону сохранения заряда их заряды после соприкосновения будут равны:  $q_1 = q_2 = \frac{q_{1(0)} + q_{2(0)}}{2}$

$$q_1 = q_2 = \frac{-1,5 + 25}{2} = 11,75 \text{ (мКл)}; F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(11,75 \cdot 10^{-6})^2}{(5 \cdot 10^{-2})^2} = 4,97 \cdot 10^2 \text{ (Н)}$$

**858**

$|q_1| = 5|q_2|$

а)  $q_1 \cdot q_2 > 0; \frac{F}{F_0} = ?$

б)  $q_1 \cdot q_2 < 0; \frac{F}{F_0} = ?$

$$\text{a) } F_0 = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{k5q_2^2}{r^2}$$

Т.к. шарики одинаковые и одноименно заряженные, то после соприкосновения их заряды будут равны

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{5q_2 + q_2}{2} = 3q_2; \quad F = k \frac{q^2}{r^2} = \frac{k9q_2^2}{r^2}$$

$$\frac{F}{F_0} = \frac{9}{5} = 1,8, \text{ т.е. сила взаимодействия увеличится в } 1,8 \text{ раза.}$$

$$\text{б) } F_0 = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{k5q_2^2}{r^2}$$

Так как шарики одинаковые и разноименно заряженные, то их заряды после соприкосновения будут равны (считаем, что  $q_1 < 0$ ,  $q_2 > 0$ , например)

$$q = \frac{q_2 - q_1}{2} = \frac{q_2 + 5q_2}{2} = -2q_2; \quad F = k \frac{q^2}{r^2} = \frac{k4q_2^2}{r^2}$$

$$\frac{F}{F_0} = \frac{4}{5} = 0,8; \quad \frac{F_0}{F} = 1,25, \text{ то есть сила взаимодействия уменьшится в } 1,25$$

раза.

**859**

$$q; 4q; x. \quad F_1 = F_0. \quad r - ?; \quad F_0 = k \frac{q \cdot 4q}{x^2} = \frac{k4q^2}{x^2}$$

Т.к. шарики одинаковы, после соприкосновения их заряды будут равны

$$q_1 = \frac{q + 4q}{2} = 2,5q; \quad F_1 = k \frac{q_1^2}{r^2} = 6,25k \frac{q^2}{r^2}$$

$$F_1 = F_0; \quad 6,25 \frac{kq^2}{r^2} = 4 \frac{kq^2}{x^2}. \quad r = \sqrt{\frac{6,25}{4}} x = 1,25x$$

**860**

$q_1; q_2; q_1 \cdot q_2 > 0; q_1 \neq q_2$ . Доказать, что  $F_1 > F_0$ .

$$F_0 = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

После соприкосновения одинаковых и одноименно заряженных шариков их

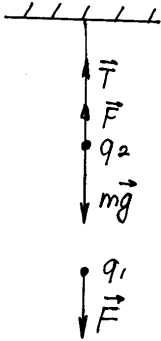
заряды будут равны  $q = \frac{q_1 + q_2}{2}$

$$F_1 = k \frac{q^2}{r^2} = k \frac{(q_1 + q_2)^2}{4r^2}; \quad F_1 - F_0 = \frac{k}{r^2} \left[ \frac{(q_1 + q_2)^2}{4} - q_1 \cdot q_2 \right] = \frac{k}{r^2} \left( \frac{q_1 - q_2}{2} \right)^2 > 0,$$

т.е.  $F_1 > F_0$  — сила взаимодействия после соприкосновения увеличивается.

Из равенства  $F_1 - F_0 = \frac{k}{r^2} \left( \frac{q_1 - q_2}{2} \right)^2$  видно, что чем больше различие в значении зарядов (то есть чем больше  $q_1 - q_2$ ), тем больше увеличивается разность  $F_1 - F_0$ , то есть тем значительно увеличивается сила взаимодействия  $F_1$ , что и требовалось доказать.

**861**



$m = 150 \text{ мГ}; q_1 = 10 \text{ нКл}; r = 32 \text{ см}.$

а)  $T_1 = \frac{T_0}{2}$ ; б)  $T_1 = 2T_0$ ;  $q_2 = ?$

а)

$$\bar{T}_0 + m\bar{g} = 0$$

$$T_0 - mg = 0; T_0 = mg. \quad \bar{T}_0 = -m\bar{g}$$

$$\bar{T}_1 + m\bar{g} + \bar{F} = 0; \quad \frac{\bar{T}_0}{2} + m\bar{g} + \bar{F} = 0$$

$$\frac{m\bar{g}}{2} + \bar{F} = 0; \quad \bar{F} = -\frac{1}{2}m\bar{g}$$

Видно, что сила электрического взаимодействия должна быть направлена против ускорения свободного падения, т.е. заряд  $q_2$  должен быть такого же знака, что и  $q_1$ , т.е.  $q_2 > 0$ .

$$F = \frac{mg}{2}; \quad F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}; \quad k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{mg}{2}; \quad q_2 = \frac{r^2 \cdot mg}{2kq_1}$$

$$q_2 = \frac{150 \cdot 10^{-6} \cdot 9,81 \cdot 0,32^2}{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-9}} = 8,37 \cdot 10^{-7} \text{ (Кл)}$$

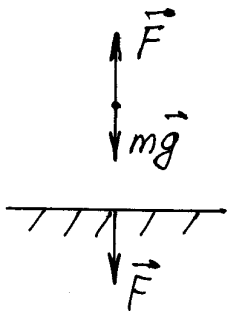
б)

$$\bar{T}_0 + m\bar{g} = 0; \quad \bar{T}_0 = -m\bar{g}; \quad T_0 = mg; \quad \bar{T}_1 + m\bar{g} + \bar{F} = 0; \quad 2\bar{T}_0 + m\bar{g} + \bar{F} = 0$$

$$2(-m\bar{g}) + m\bar{g} + \bar{F} = 0; \quad \bar{F} = m\bar{g}$$

Сила электрического взаимодействия 2-х шариков сонаправлена с вектором  $\bar{g}$ , значит, шарики должны притягиваться. Следовательно,  $q_2 < 0$ .

$$k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = mg; \quad q_2 = -\frac{r^2 \cdot mg}{kq_1}; \quad q_2 = -\frac{0,32^2 \cdot 150 \cdot 10^{-6} \cdot 9,81}{9 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-9}} = 1,67 \cdot 10^{-6} \text{ (Кл)}$$



$q_{1(0)} = 20 \text{ нКл}$ ;  $q_{2(0)} = 0$ ;  $m = 0,1 \text{ г}$ .  $h - ?$

При соприкосновении заряды обоих шариков станут одинаковыми и

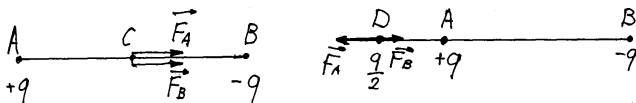
равными  $q = q_1 = q_2 = \frac{q_{1(0)} + q_{2(0)}}{2}$ .  $q = \frac{20}{2} = 10 \text{ (нКл)}$ . Условие равнове-

сия шарика В на высоте  $h$  от шарика А записывается в виде  $F = mg$ ,

где  $F = k \frac{q^2}{h^2}$ .  $k \frac{q^2}{h^2} = mg$ .  $h = q \sqrt{\frac{k}{mg}}$ ;

$$h = 10 \cdot 10^{-9} \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9}{0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81}} = 3,03 \cdot 10^{-2} \text{ (м)}$$

863



$+q$ ;  $-q$ ;  $\frac{q}{2}$ ;  $|DA| = |AC| = \frac{1}{2}|AB|$ .  $\frac{F_1}{F_2} - ?$

а) Обозначим  $|AB|$  за  $x$ . Тогда сила, действующая на заряд  $\frac{q}{2}$ , помещенный

в точку С, равна  $F_1 = k \frac{|q| \cdot \frac{q}{2}}{\left(\frac{x}{2}\right)^2} + k \frac{|q| \cdot \frac{q}{2}}{\left(\frac{x}{2}\right)^2} = \frac{4kq^2}{x^2}$ .

б) Сила  $F_2$ , действующая на заряд  $\frac{q}{2}$  в точке D, равна



$$F_2 = |\vec{F}_A| - |\vec{F}_B| = \frac{kq^2}{2} \left( \frac{1}{\left(\frac{x}{2}\right)^2} - \frac{1}{\left(\frac{3x}{2}\right)^2} \right) = \frac{16}{9} \frac{kq^2}{x^2}; \quad \frac{F_1}{F_2} = 4 : \frac{16}{9} = 2,25$$

Следовательно, сила  $F_1$  больше силы  $F_2$  в 2,25 раза.

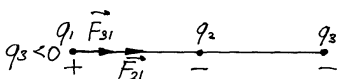
### 864

$q_1 = 40$  нКл;  $q_2 = -10$  нКл;  $r = 10$  см.  $q_3 = ?$   $x = ?$

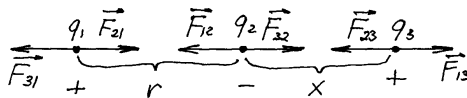
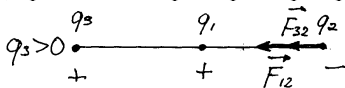
Если поместить заряд  $q_3$  между зарядами  $q_1$  или  $q_2$ , то со стороны этих зарядов на заряд  $q$  будут действовать 2 силы, направленные в одну сторону.

Следовательно, система не будет находиться в равновесии. Если заряд  $q$  поместить не на прямой, соединяющей  $q_1$  и  $q_2$ , то равнодействующая сил, действующих со стороны  $q_1$  и  $q_2$  на заряд  $q_3$ , также не будет равна нулю.

Если поместить отрицательный заряд  $q_3$  справа от заряда  $q_2$  или положительный заряд  $q_3$  слева от  $q_1$ , то равнодействующая сил, действующих соответственно на заряды  $q_1$  и  $q_2$ , никогда не обратится в ноль.



Рассмотрим случай, когда заряд  $q_3 > 0$  помещен справа от заряда  $q_2$  на прямой, проходящей через заряды  $q_1$  и  $q_2$ . (см. рис.).



Условия равновесия запишутся следующим образом:

$$F_{31} = F_{21}; F_{12} = F_{32}; F_{23} = F_{13}.$$

или

$$\left\{ \begin{array}{l} k \frac{|q_3| \cdot |q_1|}{(r+x)^2} = k \frac{|q_2| \cdot |q_1|}{r^2} \\ k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = k \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{x^2} \\ k \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{x^2} = k \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{(r+x)^2} \end{array} \right.$$

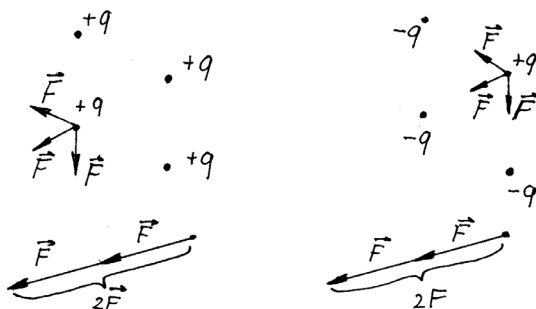
$$\frac{q_1}{(r+x)^2} = -\frac{q_2}{x^2}; \quad \sqrt{-\frac{q_1}{q_2}} = \frac{r}{x} + 1; \quad x = \frac{r}{\sqrt{-\frac{q_1}{q_2}} - 1};$$

$$x = \frac{10}{\sqrt{-\frac{40}{-10}} - 1} = 10 \text{ (см)}; \quad x = r; \quad q_3 = q_1 \frac{x^2}{r^2} = q_1; \quad q_3 = 40 \text{ нКл}.$$

Аналогично, решая задачу для случая, когда заряд  $q_3 < 0$  помещен слева от заряда  $q_1$ , получаем  $x = -20$  см,  $q_3 = -40$  нКл, т.е. заряд  $q_3 < 0$  опять же должен быть помещен справа от  $q_2$ , чего быть не может (так как  $q_3 = -40$  нКл  $< 0$  и равновесия не будет).

Получаем единственный ответ:  $x = 10$  см,  $q_3 = 40$  нКл, равновесие неустойчивое.

**865**

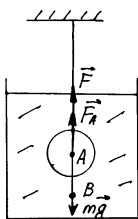


$F - ?$

Таким образом, на заряд  $+q$  действуют силы со стороны положительных зарядов  $\vec{F} + \vec{F} = \vec{F}$  – правило параллелограмма со стороны отрицательных зарядов ( $\vec{F} + \vec{F} = \vec{F}$ )

Суммарная сила:  $2\vec{F} + 2\vec{F} = 4\vec{F}$ , где  $F = k \frac{q^2}{a^2}$

**866**



$$V = 9 \text{ мм}^3; \quad \rho_{\text{стали}} = 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad q_{\text{ш}} = 7 \text{ нКл}; \quad q_{\text{в}} = -2,1 \text{ нКл};$$

$$\epsilon = 2; \quad \rho_{\text{кер}} = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad r - ?$$

Условия равновесия

$$F + F_A = mg$$

$$\text{где } F = k \frac{q_{\text{ш}} q_{\text{в}}}{\epsilon r^2}$$

$F_A = \rho_{\text{кер}} Vg$  – сила Архимеда

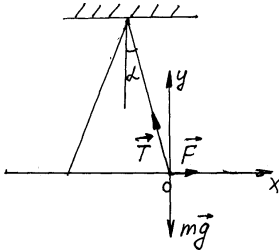
$m = \rho_{\text{ст}} V$  – масса пылинки.

$$k \frac{|q_{\text{ш}}||q_B|}{\epsilon r^2} + \rho_{\text{кер}} Vg = \rho_{\text{ст}} Vg ; k \frac{|q_{\text{ш}}||q_B|}{\epsilon r^2} = (\rho_{\text{кер}} - \rho_{\text{ст}}) \cdot Vg$$

$$r = \sqrt{\frac{k|q_{\text{ш}}||q_B|}{\epsilon(\rho_{\text{кер}} - \rho_{\text{ст}})Vg}} ; r = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 7 \cdot 10^{-9} \cdot 2,1 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot (7800 - 800) \cdot 9 \cdot 10^{-9} \cdot 10}} = 0,01 \text{ (м)}$$

Равновесие неустойчивое.

**867**



$$m_1 = m_2 = m = 10 \text{ мГ}; l = 30 \text{ см}; \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha = 15^\circ; q_1 = q_2 = q - ?$$

$$\vec{T} + \vec{F} + m\vec{g} = 0$$

В проекциях

на ось  $x$ :

$$F = T \sin \alpha$$

на ось  $y$ :

$$T \cos \alpha = mg$$

}

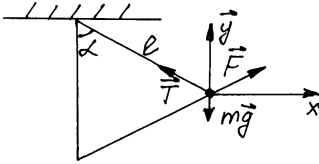
$$\frac{F}{mg} = \tan \alpha; F = mgtg \alpha; F = k \frac{q^2}{r^2}; r = 2l \sin \alpha$$

$$F = k \frac{q^2}{4l^2 \sin^2 \alpha}; k \frac{q^2}{4l^2 \sin^2 \alpha} = mgtg \alpha; q = 2l \sin \alpha \sqrt{\frac{mgtg \alpha}{k}}$$

$$q = 2 \cdot 0,3 \cdot \sin 15^\circ \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot \tan 15^\circ}{9 \cdot 10^9}} = 8,47 \cdot 10^{-9} \text{ (Кл)} = 8,47 \text{ нКл}$$

**868**

$$l = 20 \text{ см}; m_1 = m_2 = m = 5 \text{ Г}; q_1 = q_2 = q; \alpha = 60^\circ; q - ?$$



$$\vec{T} + \vec{F} + m\vec{g} = 0$$

В проекциях

на ось  $x$ :

$$F \sin \alpha = T \sin \alpha$$

на ось  $y$ :

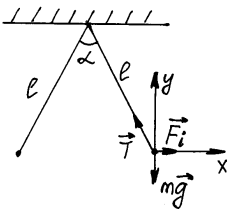
$$T \cos \alpha + F \cos \alpha = mg$$

$$F = \frac{mg}{2 \cos \alpha}; F = k \frac{q^2}{l^2}; k \frac{q^2}{l^2} = \frac{mg}{2 \cos \alpha}; q = l \sqrt{\frac{mg}{2k \cos \alpha}}$$

$$q = 0,2 \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \cos 60^\circ}} = 4,7 \cdot 10^{-7} \text{ (Кл)}$$

**869**

$$\rho_k = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \varepsilon = 2; m_1 = m_2 = m; \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha; q_1 = q_2 = q. \rho_{\text{ж}} - ?$$



$$\text{В воздухе: } \vec{T} + \vec{F}_1 + m\vec{g} = 0$$

В проекциях

на ось  $x$ :

$$F_1 = T \sin \frac{\alpha}{2}$$

на ось  $y$ :

$$T \cos \frac{\alpha}{2} = mg$$

$$F_1 = mgtg \frac{\alpha}{2}; F_1 = k \frac{q^2}{4l^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}$$

$$\text{В керосине: } \vec{F}_A + \vec{T} + \vec{F}_2 + m\vec{g} = 0$$

В проекциях

на ось  $x$ :

$$F_2 = T \sin \frac{\alpha}{2}$$

на ось  $y$ :

$$T \cos \frac{\alpha}{2} + F_A = mg$$

$$F_A = \rho_K V_{\text{ш}} g; V_{\text{ш}} = \frac{m}{\rho_{\text{ш}}}; F_A = \frac{\rho_K}{\rho_{\text{ш}}} mg; F_2 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = mg \left( 1 - \frac{\rho_K}{\rho_{\text{ш}}} \right)$$

$$F_2 = mg \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left( 1 - \frac{\rho_K}{\rho_{\text{ш}}} \right); F_2 = F_1 \left( 1 - \frac{\rho_K}{\rho_{\text{ш}}} \right)$$

$$F_2 = k \frac{q^2}{\epsilon 4l^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}; F_1 = k \frac{q^2}{4l^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{1}{\epsilon} = 1 - \frac{\rho_K}{\rho_{\text{ш}}}; \frac{\rho_K}{\rho_{\text{ш}}} = 1 - \frac{1}{\epsilon}; \rho_{\text{ш}} = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \rho_K; \rho_{\text{ш}} = \frac{2}{2 - 1} 800 = 1600 \left( \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$$

**870**

$$q_1 = q_2 = q; H; m; v_0; l - ?$$

По закону сохранения энергии для летящего вниз шарика

$$W_{\text{p}(0)} + W_{\text{k}(0)} = W_{\text{p}(l)}$$

$$\text{где } W_{\text{p}(0)} = mgH + k \frac{q^2}{H} - \text{начальная потенциальная энергия,}$$

$$W_{\text{k}(0)} = \frac{mv_0^2}{2} - \text{начальная кинетическая энергия,}$$

$$W_{\text{p}(l)} = mgl + k \frac{q^2}{l} - \text{конечная потенциальная энергия}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgH + k \frac{q^2}{H} = mgl + k \frac{q^2}{l}$$

$$mgl^2 - l \left( \frac{mv_0^2}{2} + mgH + k \frac{q^2}{H} \right) + kq^2 = 0;$$

$$l_{1,2} = \frac{1}{2mg} \left[ \frac{mv_0^2}{2} + mgH + k \frac{q^2}{H} \pm \sqrt{\left( \frac{mv_0^2}{2} + mgH + k \frac{q^2}{H} \right)^2 - 4mgkq^2} \right]$$

$$l = \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{v_0^2}{2g} + \frac{kq^2}{mgH} + H \right) - \sqrt{\left( \frac{v_0^2}{2g} + \frac{kq^2}{mgH} + H \right)^2 - \frac{4kq^2}{mg}} \right]$$

**871**

$$|q_1| = |q_2| = q; q_1 \cdot q_2 < 0; H, m, v_0, l - ?$$

(Начало решения: см. задачу № 870)

$$W_{p(0)} = k - \frac{q_1 \cdot q_2}{H} = -k \frac{q^2}{H}; W_{p(l)} = -\frac{kq^2}{l}; \frac{mv_0^2}{2} + mgH - k \frac{q^2}{H} = mgl - \frac{q^2}{l}$$

$$l_{1,2} = \frac{1}{2mg} \left[ \left( \frac{mv_0^2}{2} + mgH - k \frac{q^2}{H} \right) \pm \sqrt{\left( \frac{mv_0^2}{2} + mgH - k \frac{q^2}{H} \right)^2 - 4mgkq^2} \right]$$

$$l = \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{v_0^2}{2g} - \frac{kq^2}{mgH} + H \right) + \sqrt{\left( \frac{v_0^2}{2g} - \frac{kq^2}{mgH} + H \right)^2 + \frac{4kq^2}{mg}} \right]$$

**872**

$$r = 1 \text{ м}; q_0 = 0,1 \text{ нКл}; q_1 = -10 \text{ нКл}; E - ? F - ?$$

$$E = k \frac{q_0}{n^2}; E = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{0,1 \cdot 10^{-9}}{1^2} = 0,9 \left( \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \right)$$

$$F = |q_1|E; F = |-10 \cdot 10^9| \cdot 0,9 = 9 \cdot 10^{-9} \text{ (Н)}$$

**873**

$$E_T = 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}; \alpha = 10^{-10} \text{ м}; \frac{E_A}{E_T} - ?$$

$$E_A = k \frac{l}{\left( \frac{d}{2} \right)^2} = 4k \frac{l}{d^2} = 4 \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}{10^{-20} \text{ м}^2} = 5,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$$

$$\frac{E_A}{E_T} = \frac{5,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}}{10^7 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}} = 5,76 \cdot 10^4$$

**874**

$$E = 1,6 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}; r = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}; q - ?$$

$$E = \frac{q}{r^2}; q = \frac{Er^2}{k} = \frac{1,6 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \cdot 25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}} \approx 4,4 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

**875**

$$q = 10 \text{ нКл} = 10^{-8} \text{ Кл}; E = 0,25 \text{ В/м}; \epsilon = 81; r - ?$$

$$E = \frac{k}{\varepsilon} \cdot \frac{q}{r^2}; \quad r = \sqrt{\frac{kq}{\varepsilon E}} \approx \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 10^{-8} \text{ Кл}}{81 \cdot 0,25 \frac{\text{В}}{\text{м}}}} \approx 2,1 \text{ м}.$$

**876**

$$q_1 = 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}; \quad q_2 = -5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}; \quad R = 0,6 \text{ м}; \quad E - ?$$

$$E_1 = k \frac{q_1}{\left(\frac{R}{2}\right)^2} = 4k \frac{q_1}{R^2}; \quad E_2 = k \frac{q_2}{\left(\frac{R}{2}\right)^2} = 4k \frac{q_2}{R^2}$$

$$E = E_1 - E_2 = \frac{4k}{R^2} (q_1 - q_2) = \frac{4 \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}}{0,6^2 \text{ м}^2} (4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} + 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}) = 900 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

**877**

$$R = 8 \text{ см}; \quad r - ?$$

$$E_1 = k \frac{q}{r^2}; \quad E_2 = k \frac{9q}{(R-r)^2}; \quad E = k \frac{q}{r^2} - k \frac{9q}{(R-r)^2} = 0; \quad \frac{1}{r^2} - \frac{9}{(R-r)^2} = 0$$

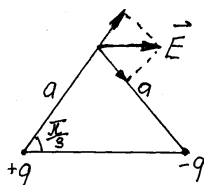
$$9r^2 = (R-r)^2; \quad 3r = \pm (R-r)$$

Т.к.  $r > 0$ , то остается корень  $3r = R - r$

$$r = \frac{R}{4} = \frac{8 \text{ см}}{4} = 2 \text{ см}$$

**878**

$$q = 18 \text{ нКл} = 1,8 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}; \quad a = 2 \text{ м}; \quad E - ?$$



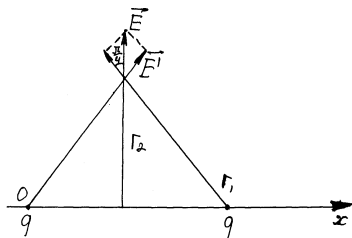
$$E' = k \frac{q}{a^2}; \quad E = 2k \frac{q}{a^2} \cos \frac{\pi}{3} = k \frac{q}{a^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \frac{1,8 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}}{2^2 \text{ м}^2} = 40,5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Напряженность параллельна линии, соединяющей  $q$  и  $-q$  и направлена от  $q$  к  $-q$ .

**879**

$$q = 10 \text{ нКл} = 10^{-8} \text{ Кл}; \quad r_1 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}; \quad r_2 = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м};$$

$$Q = 100 \text{ нКл} = 10^{-7} \text{ Кл}; \quad E - ? \quad F - ?$$



$$E' = k \frac{q}{\frac{r_1^2}{4} + r_2^2} = 4k \frac{q}{r_1^2 + 4r_2^2}$$

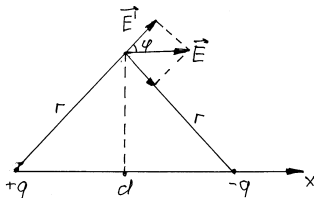
$$E = 2E' \cos \frac{\pi}{4} = 4\sqrt{2}k \frac{q}{r_1^2 + 4r_2^2} \approx$$

$$\approx 4 \cdot 1,41 \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{\text{H} \cdot \text{M}^2}{\text{КЛ}^2} \cdot \frac{10^{-8} \text{КЛ}}{0,1^2 \text{M}^2 + 4 \cdot 0,05^2 \text{M}^2} \approx 2,54 \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{М}}$$

$$F = QE = 10^{-7} \text{КЛ} \cdot 2,54 \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{М}} = 2,54 \cdot 10^{-3} \text{КЛ}$$

**880**

$q = 6,4 \cdot 10^{-6} \text{КЛ}$ ;  $d = 12 \text{ см} = 0,12 \text{ М}$ ;  $r = 8 \text{ см} = 0,08 \text{ М}$ ;  $E = ?$



$$E' = k \frac{q}{r^2}; \cos \varphi = \frac{d}{2r}; E = 2E' \cos \varphi = 2k \frac{q}{r^2} \cdot \frac{d}{2r} = k \frac{qd}{r^3} =$$

$$= 9 \cdot 10^9 \frac{\text{H} \cdot \text{М}^2}{\text{КЛ}^2} \cdot \frac{6,4 \cdot 10^{-6} \text{КЛ} \cdot 0,12 \text{М}}{0,08^3 \text{М}^3} = 13,5 \cdot 10^7 \frac{\text{В}}{\text{М}}$$

**881**

$m = 1 \cdot 10^{-9} \text{г} = 10^{-12} \text{кг}$ ;  $q = 3,2 \cdot 10^{-17} \text{КЛ}$ ;  $E = ?$

$$mg = qE; E = \frac{mg}{q} = \frac{10^{-12} \text{кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}}{3,2 \cdot 10^{-17} \text{КЛ}} \approx 3,1 \cdot 10^5 \frac{\text{В}}{\text{М}}$$



882

$$l = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}; \rho = 900 \text{ кг/м}^3; E = 10\,000 \text{ В/м} = 10^4 \text{ В/м}; d = ?$$

$$mg = lE; \rho \frac{\pi}{6} d^3 g = lE$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{6lE}{\pi \rho g}} \approx \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{м}}}{3,14 \cdot 900 \cdot 10}} \approx 7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

883

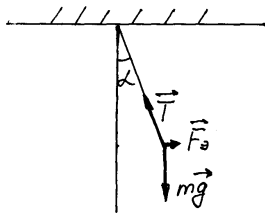
$$m = 0,18 \text{ г} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; \rho_1 = 1800 \text{ кг/м}^3; \rho_2 = 900 \text{ кг/м}^3; E = 45 \text{ кВ/м} = 4,5 \cdot 10^4 \text{ В/м}; q = ?$$

$$mg = qE + \frac{m}{\rho_1} \rho_2 g$$

$$q = \frac{mg}{E} \left( 1 - \frac{\rho_2}{\rho_1} \right) = \frac{1,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{4,5 \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{м}}} \left( 1 - \frac{900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{1800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \right) = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

884

$$m = 0,25 \text{ г} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ кг}; E = 1,0 \cdot 10^6 \text{ В/м}; q = 2,5 \text{ нКл} = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}; \alpha = ?$$



$$\vec{T} + \vec{F} + m\vec{g} = 0$$

В проекциях

$$T \cos \alpha = mg$$

$$T \sin \alpha = F_e = qE$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{qE}{mg} = \frac{2,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \cdot 10^6 \text{ В/м}}{2,5 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 1$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} 1 = \frac{\pi}{4}$$

**885**

$q = 20 \text{ нКл} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}; \varphi_1 = 700 \text{ В}; \varphi_2 = 200 \text{ В}; \varphi_1' = 100 \text{ В};$   
 $\varphi_2' = 400 \text{ В}; A - ? A' - ?$

$$A = q (\varphi_1 - \varphi_2) = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} \cdot (700 \text{ В} - 200 \text{ В}) = 10^{-5} \text{ Дж}$$

$$A' = q (\varphi_1' - \varphi_2') = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} \cdot (100 \text{ В} - 400 \text{ В}) = -6 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

**886**

$E = 1 \text{ кВ/м} = 10^3 \text{ В/м}; q = -25 \text{ нКл} = -2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}; d = 2 \text{ см} =$   
 $= 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}; A - ? \Delta W - ? U - ?$

$$U = Ed = 10^3 \text{ В/м} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 20 \text{ В}$$

$$A = qU = -2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} \cdot 20 \text{ В} = -5 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$$

$$\Delta W = -A = 5 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$$

**887**

$E = 60 \text{ кВ/м} = 6 \cdot 10^4 \text{ В/м}; q = 5 \text{ нКл} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}; \alpha = 60^\circ; d =$   
 $= 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}; A - ? \Delta W - ? U - ?$

$$U = Ed \cos \alpha = 6 \cdot 10^4 \text{ В/м} \cdot 0,2 \text{ м} \cdot \frac{1}{2} = 6 \cdot 10^3 \text{ В}$$

$$A = qU = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \cdot 6 \cdot 10^3 \text{ В} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$$

$$\Delta W = -A = -3 \cdot 10^{-5} \text{ Дж.}$$

Для отрицательного заряда:

$$U = 6 \cdot 10^3 \text{ В}; A = -3 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}; \Delta W = 3 \cdot 10^{-5} \text{ Дж.}$$

**888.**  $q_1 = 10 \text{ нКл} = 10^{-8} \text{ Кл}; q_1 = 1 \text{ нКл} = 10^{-9} \text{ Кл}; R = 1,1 \text{ м}; E - ?$

$$\varphi_1 = k \frac{q_1}{r}; \varphi_2 = k \frac{q_1}{r}; \varphi_1 + \varphi_2 = 0; k \frac{q_1}{r} + k \frac{q_1}{r} = 0;$$

$$r = R \frac{q_1}{q_1 - q_2} = 1,1 \text{ м} \cdot \frac{10^{-8} \text{ Кл}}{10 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} + 10^{-9} \text{ Кл}} = 1 \text{ м};$$

$$E = k \left( \frac{q_1}{r^2} - \frac{q_2}{(R - r)^2} \right) = 9 \cdot 10^2 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл} \cdot \text{м}^2} \left( \frac{10^{-8} \text{ Кл}}{1^2 \text{ м}^2} + \frac{10^{-9} \text{ Кл}}{(1,1 \text{ м} - 1 \text{ м})^2} \right) =$$

$$= 9,9 \text{ В/м} \approx 1 \text{ кВ/м.}$$

**889.**

Смотри рисунок к задаче.

$q_1 = 2 \text{ мКл} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}; q_2 = 5 \text{ мКл} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл};$   
 $d = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}; Q = 10 \text{ нКл} = 10^{-8} \text{ Кл}; r = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}; A - ?;$

$$\varphi_1 = k \left( \frac{q_1}{r} + \frac{q_2}{\sqrt{d^2 - r^2}} \right); \varphi_2 = k \left( \frac{q_1}{\sqrt{d^2 + r^2}} + \frac{q_2}{r} \right); A = Q(\varphi_1 - \varphi_2) =$$

$$\begin{aligned}
&= kQ \left( \frac{q_1}{r} + \frac{q_2}{\sqrt{d^2 - r^2}} - \frac{q_1}{\sqrt{d^2 + r^2}} - \frac{q_2}{r} \right) = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{H} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \\
&\cdot \left( \frac{2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}}{0,3 \text{ м}} + \frac{5 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{0,3^2 \text{ м}^2 + 0,4^2 \text{ м}^2}} - \frac{5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}}{0,3 \text{ м}} - \frac{0,2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}}{\sqrt{0,3^2 \text{ м}^2}} \right) = \\
&= -3,6 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}.
\end{aligned}$$

**890.** Нет, неверно. Если заряд имеет начальную скорость, то его движение совсем не совпадает с линиями напряженности. Без начальной скорости вдоль линий напряженности будет двигаться положительный заряд, а отрицательный будет двигаться в обратном направлении.

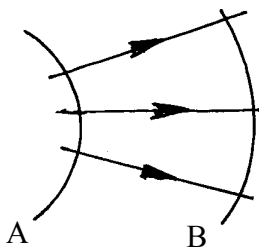
**891.** Не будет двигаться.

**892.** Так как поле между пластинами можно считать однородным, то в точках А, В, С, F оно имеет одинаковое значение. В точке Е поле равно нулю, т.к. поле приближенно сконцентрировано между пластинами. Так как точка D находится внутри проводника, то в точке D поле равно нулю. Работы, которые совершает поле при перемещении малого точечного заряда  $q$  из А в В и из А в С, одинаковы, т.к. проекции перемещений из А в В и из А в С на направление поля равны.

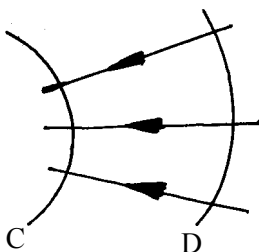
**893.** Сила, действующая на заряд, больше там, где гуще линии напряженности. На рисунке густота линий одинакова, значит, и силы одинаковы.

**894.** Линии напряженности направлены в сторону уменьшения потенциала. Значит, потенциал на поверхности В больше, чем на поверхности А. Напряженность больше, где линии напряженности гуще. Значит, напряженность в точке С больше, чем в точке D.

**895.**



а)  $\varphi_A > \varphi_B$ ;



б)  $\varphi_C < \varphi_D$ .

**896.** См. учебник.

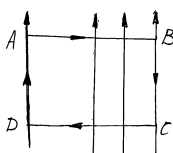
**897.** Все работы равны нулю, потому что все точки находятся на эквипотенциальной поверхности.

**898.** Работы по перемещению из точки А в точку В и из точки А в точку С равны, потому что В и С находятся на одной эквипотенциальной поверхности.

**899.** Работы по перемещению из точки А в точки В, С или D равны, т.к. точки В, С и D находятся на одной эквипотенциальной поверхности.

**900.** Для любого электростатического поля работа по замкнутому контуру равна нулю.

**901.**

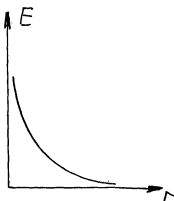


Рассмотрим работу по контуру ABCD. На участках АВ и CD работа равна нулю, т.к. перемещение перпендикулярно линии напряженности. Сумма работ на участках AD и BC не равна нулю, т.к.

напряженность на линии ВС больше, чем на линии AD. Значит, это поле не является потенциальным.

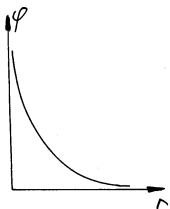
**902.** Поверхность шара является эквипотенциальной, т.к. в противном случае между точками разного потенциала тек бы ток, а значит, выделялось бы тепло, что противоречит закону сохранения энергии.

**903.**



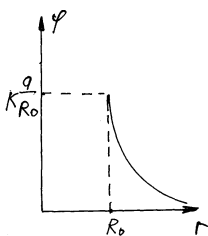
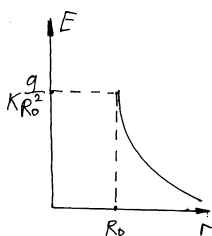
$$E = k \frac{q}{r^2}.$$

**904.**



$$\varphi = k \frac{q}{r}.$$

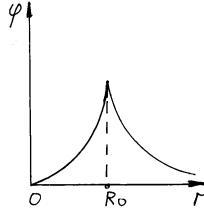
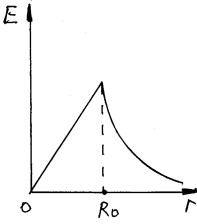
**905.**



Внутри шара напряженность равна нулю, потенциал постоянен.

$$E = \begin{cases} 0, & r < R_0, \\ k \frac{q}{r^2}, & r > R_0. \end{cases} \quad \varphi = \begin{cases} k \frac{q}{R_0}, & r < R_0, \\ k \frac{q}{r}, & r > R_0. \end{cases}$$

906.



$$E = k \frac{q}{r^2}; \varphi = k \frac{q}{r}; q = \rho V = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho, r < R_0; E = k \frac{4}{3} \pi \rho \frac{r^3}{r^2} = \alpha r, r < R_0;$$

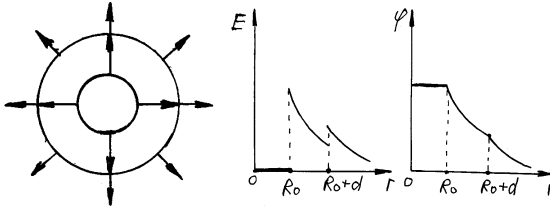
$$\varphi = k \frac{4}{3} \pi \rho \frac{r^3}{r} = \alpha r^2, r < R_0; \alpha = \frac{4}{3} \pi \rho k, \beta = kq.$$

$$E = \begin{cases} \alpha r, r < R_0, \\ \frac{\beta}{r^2}, \end{cases} \quad \varphi = \begin{cases} \alpha r^2, r < R_0, \\ \frac{\beta}{r}, r > R_0. \end{cases}$$

$$E = \begin{cases} 0, r < R_0, \\ \frac{k}{\varepsilon} \frac{q}{r^2}, R_0 < r < R_0 + d, \\ k \frac{q}{r^2}, r > R_0 + d; \end{cases}$$

$$\varphi = \begin{cases} \frac{k}{\varepsilon} \frac{q}{R_0}, r < R_0, \\ \frac{k}{\varepsilon} \frac{q}{r}, R_0 < r < R_0 + d, \\ k \frac{q}{r}, r > R_0 + d; \end{cases}$$

907.



а) Силовые линии

б)

908.  $r = 1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$ ;  $U = 820 \text{ В}$ ;  $d = 8 \text{ мм} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ;  $\rho = 0,8 \text{ г/см}^3 = 800 \text{ кг/м}^3$ ;  $e = ?$

$$2eE = mg; Ed = U; E = \frac{U}{d}; m = \rho \frac{4}{3} \pi r^3; e = \frac{2\pi \rho r^3 g d}{3U} \approx$$

$$\approx \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 10^{-18} \text{ м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 820 \text{ В}} \approx 1,63 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

909.  $m = 10^{-8} \text{ г} = 10^{-11} \text{ кг}$ ;  $U = 6000 \text{ В}$ ;  $N = 1000$ ;  $d = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ;  
 $\Delta U = ?$

$$\begin{cases} mg = q \frac{U}{d}, \\ mg = q_1 \frac{U_1}{d}, \\ q_1 = q - Ne, \\ qU = q_1 U_1; \end{cases}$$

$$q = \frac{mgd}{U}; U_1 = U \frac{q}{q_1} = U \frac{q}{q - Ne}; \Delta U = U_1 - U = U \left( \frac{q}{q - Ne} - 1 \right) =$$

$$= U \frac{Ne}{q - Ne}; q = \frac{mgd}{U} = \frac{10^{-11} \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{6000 \text{ В}} \approx 8,3 \cdot 10^{-15} \text{ Кл};$$

$$\Delta U = \frac{1000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}{8,3 \cdot 10^{-15} - 1000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} \cdot 6000 \text{ В} \approx 960 \text{ В.}$$

910.  $r = 2 \text{ мкм} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ ;  $d = 8 \text{ мм} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ;  $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ ;  $U = ?$

$$\rho g \frac{4}{3} \pi r^3 = 3e \frac{U}{d}; U = \frac{4\pi \rho g r^3 d}{9e} \approx$$

$$\approx \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 10^{-18} \text{ м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 2^3 \cdot 10^{-18} \text{ м}^3 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} \approx 4466 \text{ В.}$$

а) Если конденсатор подключен, то ничего не изменится.

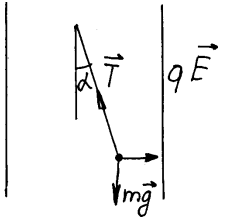
б) Если конденсатор не подключен, то капелька начнет падать.

**911.**  $R = 0,5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ;  $d = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ ;  $F = 0,01 \text{ Н}$ ;  $q = 3 \text{ нКл} = 3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ ;  $U - ?$

$$q \frac{U}{d} = F + k \frac{q^2}{R^2}; U = \frac{d}{q} \left( F + k \frac{q^2}{R^2} \right) =$$

$$= \frac{0,1 \text{ м}}{3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}} \left( 0,01 \text{ Н} + 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \frac{3^2 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}^2}{5^2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} \right) \approx 4,4 \cdot 10^5 \text{ В.}$$

**912.**



$q = 3 \text{ нКл} = 3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ ;  $\alpha = 45^\circ$ ;  $m = 4 \text{ г} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ ;  $S = 314 \text{ см}^2 = 3,14 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ ;  $Q - ?$

$$G = \frac{Q}{S}; E = \frac{G}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}; F_{эл} = qE = \frac{qQ}{\epsilon_0 S};$$

$$\begin{cases} T \cos \alpha = mg, \\ T \sin \alpha = qE; \end{cases} \quad \frac{qE}{mg} = \tan \alpha; qE = mg \tan \alpha; \frac{qQ}{\epsilon_0 S} = mg \tan \alpha;$$

$$Q = \frac{mg \tan \alpha \epsilon_0 S}{q} =$$

$$= \frac{4 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}^2 \cdot 1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} \cdot 3,14 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2}{3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}} \approx 3,7 \cdot 10^{-6} \text{ Кл.}$$

**913.**  $U_1 = 1000 \text{ км/с} = 10^6 \text{ м/с}$ ;  $v_2 = 3000 \text{ км/с} = 3 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ ;  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ ;  $U - ?$

$$U = \frac{m}{2e} (\sqrt{v_2^2} - \sqrt{v_1^2}) = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot \text{м}}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \sqrt{2} - \sqrt{1}} \cdot$$

$$\cdot (3^2 \cdot 10^{12} \text{ м}^2/\text{с}^2 - 10^{12} \text{ м}^2/\text{с}^2) \approx 23 \text{ В.}$$

**914.**  $E = 1,2 \text{ В/см} = 120 \text{ В/м}$ ;  $v_0 = 1000 \text{ км/с} = 10^6 \text{ м/с}$ ;  $l - ?$ ;  $t - ?$

$$\text{По закону сохранения энергии: } \frac{m v_0^2}{2} = eEl;$$

$$l = \frac{m v_0^2}{2eE} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 10^{12} \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 120 \text{ В/м}} \approx 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ м};$$



$$0 = v_0 - \frac{eE}{m}t; v_0 = \frac{eE}{m}t; \frac{eE}{m} = \frac{v_0^2}{2l}; v_0 = \frac{v_0^2}{2l}t; t = \frac{2l}{v_0} = \frac{2 \cdot 2,4 \cdot 10^{-2}}{10^6} = 4,8 \cdot 10^{-8} \text{ с.}$$

**915.**  $v = 4 \cdot 10^9 \text{ м/с} = 4 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ ;  $d = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$ ;  $l = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ;  
 $U = 300 \text{ В}$ ;  $\Delta x = ?$

$$t = \frac{l}{v}; E = \frac{U}{d}; \Delta x = \frac{1}{2} \frac{eE}{m} t^2 = \frac{Ue}{md} \frac{l^2}{v^2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{300 \text{ В} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Кг} \cdot 10^{-2} \text{ м}} \cdot \frac{5^2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{4^2 \cdot 10^{14} \text{ м}^2/\text{с}^2} \approx 4,12 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 4,12 \text{ мм.}$$

**916.**  $U_0 = 5000 \text{ В}$ ;  $l = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ;  $d = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$ ;  $U = ?$

По закону сохранения энергии:  $\frac{mv_0^2}{2} = eU_0; v_0^2 = \frac{2eU_0}{m};$

$$t = \frac{l}{v}; \frac{d}{2} = \frac{1}{2} \frac{eE}{m} t^2 = \frac{1}{2} \frac{eU}{md} \frac{l^2}{v^2} = \frac{1}{2} \frac{eU}{md} \frac{m}{2eU_0} = \frac{1}{4} \frac{l^2}{d} \frac{U}{U_0};$$

$$U = 2U_0 \frac{d^2}{l^2} = 2 \cdot 5000 \text{ В} \cdot \frac{10^{-4} \text{ м}^2}{5^2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 400 \text{ В.}$$

**917.**  $l = 4 \text{ см} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ;  $\Delta x = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ;  $E = 2,25 \text{ кВ/м} = 2,25 \cdot 10^4 \text{ В/м}$ ;  
 $v_0 = ?$   $W_0 = ?$

$$t = \frac{l}{v_0}; W_0 = \frac{mv_0^2}{2}; \Delta x = \frac{1}{2} \frac{eE}{m} t^2 = \frac{1}{2} \frac{eE}{m} \frac{l^2}{v_0^2} = \frac{1}{4} \frac{eEl^2}{W_0};$$

$$W_0 = \frac{1}{4} \frac{eEl^2}{\Delta x} = \frac{1}{4} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 2,25 \cdot 10^4 \text{ В/м} \cdot 4^2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{2 \cdot 10^{-3} \text{ м}} = 7,2 \cdot 10^{-16} \text{ Дж};$$

$$W_0 = \frac{mv_0^2}{2}; v_0 = \sqrt{\frac{2W_0}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7,2 \cdot 10^{-16} \text{ Дж}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Дж}}} \approx 4 \cdot 10^7 \text{ м/с.}$$

**918.**  $t = \frac{L}{v_0 \cos \alpha}$ ;  $v \cos \beta = v_0 \cos \alpha$ ;  $v = v_0 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$ ;

$$v \sin \beta = v_0 \sin \alpha + \frac{eE}{m}t; v_0 \cos \alpha \tan \beta = v_0 \sin \alpha + \frac{eE}{m} \frac{L}{v_0 \cos \alpha};$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{eEL}{m \cos \alpha (\cos \alpha \tan \beta - \sin \alpha)}};$$

$$W_o = \frac{m v_o^2}{2} = \frac{eEl}{2 \cos \alpha (\cos \alpha \operatorname{tg} \beta - \sin \alpha)};$$

**919.** а)  $W_o = 1,6 \cdot 10^{-15}$  Дж;  $d = 1$  см =  $10^{-2}$  м;  $l = 10$  см =  $0,1$  м;  
 $L = 20$  см =  $0,2$  м;  $U = 40$  В;  $\Delta x = ?$

$$W_o = \frac{m v_o^2}{2}; v_o = \sqrt{\frac{2W_o}{m}}; t = \frac{1}{v} = l \sqrt{\frac{m}{2W_o}};$$

$$v = \frac{eE}{m} t = \frac{eE}{m} l \sqrt{\frac{m}{2W_o}} = \frac{eEl}{\sqrt{2mW_o}}; t' = \frac{L}{v_o} = L \sqrt{\frac{m}{2W_o}};$$

$$\Delta x = vt' + \frac{eE}{2m} t^2 = \frac{eElL}{2W_o} + \frac{eE}{2m} l^2 \frac{m}{2W_o} =$$

$$= \frac{eEl}{2W_o} (L + \frac{l}{2}) = \frac{eUl}{2dW_o} (L + \frac{l}{2}) \approx 5 \cdot 10^{-5} \text{ м};$$

$$б) U = kt; U(0) = 0; \langle U \rangle = \frac{U}{2} = \frac{kt}{2} = \frac{kl}{2} \sqrt{\frac{m}{2W_o}};$$

$$\Delta x = \frac{e \langle U \rangle l}{2dW_o} (L + \frac{l}{2}) = \frac{kl}{4} \sqrt{\frac{m}{2W_o}} \cdot \frac{el}{dW_o} (L + \frac{l}{2}).$$

$$\mathbf{920. 1)} ma = k \frac{q^2}{r^2} - \mu mg; r = 2x; ma = k \frac{q^2}{4x^2} - \mu mg;$$

т.к. ускорение есть производная скорости по времени, то условие максимума скорости будет:  $k \frac{q^2}{4x^2} - \mu mg = 0$ , откуда  $x = \frac{q}{2} \sqrt{\frac{k}{\mu mg}}$ .

2) По закону сохранения энергии:

$$k \frac{q^2}{l} = k \frac{q^2}{2x} + \frac{mv^2}{2} + \mu mg(x - \frac{l}{2}); v = \sqrt{\frac{(2x-l)(\frac{kq^2}{xl} - \mu mg)}{m}},$$

$$\text{где } x = \frac{q}{2} \sqrt{\frac{k}{\mu mg}}.$$

3) Условие остановки  $v = 0$ .

$$\sqrt{\frac{(2x-l)(\frac{kq^2}{xl} - \mu mg)}{m}} = 0. \text{ Т.к. } 2x - l > 0, \text{ то } \frac{kq^2}{xl} - \mu mg = 0; x = \frac{kq^2}{\mu mgl}.$$

**921.** Т.к. сила, действующая в конденсаторе, направлена перпендикулярно перемещению, то работа, а, значит, и изменение кинетической энергии, равны нулю.

**922.** Перейдем в систему отсчета, в которой скорости равны.

$$\begin{cases} v'_1 = v_1 + v_0, \\ v'_2 = v_2 - v_0, & v_0 = \frac{v_2 - v_1}{2}; v'_1 = v'_2 = \frac{v_1 + v_2}{2}. \\ v'_2 = v_1; \end{cases}$$

1) По закону сохранения энергии:

$$m \frac{v_1'^2}{2} + m \frac{v_2'^2}{2} = k \frac{q^2}{r}; \quad \frac{m}{4} (v_1 + v_2)^2 = k \frac{q^2}{r}; \quad r = \frac{4k}{m} \frac{q^2}{(v_1 + v_2)^2}.$$

2) По закону сохранения энергии и импульса:

$$\begin{cases} \frac{m}{2} (v_1^2 + v_2^2) = \frac{m}{2} (\tilde{v}_1^2 + \tilde{v}_2^2), & \begin{cases} v_1^2 + v_2^2 = \tilde{v}_1^2 + \tilde{v}_2^2, \\ v_1 - v_2 = \tilde{v}_1 - \tilde{v}_2; \end{cases} & \begin{cases} v_1^2 + v_2^2 = \tilde{v}_1^2 + \tilde{v}_2^2, \\ v_1 v_2 = \tilde{v}_1 \tilde{v}_2; \end{cases} \end{cases}$$

Сведем эту систему к одному уравнению:  $v_1^2 + v_2^2 = \tilde{v}_1^2 + \frac{v_1^2 v_2^2}{\tilde{v}_1^2}$ , которое

равносильно уравнению:  $\tilde{v}_1^4 - (v_1^2 + v_2^2) \tilde{v}_1^2 + v_1^2 + v_2^2 = 0$ . Корни этого уравнения:  $\tilde{v}_1^2 = v_1^2$ ;  $\tilde{v}_1^2 = v_2^2$ . Второе решение не подходит из-за противоречия закону сохранения импульса.

**923.** а) К конденсатору потечет ток.

б) Если раздвинуть пластины конденсатора, то уменьшится его емкость. Е к. напряжение постоянно, уменьшится заряд, что будет зафиксировано как ток, текущий в направлении, противоположном току в п. а).

**924.** Напряжение не изменится, т.к. конденсатор подключен к источнику тока. Напряженность не изменится из-за того, что напряженность пропорциональна напряжению. Заряд возрастет, т.к. возрастет емкость, прямо пропорциональная диэлектрической проницаемости.

**925.** Возрастает емкость, значит, возрастают заряд и энергия; напряжение остается постоянным, т.к. конденсатор подключен к источнику тока.

**926.**  $S = 1 \text{ см}^2 = 10^{-4} \text{ м}^2$ ;  $d = 0,1 \text{ мм} = 10^{-4} \text{ м}$ ;  $\varepsilon = 10000$ ;  $C = ?$

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d} = \frac{10^4 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{10^{-4} \text{ м}} = 8,85 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}.$$

**927.**  $a = 1 \text{ м}$ ;  $b = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ ;  $d = 0,1 \text{ мм} = 10^{-4} \text{ м}$ ;  $\varepsilon = 3$ ;  $C = ?$

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 ab}{d} = \frac{3 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} \cdot 1 \text{ м} \cdot 0,1 \text{ м}}{10^{-4} \text{ м}} \approx 26,6 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}.$$

При сворачивании в цилиндр емкость уменьшится.

**928.**  $C = 5 \text{ пФ} = 5 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$ ;  $U = 1000 \text{ В}$ ;  $q = ?$

$$q = CU = 5 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} \cdot 1000 \text{ В} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}.$$

**929.**  $a = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ ;  $d = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$ ;  $q = 1 \text{ нКл} = 10^{-9} \text{ Кл}$ ;  $U = ?$

$$C = \frac{\varepsilon_0 a^2}{d}; \quad U = \frac{q}{C} = \frac{qd}{\varepsilon_0 a^2} = \frac{10^{-9} \text{ Кл} \cdot 10^{-3} \text{ м}}{8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} \cdot 0,1^2 \text{ м}^2} \approx 11 \text{ В}.$$

**930.**  $a = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ ;  $q = 1 \text{ нКл} = 10^{-9} \text{ Кл}$ ;  $Q = 100 \text{ нКл} = 10^{-7} \text{ Кл}$ ;  $E - ?$   $F - ?$

$$C = \frac{\epsilon_0 a^2}{d}; U = \frac{q}{C} = \frac{qd}{\epsilon_0 a^2};$$

$$E = \frac{U}{d} = \frac{q}{\epsilon_0 a^2} = \frac{10^{-9} \text{ Кл}}{8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} \cdot 0,1^2 \text{ м}^2} \approx 1,1 \cdot 10^4 \text{ В/м};$$

$$F = QE = 10^{-7} \text{ Кл} \cdot 1,1 \cdot 10^4 \text{ В/м} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ Н}.$$

В теории напряженность постоянна, а, значит, и сила не зависит от пробного заряда. На практике же напряженность спадает к краям, и сила, действующая на заряд, меньше.

**931.**  $S = 625 \text{ см}^2 = 6,25 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ ;  $d_1 = 0,5 \text{ мм}$ ;  $U_1 = 10 \text{ В}$ ;  $d_2 = 5 \text{ мм}$ ;  $U_2 - ?$

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d_1}; C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d_2}; U_1 = \frac{q}{C_1} = \frac{qd_1}{\epsilon_0 S}; U_2 = \frac{q}{C_2} = \frac{qd_2}{\epsilon_0 S};$$

$$U_2 = U_1 \frac{d_2}{d_1} = 10 \text{ В} \cdot \frac{5 \text{ мм}}{0,5 \text{ мм}} = 100 \text{ В}$$

**932.**  $U_1 = 200 \text{ В}$ ;  $d_1 = 0,2 \text{ мм}$ ;  $d_2 = 0,7 \text{ мм}$ ;  $\epsilon_1 = 1$ ;  $\epsilon_2 = 7$ ;  $U_2 - ?$

$$C_1 = \frac{\epsilon_1 \epsilon_0 S}{d_1}; C_2 = \frac{\epsilon_2 \epsilon_0 S}{d_2}; U_1 = \frac{q}{C_1} = \frac{qd_1}{\epsilon_1 \epsilon_0 S}; U_2 = \frac{q}{C_2} = \frac{qd_2}{\epsilon_2 \epsilon_0 S};$$

$$U_2 = U_1 \frac{d_2}{d_1} \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} = 200 \text{ В} \cdot \frac{0,7 \text{ мм}}{0,2 \text{ мм}} \cdot \frac{1}{7} = 100 \text{ В}.$$

**933.**  $C_1 = 1 \text{ мкФ}$ ;  $C_2 = 2 \text{ мкФ}$ ;  $C_{\text{посл}} - ?$   $C_{\text{пар}} - ?$

$$\frac{1}{C_{\text{посл}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}; C_{\text{посл}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{1 \text{ мкФ} \cdot 2 \text{ мкФ}}{1 \text{ мкФ} + 2 \text{ мкФ}} \approx 0,67 \text{ мкФ};$$

$$C_{\text{пар}} = C_1 + C_2 = 1 \text{ мкФ} + 2 \text{ мкФ} = 3 \text{ мкФ}.$$

**934.**  $C_1 = 2 \text{ мкФ}$ ;  $C_{\text{посл}} = 1 \text{ мкФ}$ ;  $C_{\text{пар}} = 11 \text{ мкФ}$ ;  $C_2 - ?$   $C_3 - ?$

$$\begin{cases} C_{\text{пар}} = C_1 + C_2 + C_3; \\ \frac{1}{C_{\text{посл}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}; \end{cases} \begin{cases} C_{\text{пар}} - C_1 = C_2 + C_3; \\ \frac{C_1 - C_{\text{посл}}}{C_1 C_{\text{посл}}} = \frac{C_2 + C_3}{C_2 C_3}; \end{cases} \begin{cases} C_3 = C_{\text{пар}} - C_1 - C_2; \\ \frac{C_1 - C_{\text{посл}}}{C_1 C_{\text{посл}}} = \frac{C_{\text{пар}} - C_1}{C_2 C_3}. \end{cases}$$

Подставим численные значения:

$$\begin{cases} C_3 = 9 - C_2; \\ \frac{1}{2} = \frac{9}{C_2 C_3}; \end{cases} \begin{cases} C_3 = 9 - C_2; \\ C_2 C_3 = 18; \end{cases}$$

$$C_2 = 3 \text{ Ф}; C_3 = 6 \text{ Ф} \text{ или } C_2 = 6 \text{ Ф}; C_3 = 3 \text{ Ф}.$$

**935.**  $C_1 = 3 \text{ мкФ}$ ;  $C_2 = 5 \text{ мкФ}$ ;  $C_3 = 6 \text{ мкФ}$ ;  $C_4 = 5 \text{ мкФ}$ ;  $C - ?$

$$C = \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_3} \right)^{-1} + \left( \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_4} \right)^{-1} = \left( \frac{1}{3} + \frac{1}{6} \right)^{-1} + \left( \frac{1}{5} + \frac{1}{5} \right)^{-1} = 4,5 \text{ мкФ}.$$

**936.**  $U = 20000 \text{ В}$ ;  $C_1 = 2000 \text{ пФ} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$ ;  $C_2 = 1000 \text{ пФ} = 10^{-9} \text{ Ф}$ ;  $q - ?$

$$C = C_1 + C_2; q = CU = (C_1 + C_2)U = 2000 \text{ В} \cdot (2 \cdot 10^{-9} \text{ Ф} + 10^{-9} \text{ Ф}) = 6 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}.$$

937.

$$C_1 = 1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}; C_2 = 3 \text{ мкФ} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}; U = 220 \text{ В}; U_1 - ? U_2 - ?$$

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}; q = CU;$$

$$U_1 = \frac{q}{C_1} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \cdot \frac{U}{C_1} = \frac{C_2 U}{C_1 + C_2} = \frac{3 \text{ мкФ} \cdot 220 \text{ В}}{3 \text{ мкФ} + 1 \text{ мкФ}} = 165 \text{ В};$$

$$U_2 = U - U_1 = 220 \text{ В} - 165 \text{ В} = 55 \text{ В}.$$

938.  $C_1 = 1 \text{ мкФ}; C_2 = 2 \text{ мкФ}; U = 900 \text{ В}; U_{\text{пр}} = 550 \text{ В};$

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}; q = CU = U \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2};$$

Т.к.  $U_1 > U_{\text{пр}}$ , то работа в данных условиях невозможна из-за пробоя конденсатора.

939.  $U = 32 \text{ В}; C_1 = 0,1 \text{ мкФ}; C_2 = 0,25 \text{ мкФ}; C_3 = 0,5 \text{ мкФ}; U_1 - ? U_2 - ?$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}; C = \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)^{-1} = \left( \frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,25} + \frac{1}{0,5} \right)^{-1} = 0,0625 \text{ мкФ};$$

$$U_1 = \frac{UC}{C_1} = 32 \text{ В} \cdot \frac{0,0625 \text{ мкФ}}{0,1 \text{ мкФ}} = 20 \text{ В};$$

$$U_2 = \frac{UC}{C_2} = 32 \text{ В} \cdot \frac{0,0625 \text{ мкФ}}{0,25 \text{ мкФ}} = 8 \text{ В};$$

$$U_3 = \frac{UC}{C_3} = 32 \text{ В} \cdot \frac{0,0625 \text{ мкФ}}{0,5 \text{ мкФ}} = 4 \text{ В}.$$

940.  $C_1 = 1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}; C_2 = 2 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}; U_1 = 20 \text{ В}; U_2 = 50 \text{ В}; U - ?$

$$C = C_1 + C_2; C_1 U_1 + C_2 U_2 = CU = (C_1 + C_2)U;$$

$$U = \frac{C_1 U_1 + C_2 U_2}{C_1 + C_2} = \frac{10^{-6} \text{ Ф} \cdot 20 \text{ В} + 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 50 \text{ В}}{10^{-6} \text{ Ф} + 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 40 \text{ В}$$

941.  $C_1 = 20 \text{ мкФ} = 10^{-5} \text{ Ф}; U_1 = 100 \text{ В}; U_2 = 40 \text{ В}; U = 80 \text{ В}; C_2 - ?$

$$C = C_1 + C_2; C_1 U_1 + C_2 U_2 = CU = (C_1 + C_2)U;$$

$$C_2 = C_1 \frac{U_1 - U_2}{U - U_1} = 20 \text{ мкФ} \cdot \frac{100 \text{ В} - 40 \text{ В}}{80 \text{ В} - 40 \text{ В}} = 10 \text{ мкФ}$$

942.  $C_1 = 3 \text{ мкФ} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}; C' = 0,75 \text{ мкФ} = 0,75 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}; U_1 = 20 \text{ В};$

$$C'' = 7 \text{ мкФ} = 7 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}; C_2 - ? C_3 - ? U_2 - ? U_3 - ?$$

$$\begin{cases} \frac{1}{C'} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}, \\ C'' = C_1 + C_2 + C_3. \end{cases}$$

Подставим численные значения:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{1}{0,75} &= \frac{1}{3} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{3} + \frac{C_3 + C_2}{C_3 C_2}, \\ 7 &= 3 + C_3 + C_2; \end{aligned} \right\} \begin{cases} 1 = \frac{4}{C_3 C_2}, \\ 4 = C_3 + C_2; \end{cases} \begin{cases} C_3 C_2 = 4, \\ C_3 + C_2 = 4; \end{cases}$$

$$C_3 = 2 \text{ мкФ}; C_2 = 2 \text{ мкФ};$$

$$C_1 U_1 = C_2 U_2; U_3 = \frac{C_1}{C_3} U_1 = \frac{3 \text{ мкФ}}{2 \text{ мкФ}} \cdot 20 \text{ В} = 30 \text{ В}$$

$$U_2 = \frac{C_1}{C_2} U_1 = \frac{3 \text{ мкФ}}{2 \text{ мкФ}} \cdot 20 \text{ В} = 30 \text{ В}$$

944.

$$C = \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2 + C_3} \right)^{-1} = \frac{C_1(C_2 + C_3)}{C_1 + C_2 + C_3};$$

$$q_3 = \varepsilon C = \frac{\varepsilon C_1(C_2 + C_3)}{C_1 + C_2 + C_3};$$

$$q_2 = \left( \varepsilon - \frac{q_3}{C_1} \right) C_2 = \frac{\varepsilon C_1 C_2}{C_1 + C_2 + C_3};$$

$$q_3 = \left( \varepsilon - \frac{q_3}{C_1} \right) C_3 = \frac{\varepsilon C_1 C_3}{C_1 + C_2 + C_3}.$$

945.  $C_1 = 2 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ ;  $C_2 = 5 \text{ мкФ} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ ;  $C_x = ?$ ;  $C_y = ?$

$$U = \frac{q}{C_2}; U = \frac{q}{\left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_x} + \frac{1}{C_y} \right)^{-1}};$$

$$U = \frac{q}{C_2}; U = \frac{q}{\left( \frac{1}{C_y} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)^{-1}}; C_x = C_2 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф};$$

$$C_2 = \left( \frac{1}{C_y} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)^{-1} = \frac{C_1 C_2 C_y}{C_1 C_2 + C_1 C_y + C_2 C_y};$$

$$C_1 C_2 + C_1 C_y + C_2 C_y = C_1 C_y; C_y = C_2 = 2 \text{ мкФ}.$$

$$q_1 = C_1(-\varepsilon_1 + U_{AB}); q_2 = C_2(\varepsilon_2 - U_{AB}); q_1 = q_2;$$

946.  $-C_1 \varepsilon_1 + C_1 U_{AB} = C_2 \varepsilon_2 - C_2 U_{AB};$

$$U_{AB} = \frac{C_2 \varepsilon_2 + C_1 \varepsilon_1}{C_2 + C_1}.$$

**947.**  $U = 600 \text{ В}$ ;  $v = 6 \text{ см/с} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$ ;  $S_0 = 100 \text{ см}^2 = 10^{-2} \text{ м}^2$ ;  
 $d = 0,1 \text{ см} = 10^{-3} \text{ м}$ ;  $I = ?$

$$S = S_0 - vt\sqrt{S_0}; C = \frac{\varepsilon_0 S}{d} = \frac{\varepsilon_0 S_0}{d} - \frac{\varepsilon_0 vt\sqrt{S_0}}{d};$$

$$q = CU = U\left(\frac{\varepsilon_0 S_0}{d} - \frac{\varepsilon_0 vt\sqrt{S_0}}{d}\right) = \frac{U \varepsilon_0 \sqrt{S_0}}{d}(\sqrt{S_0} - vt);$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{q(t) - q(0)}{t - 0} = -\frac{U \varepsilon_0 \sqrt{S_0} v}{d} =$$

$$= \frac{600 \text{ В} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} \cdot \sqrt{10^{-2} \text{ м}^2} \cdot 6 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}}{10^{-3} \text{ м}} \approx 3,19 \cdot 10^{-8} \text{ А}.$$

**948.**  $q = 10^{-3} \text{ Кл}$ ;  $C = 2 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ ;  $W = ?$   $U = ?$

$$U = \frac{q}{C} = \frac{10^{-3} \text{ Кл}}{2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 500 \text{ В}$$

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{10^{-6} \text{ Кл}^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 0,25 \text{ Дж}.$$

**949.**  $C = 10 \text{ мкФ} = 10^{-5} \text{ Ф}$ ;  $U = 1000 \text{ В}$ ;  $W = ?$

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{10^{-5} \text{ Ф} \cdot 1000^2 \text{ В}^2}{2} = 5 \text{ Дж}.$$

**950.**  $C_1 = 2 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ ;  $C_2 = 0,5 \text{ мкФ} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ Ф}$ ;  $U_1 = 100 \text{ В}$ ;  
 $U_2 = 50 \text{ В}$ ;  $W = ?$

$$q_1 = C_1 U_1; q_2 = C_2 U_2;$$

$$W = \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2} - \frac{(C_1 U_1 + C_2 U_2)^2}{2C} = \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2} - \frac{(C_1 U_1 + C_2 U_2)^2}{2(C_1 + C_2)} =$$

$$= \frac{2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 100^2 \text{ В}^2}{2} + \frac{5 \cdot 10^{-7} \text{ Ф} \cdot 50^2 \text{ В}^2}{2} - \frac{(2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 100 \text{ В} + 5 \cdot 10^{-7} \text{ Ф} \cdot 50 \text{ В})^2}{2 \cdot (2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} + 5 \cdot 10^{-7} \text{ Ф})} \approx$$

$$\approx 5 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}.$$

**951.**  $C_0 = 4 \text{ мкФ} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ ;  $Q = 10 \text{ Дж}$ ;  $N = 20$ ;  $U = ?$

$$C = \sum_{n=1}^N C_0 = N C_0; Q = \frac{CU^2}{2} = \frac{N C_0}{2} U^2;$$

$$U = \sqrt{\frac{2Q}{N C_0}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \text{ Дж}}{4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 20}} \approx 500 \text{ В}$$

**952.**  $U = 2000 \text{ В}$ ;  $R = 100 \text{ Ом}$ ;  $C_1 = 2 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ ;  $\Delta t = 10 \text{ с}$ ;  
 $C_2 = 10 \text{ мкФ} = 10^{-5} \text{ Ф}$ ;  $Q = ?$

$$C(t) = C_1 + \frac{C_2 - C_1}{\Delta t} t; q(t) = C(t)U; I = \frac{dq}{dt} = \frac{C_2 - C_1}{\Delta t} U;$$

$$Q = RI^2 \Delta t = U^2 \frac{(C_2 - C_1)^2}{\Delta t^2} R \Delta t = U^2 (C_2 - C_1)^2 \frac{R}{\Delta t} =$$

$$= 2000^2 \cdot (10^{-5} \Phi - 2 \cdot 10^{-6} \Phi)^2 \cdot \frac{100 \text{ Ом}}{10 \text{ с}} = 0,00256 \text{ Дж.}$$

**953.**  $d = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ;  $S = 500 \text{ см}^2 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ ;  $U = 2000 \text{ В}$ ;  
 $d_1 = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$ ;  $\Delta W = ?$

$$W_0 = \frac{C_1 U^2}{2} = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2d};$$

$$\frac{1}{C_2} = \frac{1}{\frac{\epsilon_0 S}{d'}} + \frac{1}{\frac{\epsilon_0 S}{d - d' - d_1}} = \frac{d'}{\epsilon_0 S} + \frac{d}{\epsilon_0 S} - \frac{d'}{\epsilon_0 S} - \frac{d_1}{\epsilon_0 S} = \frac{d - d_1}{\epsilon_0 S};$$

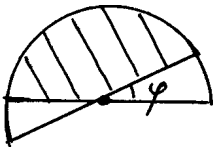
$$C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d - d_1}; W_1 = \frac{C_2 U^2}{2} = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2(d - d_1)};$$

$$\Delta W = W_1 - W_0 = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2(d - d_1)} \left( \frac{1}{d - d_1} - \frac{1}{d_1} \right) = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2} \left( \frac{d - d + d_1}{d(d - d_1)} \right) =$$

$$= \frac{\epsilon_0 S U^2}{2} \frac{d_1}{d(d - d_1)} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \cdot 2000^2 \text{ В}^2}{2} \cdot$$

$$\cdot \frac{0,01 \text{ м}}{0,05 \text{ м} \cdot (0,05 \text{ м} - 0,01 \text{ м})} \approx 4,4 \cdot 10^{-6} \text{ Дж.}$$

**954.**



$$S_1 = \frac{\pi}{2} R^2; S_2 = \frac{1}{2} (\pi - \varphi) R^2;$$

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S_1}{d} = \frac{\pi \epsilon_0 R^2}{2d}; C_2 = \frac{\epsilon_0 S_2}{d} = \frac{(\pi - \varphi) \epsilon_0 R^2}{2d};$$

1) Конденсатор не отключен от источника.

$$W_1 = \frac{C_1 U^2}{2}; W_2 = \frac{C_2 U^2}{2}; W_1 = \frac{\pi \epsilon_0 R^2 U^2}{4d};$$

$$W_2 = \frac{(\pi - \varphi) \epsilon_0 R^2 U^2}{4d}; A = W_1 - W_2 = \frac{\varphi \epsilon_0 R^2 U^2}{4d}.$$

2) Конденсатор отключен от источника тока.



$$q = C_1 U = \frac{\pi \varepsilon_0 R^2 U}{2d}; W_1 = \frac{\pi \varepsilon_0 R^2 U^2}{4d};$$

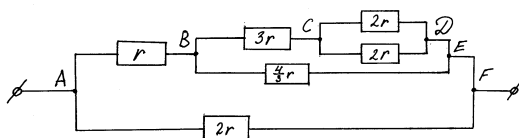
$$W_2 = \frac{q^2}{2C_2} = \left( \frac{\pi \varepsilon_0 R^2 U}{2d} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2d}{(\pi - \varphi) \varepsilon_0 R^2} = \frac{\varepsilon_0 \pi^2 R^2 U^2}{4d(\pi - \varphi)};$$

$$A = W_1 - W_2 = \frac{\pi \varepsilon_0 R^2 U^2}{4d} \left( \frac{\pi}{\pi - \varphi} - 1 \right) = \frac{\pi \varepsilon_0 R^2 U^2}{4d(\pi - \varphi)} \varphi$$

Закон Ома для участка цепи. Сопротивление.

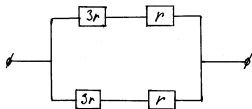
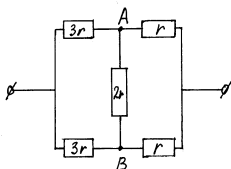
**955.**

*Эквивалентная схема рисунку 138*



$$R = 1 + \left( \frac{1}{1+8+1} + \frac{1}{10} \right)^{-1} + 1 = 7 \text{ Ом}$$

*Эквивалентные схемы рисунку 139*



$$R_{CD} = \left( \frac{1}{2r} + \frac{1}{2r} \right)^{-1} = r; R_{BCD} = 3r + R_{CD} = 3r + r = 4r;$$

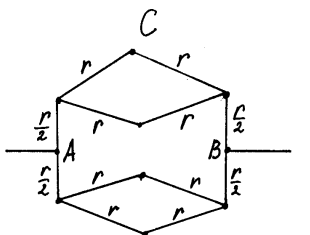
$$R_{BE} = \left( \frac{1}{R_{BCD}} + \frac{1}{\frac{4}{3}r} \right)^{-1} = \left( \frac{1}{4r} + \frac{3}{4r} \right)^{-1} = r;$$

$$R_{AE} = R_{AB} + R_{BE} = r + r = 2r; R_{AF} = \left( \frac{1}{2r} + \frac{1}{2r} \right)^{-1} = r.$$

Из симметрии схемы следует, что потенциалы в точках А и В равны. Значит, на участке АВ напряжение равно нулю, и ток через сопротивление  $2r$  не течет. Значит, последняя схема эквивалентна следующей:

$$R = \left( \frac{1}{3r+r} + \frac{1}{3r+r} \right)^{-1} = 2r.$$

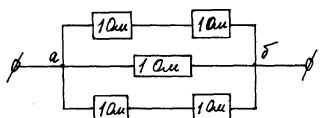
**956.** Точку А можно представить в виде двух точек равного потенциала  $A_1$  и  $A_2$  в силу симметрии схемы.



$$R_{AB} = \frac{R_{ACB}}{2}; R_{ACB} = \frac{r}{2} + \left( \frac{1}{2r} + \frac{1}{2r} \right)^{-1} + \frac{r}{2} = 2r;$$

$$R_{AB} = \frac{2r}{2} = r.$$

**957.**



В силу симметрии схемы, потенциалы в точках А и В равны. Значит, ток по участку АВ не течет. Следовательно, эквивалентная схема имеет вид:

$$R_{a6} = \left( \frac{1}{1+1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1+1} \right)^{-1} = 0,5 \text{ (Ом)}.$$

**959.** 1) Характер изменения сопротивления имеет симметричный вид от центра к краям. У краев сопротивление  $R_k = 0$ , сопротивление в центре  $R_{ц} =$

$$\frac{\frac{R}{2} \cdot \frac{R}{2}}{\frac{R}{2} + \frac{R}{2}} = \frac{R}{4}.$$

2) Сопротивление меняется постепенно от левого конца к правому, так что

сопротивление у левого конца  $R_{л} = \frac{R \cdot R}{R + R} = \frac{R}{2}$ , а сопротивление у

правого конца  $R_{п} = 0$ .

**960.** Для регулирования напряжения на лампе  $U_{л}$  изменяется от 0 до  $U_0$ .

**961.** 1) При ввинчивании и вывинчивании ламп сопротивление меняется, т.к. они включены параллельно.

2) Вместо этого нужно замкнуть ключи для регулировки сопротивления.

Преимущества: всегда видно, какое сопротивление (по количеству горящих ламп).

Недостатки: от включения и выключения лампы могут перегореть; сопротивление меняется дискретно.

**962.**  $R$  – сопротивление одной жилы.

$$R = \frac{\rho l}{S}; S = \frac{\pi d^2}{4};$$

$$R = \frac{4\rho l}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,017 \text{ Ом} \cdot \text{м} / \text{мм}^2 \cdot 30 \text{ м}}{3,14 \cdot 1,3^2} = 0,38 \text{ Ом}.$$

Т.к. удлинитель имеет две жилы, то его сопротивление  $R' = R + R = 0,38 + 0,38 = 0,76 \text{ (Ом)}$ .

$$\Delta U = R' \cdot I = 0,76 \cdot 10 = 7,6 \text{ (В)}.$$

**963.** Заменим сопротивления лампы  $R_{л}$  и вольтметра  $R_{в}$  эквивалентным сопротивлением  $R = \frac{R_{л} R_{в}}{R_{л} + R_{в}}$ .

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U(R_{л} + R_{в})}{R_{л} R_{в}};$$

$$I R_{л} R_{в} = U R_{л} + U R_{в}; R_{л} (I R_{в} - U) = U R_{в};$$

$$R_{л} = \frac{U R_{в}}{I R_{в} - U} = \frac{50 \cdot 40000}{0,5 \cdot 40000 - 50} \approx 1000 \text{ Ом}.$$

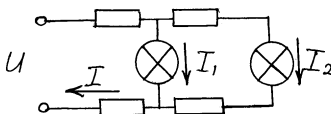
$$R_{\text{л}} = \frac{\Delta U_{\text{л}}}{I} = \frac{40 \text{ В}}{12 \text{ А}} = 3,33 \text{ Ом};$$

$$964. \quad R = R_{\text{л}} + R_{\text{л}} + R' = 2 R_{\text{л}} + R';$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{110 \text{ В}}{12 \text{ А}} = 9,17 \text{ Ом};$$

$$R' = R - 2 R_{\text{л}} = 9,17 - 2 \cdot 3,33 = 2,5 \text{ Ом}.$$

965.



$$\Delta U_{\text{л}} = I_{\text{л}} R_{\text{л}}; \Delta U_{\text{л1}} = U - IR - IR = U - 2IR;$$

$$I = \frac{U}{R_{\text{общ}}} ; R_{\text{общ}} = R + \frac{(R + R_{\text{л}} + R) R_{\text{л}}}{(R + R_{\text{л}} + R) + R_{\text{л}}} + R = 2R + \frac{(2R + R_{\text{л}}) R_{\text{л}}}{2(R + R_{\text{л}})} =$$

$$= 2 \cdot 1,5 + \frac{(2 \cdot 1,5 + 36) 36}{2(1,5 + 36)} = 21,72 \text{ Ом}.$$

$$I = \frac{12 \text{ В}}{21,72 \text{ Ом}} \approx 0,55 \text{ А};$$

$$\Delta U_{\text{л1}} = 12 - 2 \cdot 0,55 \cdot 1,5 = 10,4 \text{ В};$$

$$I_1 = \frac{\Delta U_{\text{л1}}}{R_{\text{л}}} = \frac{10,4}{36} = 0,29 \text{ А};$$

$$I_2 = I - I_1 = 0,55 - 0,29 = 0,26 \text{ А};$$

$$\Delta U_{\text{л2}} = I_2 R_{\text{л}} = 0,26 \cdot 36 = 9,4 \text{ В}.$$

966.

$$R_2 = n R_1; I_1 = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{U}{R_1(n+1)};$$

$$I_2 = \frac{U}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{U}{R_1} \frac{n+1}{n}; \frac{I_2}{I_1} = \frac{(n+1)^2}{n}.$$

967.

n	1		2		3	
выключают	1	гаснет	1	в $\frac{3}{4}$ раза	1	в $\frac{3}{4}$ раза
	2	гаснет	2	гаснет	2	в $\frac{3}{2}$ раза
	3	гаснет	3	в $\frac{3}{2}$ раза	3	гаснет
закорачивают	1	гаснет	1	в $\frac{2}{3}$ раза	1	в $\frac{2}{3}$ раза
	2	в 3 раза	2	гаснет	2	гаснет
	3	в 3 раза	3	гаснет	3	гаснет

968.  $R$  – сопротивление I и II,  $4R$  – сопротивление III.

$$R_{\text{общ}} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = R + \frac{R \cdot 4R}{4R + R} = 1,8R;$$

$$I = \frac{U}{R_{\text{общ}}} = \frac{90}{1,8R} = 0,5; R = 100 \text{ Ом};$$

$$4R = 400 \text{ Ом}; R_1 = 100 \text{ Ом}; R_{II} = 100 \text{ Ом}; R_{III} = 400 \text{ Ом};$$

$$U_1 = R_1 I_1 = 0,5 \cdot 100 = 50 \text{ В};$$

$$U_{II} = U_{III} = 90 - 50 = 40 \text{ В};$$

$$I_{II} = \frac{U_{II}}{R_{II}} = \frac{40}{100} = 0,4 \text{ А}; I_{III} = \frac{U_{III}}{R_{III}} = \frac{40}{400} = 0,1 \text{ А}.$$

969.

$$I_1 = I_2 = \frac{U}{R_{\text{общ}}}; R_{\text{общ}} = R + R + \frac{(R + R + R)R}{(R + R + R) + R} 2,75R = 2,75 \cdot 2 = 5,5 \text{ Ом};$$

$$I_1 = I_2 = \frac{55 \text{ В}}{5,5 \text{ Ом}} = 10 \text{ А};$$

$$U_1 = U_2 = I_1 \cdot R = 10 \cdot 2 = 20 \text{ В};$$

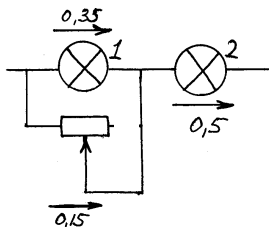
$$U_3 = U - U_1 - U_2 = 55 - 20 - 20 = 15 \text{ В};$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R} = \frac{15 \text{ В}}{2} = 7,5 \text{ Ом};$$

$$I_4 = I_5 = I_6 = I_1 - I_3 = 10 - 7,5 = 2,5 \text{ А};$$

$$U_4 = U_5 = U_6 = I_4 \cdot R = 2,5 \cdot 2 = 5 \text{ В}.$$

970.



$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{3,5}{0,35} = 10 \text{ Ом}; R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{2,5}{0,5} = 5 \text{ Ом};$$

$$U_1 + U_2 = 3,5 + 2,5 = 6 \text{ В.}$$

Отсюда следует, что лампы нужно включить последовательно, но первую лампу нужно догрузить реостатом на 0,15 А.

$$R_1 I_1 = R_p I_p; R_p = \frac{R_1 I_1}{I_p} = \frac{10 \text{ Ом} \cdot 0,35 \text{ А}}{0,15 \text{ А}} \approx 23 \text{ Ом};$$

$23 < 30$ , следовательно, цепь рассчитана верно.

971.

$$U_{BP} = U_1 - U_4 = I_1 R_1 - I_4 R_4 = 0;$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1 + R_2}; I_4 = \frac{U}{R_3 + R_4};$$

$$\frac{U R_1}{R_1 + R_2} - \frac{U R_4}{R_3 + R_4} = 0;$$

$$U \frac{(R_1 R_3 + R_1 R_4 - R_1 R_4 - R_2 R_4)}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} = 0;$$

$$R_1 R_3 - R_2 R_4 = 0.$$

973. Аналогично № 972,  $R_1 R_3 = R_x R_2 = 0$ ;  $R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2}$ .

$$U = IR; I = \frac{\varepsilon}{R + r}; U = \frac{\varepsilon R}{R + r} = \frac{1,5 \cdot 1}{1 + 0,5} = 1 \text{ В.}$$

975.  $U_0 = 1,5 \text{ В}; r = 0,5 \text{ Ом}; R = 1 \text{ Ом}; U = ?$

$$I = \frac{U_0}{R + r}; U = IR = \frac{U_0 R}{R + r} = \frac{1,5 \cdot 1}{1 + 0,5} = 1 \text{ В.}$$

976.  $U = \frac{\varepsilon R}{R + r}; r = \frac{\varepsilon R}{U} - R = \left( \frac{\varepsilon}{U} - 1 \right) R = \left( \frac{1,55}{0,95} - 1 \right) \cdot 3 = 1,9 \text{ Ом.}$

977.

$$R + r = \frac{\varepsilon}{I} = \frac{30 \text{ В}}{3 \text{ А}} = 10 \text{ Ом};$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{18 \text{ В}}{3 \text{ А}} = 6 \text{ Ом}; r = (R + r) - R = 10 - 6 = 4 \text{ Ом}.$$

978. Параметры цепи аналогичны параметрам в задаче № 977, поэтому  $r = 4 \text{ Ом}$ .

979.

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r}; I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r};$$

$$I_1 R_1 + I_1 r = \varepsilon; I_2 R_2 + I_2 r = \varepsilon;$$

$$I_1 R_1 + I_1 r = I_2 R_2 + I_2 r;$$

$$r = \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1} = \frac{5 \cdot 5 - 8 \cdot 2}{8 - 5} = 3 \text{ Ом};$$

$$\varepsilon = I_1 R_1 + I_1 r = I_1 (R_1 + r) = 5(5 + 3) = 40 \text{ В}.$$

980.

$$U_1 = \frac{\varepsilon R_1}{R_1 + r}; U_2 = \frac{\varepsilon R_2}{R_2 + r};$$

$$\frac{U_1 R_1 + U_1 r}{R_1} = \varepsilon; \frac{U_2 R_2 + U_2 r}{R_2} = \varepsilon;$$

$$U_1 + \frac{U_1}{R_1} r = U_2 + \frac{U_2}{R_2} r;$$

$$r = \frac{\frac{U_2}{R_2} - \frac{U_1}{R_1}}{\frac{U_1}{R_1} - \frac{U_2}{R_2}} = \frac{\frac{29}{28} - \frac{28}{29}}{\frac{28}{14} - \frac{29}{29}} = 1 \text{ Ом}.$$

981.

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{л}} + R_{\text{н}} + r}; I = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{л}}} = \frac{1 \text{ В}}{10 \text{ Ом}} = 0,1 \text{ А};$$

$$R_{\text{н}} = \frac{\varepsilon}{I} - R_{\text{л}} - r = \frac{1,25}{0,1} - 10 - 0,4 = 2,1 \text{ Ом};$$

$$U_{\text{н}} = R_{\text{н}} I = 2,1 \cdot 0,1 = 0,21 \text{ В}.$$

982.

$$I_{\text{к}} = \frac{\varepsilon}{r}; r = \frac{\varepsilon}{I_{\text{к}}} = \frac{1,5}{30} = 0,05 \text{ Ом};$$

$$U = IR = \frac{\varepsilon R}{R + r} = \frac{1,5 \cdot 1}{1 + 0,05} = 1,43 \text{ В}.$$

983.

$$r = \frac{\varepsilon}{I_k} = \frac{6 \text{ В}}{300 \text{ А}} = 0,02 \text{ Ом};$$

$$U = IR = 100 \cdot 0,04 = 4 \text{ В}.$$

984.

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{40 \cdot 10}{40 + 10} = 8 \text{ Ом};$$

$$r = \frac{\varepsilon}{I} - R = \frac{10 \text{ В}}{1 \text{ А}} - 8 \text{ Ом} = 2 \text{ Ом};$$

$$I_k = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{10 \text{ В}}{2 \text{ Ом}} = 5 \text{ А}.$$

985.  $R_{\text{л}}$  – сопротивление лампы,  $R_{\text{лин}}$  – сопротивление линии.

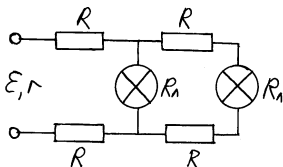
$$R_{\text{общ}} = \frac{R_{\text{л}}}{N} = \frac{1200}{100} = 12 \text{ Ом};$$

$$I = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{общ}}} = \frac{220}{12} = 18,3 \text{ А};$$

$$\varepsilon = I(R_{\text{общ}} + R_{\text{лин}} + r) = 18,3(12 + 4 + 0,8) = 307 \text{ В};$$

$$U = I(R_{\text{общ}} + R_{\text{лин}}) = 18,3(12 + 4) = 293 \text{ Ом}.$$

986.



$$2R = 20 \text{ Ом}; R = \frac{20}{2} = 10 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{общ}} = R + \frac{(R + R_{\text{л}} + R) R_{\text{л}}}{R + R_{\text{л}} + R + R_{\text{л}}} + R =$$

$$= 10 + \frac{(10 + 200 + 10)200}{10 + 200 + 10 + 200} + 10 = 124,7 \text{ Ом}.$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{общ}} + r} = \frac{120}{124,7 + 10} = 0,87 \text{ А}.$$

987.

$$R_{\text{общ}} = R + \frac{3R(R + \frac{2R(R + \frac{RR}{R+R})}{2R + (R + \frac{RR}{R+R})})}{3R + (R + \frac{2R(R + \frac{RR}{R+R})}{2R + (R + \frac{RR}{R+R})})};$$



$$R \left( 1 + \frac{3(1 + \frac{2(1+0,5)}{2+(1+0,5)})}{3 + (1 + \frac{2(1+0,5)}{2+(1+0,5)})} \right) = R(1 + \frac{3(1+0,86)}{3+(1+0,86)}) = 73 \text{ Ом};$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{общ}} + r} = \frac{7,3}{73} = 0,1 \text{ А, т.к. } r \approx 0.$$

**988.** Сопротивления  $R_2$  и  $R_3$  включены параллельно, сопротивления  $(R_2 + R_3)$  и  $R_1$  включены последовательно, сопротивления  $(R_2 + R_3 + R_1)$  и  $R_4$  включены параллельно.

$$R = \frac{\left( \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_1 \right) R_4}{\left( \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_1 \right) + R_4} = \frac{19}{4} \text{ Ом}; I = \frac{\varepsilon}{R} = 1,8 \text{ А}.$$

$$U = \frac{\varepsilon R}{R + r}; q = UC = \frac{\varepsilon RC}{R + r} = \frac{15 \cdot 10}{5 + 10} \cdot 10^{-6} = 10^{-5} \text{ Кл}.$$

$$\mathbf{993.} \quad U_C = U_{R_2}, \text{ т.к. } R_C \gg R_3; \quad U_{R_2} = \frac{\varepsilon R_2}{R_1 + R_2}.$$

**994.**

$$U_C = U_{R_3} = \frac{\varepsilon R_3}{R_{\text{общ}}} = \frac{\varepsilon R_3}{R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + r};$$

$$q = UC; U = \frac{q}{C};$$

$$\varepsilon = \frac{q(R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + r)}{C R_3} = \frac{4,2 \cdot 10^{-6} (40 + \frac{28 \cdot 28}{28 + 28} + 3)}{5 \cdot 10^{-6} \cdot 40} = 1,197 \text{ В}.$$

**995.**

$$U_C = U_r; q = UC; U = \frac{q}{C};$$

$$U_C = \frac{\varepsilon \frac{r+r}{r+r}}{R_{\text{общ}}} = \frac{\varepsilon r}{2 R_{\text{общ}}} = \frac{\varepsilon r}{2(R + \frac{r}{2})} = \frac{q}{C};$$

$$\varepsilon = \frac{q \cdot 2(R + \frac{r}{2})}{Cr} = \frac{110 \cdot 10^{-6} \cdot 2(50 + \frac{25}{2})}{5 \cdot 10^{-6} \cdot 25} = 110 \text{ В}.$$

**996.**  $R = \frac{U}{I}$ .

Левая предпочтительнее, если вольтметр лучшего качества, чем амперметр, т.е. сопротивление вольтметра  $R_B \rightarrow \infty$ , сопротивление амперметра  $R_A = a$ , где  $a$  – достаточно большое число.

правая предпочтительнее, если амперметр лучше вольтметра, т.е.  $R_A \rightarrow \infty$ ,  $R_B = b$ , где  $b$  – невелико.

**997.**

$$I_A = I_B + I_{R_1}; \frac{R_B R_1}{R_B + R_1} = \frac{U}{I};$$

$$R_B R_1 = \frac{U}{I} R_B + \frac{U}{I} R_1; R_1 = \frac{\frac{U}{I} R_B}{R_B - \frac{U}{I}} = \frac{U R_B}{I R_B - U};$$

$$R_1 = \frac{100 \cdot 2500}{5 \cdot 2500 - 100} = 20,16 \text{ Ом};$$

$$R_1' = \frac{U}{I} = \frac{100}{5} = 20 \text{ Ом};$$

$$\Delta R = |R - R'| = |20,16 - 20| = 0,16 \text{ Ом};$$

$$\varepsilon = \frac{0,16}{20,16} = 0,008 = 0,8\%.$$

**998.**

$$U = \frac{\varepsilon R_B}{r + R_B}; U r + U R_B = \varepsilon R_B;$$

$$R_B = \frac{U r}{\varepsilon - U} = \frac{118 \cdot 50}{120 - 118} = 2950 \text{ Ом}.$$

**999.**

$$U = I(R + R_B); U_B = I R_B; I = \frac{U_B}{R_B};$$

$$U = \frac{U_B}{R_B} (R + R_B) = \frac{100}{50 \cdot 10^3} (120 \cdot 10^3 + 50 \cdot 10^3) = 340 \text{ В}.$$

**1000.**  $R = \frac{U}{I} = \frac{15 \text{ В}}{7,5 \cdot 10^{-3} \text{ А}} = 2000 \text{ Ом}.$

**1001.**

$$U_1 = \frac{\varepsilon R_B}{R_1 + R_B}; U_2 = \frac{\varepsilon R_B}{R_2 + R_B};$$

$$U_1 R_1 + U_1 R_B = \varepsilon R_B; U_2 R_2 + U_2 R_B = \varepsilon R_B;$$

$$R_2 = \frac{U_1 \varepsilon - U_2}{U_2 \varepsilon - U_1} R_1 = \frac{70 \cdot 220 - 20}{20 \cdot 220 - 70} \cdot 10^4 = 4,67 \cdot 10^4 \text{ Ом.}$$

$$\mathbf{1002.} \quad R_2 = \frac{U_2}{I}; I = \frac{U_1}{R_1}; R_2 = \frac{U_2 R_1}{U_1} = \frac{80 \cdot 5000}{20} = 20000 \text{ Ом.}$$

**1003.**

$$U_1 = \frac{\varepsilon R_B}{R_B + R + r}; U_2 = \frac{\varepsilon \frac{R R_B}{R_B + R}}{r + \frac{R_B R}{R_B + R}};$$

$$U_1 = U_2; R_B r + \frac{R_B^2 R}{R_B + R} = \frac{R_B^2 R}{R_B + R} + \frac{R^2 R_B}{R_B + R} + r \frac{R_B R}{R_B + R};$$

$$r = \frac{\frac{R^2 R_B}{R_B + R}}{R_B - \frac{R_B R}{R_B + R}} = \frac{R^2}{R_B} = \frac{10^2}{1000} = 0,1 \text{ Ом.}$$

**1004.**

$$\begin{cases} I = \frac{\varepsilon}{R_1 + \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1} + r}; \\ U = I_1 R_2; \\ U = I_2 R; \\ I = I_1 + I_2; \end{cases}$$

$$\frac{\varepsilon}{R_1 + \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1} + r} = \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R};$$

$$R = \left( \frac{\frac{\varepsilon}{U} - 1}{R_1 + r} - \frac{1}{R_2} \right)^{-1} = \left( \frac{\frac{200}{160} - 1}{100 + 0,5} - \frac{1}{500} \right)^{-1} = 2000 \text{ Ом.}$$

1005.

$$I_A = \frac{\varepsilon}{r + R_A}; U_B = \frac{\varepsilon R_B}{r + R_B}; I_K = \frac{\varepsilon}{r};$$

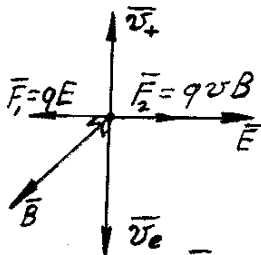
$$r = \frac{\varepsilon}{I_A} - R_A; \varepsilon = \frac{U_B(r + R_B)}{R_B};$$

$$r = \frac{U_B(r + R_B)}{I_A R_B} - R_A;$$

$$r = \frac{\frac{U_B}{I_A} - R_A}{1 - \frac{U_B}{I_A R_B}} = \frac{\frac{12}{5} - 2}{1 - \frac{12}{5 \cdot 150}} = 0,4065 \text{ Ом};$$

$$I_K = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{I_A (R_A + r)}{r} = \frac{5(2 + 0,4065)}{0,4065} = 29,6 \text{ А}.$$

1006.



Направление  $\vec{F}_2$   
по правилу ле-  
вой руки.

$$\frac{R_1}{R_2} - ?$$

Если  $U_1 = 2 U_2$ , то  $R_{(B1, R1)} = 2 R_{(B2, R2)}$ .

$$\frac{R_{B1} R_1}{R_{B1} + R_1} = 2 \frac{R_{B2} R_2}{R_{B2} + R_2}; R_2 = R - R_1;$$

$$\frac{R_{B1} R_1}{R_{B1} + R_1} = 2 \frac{R_{B2} (R - R_1)}{R_{B2} + (R - R_1)};$$

$$R_{B1} R_{B2} R_1 + R_{B1} R_1 R - R_{B1} R_1^2 =$$

$$= 2 R_{B1} R_{B2} R + 2 R_{B2} R R_1 - 2 R_{B2} R_{B1} R_1 - 2 R_1^2 R_{B2};$$

$$(2 R_{B2} - R_{B1}) R_1^2 + (3 R_{B1} R_{B2} + R_{B1} R - 2 R_{B2} R) R_1 - 2 R_{B1} R_{B2} R = 0;$$

$$(2 \cdot 3000 - 2000) R_1^2 +$$

$$+ (3 \cdot 3000 \cdot 2000 + 2000 \cdot 500 - 2 \cdot 3000 \cdot 500) R_1 - 2 \cdot 2000 \cdot 3000 \cdot 500 = 0;$$

$$4000 R_1^2 + 16000000 R_1 - 6000000000 = 0;$$

$$4 R_1^2 + 16000 R_1 - 6000000 = 0;$$

$$R_1 = 3450 \text{ Ом}; R_2 = 500 - 345 = 155 \text{ Ом};$$

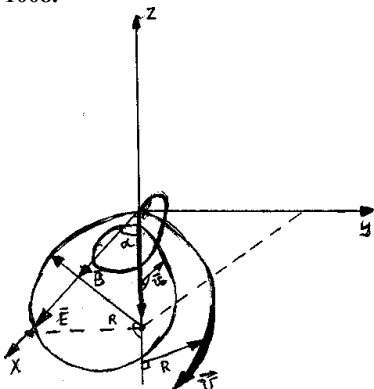
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{345}{155} = 2,35.$$

$$R_B = \frac{U}{I} = \frac{30}{0,01} = 3000 \text{ Ом};$$

1007.

$$U_B = \frac{U R_B}{R_B + R}; R = \frac{U R_B}{U_B} - R_B = \frac{150}{30} \cdot 3000 - 3000 = 12000 \text{ Ом}.$$

1008.



$$I_A R_A = I_B R; I_A + I_R = I; I_R = I - I_A;$$

$$I_A R_A = (I - I_A) R; I_A (R_A + R) = I R;$$

$$I_A = \frac{I R}{R_A + R} = \frac{0,27 \cdot 0,0111}{0,1 + 0,0111} = 0,027 \text{ A}.$$

$$I_n = N \cdot C = 100 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 10^{-4} \text{ A};$$

$$1009. U_n = I_n R = 10^{-4} \cdot 50 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ В};$$

а) Для  $U = 1 \text{ В}$ :

$$R_{\text{ш}} = R_n \left( \frac{U}{U_n} - 1 \right) = 50 \left( \frac{1}{5 \cdot 10^{-3}} - 1 \right) = 9950 \text{ Ом}.$$

$$\text{б) } R_{\text{ш}} = \frac{R_A}{\frac{I}{I_A} - 1} = \frac{50}{\frac{10^{-3}}{10^{-4}} - 1} \approx 4,5.$$

$$1010. C = \frac{I}{N} = \frac{U}{RN} = \frac{3}{300 \cdot 100} = 10^{-4} \frac{\text{А}}{\text{де л}} = 0,1 \frac{\text{мА}}{\text{де л}}.$$

$$1011. I_n = NC = 10^{-5} \cdot 100 = 10^{-3} \text{ А};$$

$$U_n = I_n R_n = 10^{-3} \cdot 50 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ В}.$$

$$\text{а) Для } I = 800 \text{ мА} = 0,8 \text{ А: } R_{\text{ш}} = \frac{R_n}{\frac{I}{I_A} - 1} = \frac{50}{\frac{0,8}{10^{-3}} - 1} = 0,0625 \text{ Ом}.$$

$$\text{б) Для } U = 200 \text{ В: } R_{\text{ш}} = R_n \left( \frac{U}{U_n} - 1 \right) = 50 \left( \frac{200}{5 \cdot 10^{-2}} - 1 \right) = 200000 \text{ Ом}.$$

**1012.**

$$R_A = \frac{U_1}{I_1} = \frac{15 \text{ В}}{0,0075 \text{ А}} = 2000 \text{ Ом};$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_A} = \frac{5 \text{ В}}{2000 \text{ Ом}} = 0,0025 \text{ А}.$$

**1013.**

$$U_n = IR = 0,01 \cdot 5 = 0,05 \text{ В};$$

$$R_{\text{ш}} = R_n \left( \frac{U}{U_n} - 1 \right) = 5 \left( \frac{300}{0,05} - 1 \right) = 30000 \text{ Ом}.$$

$$1014. \text{ а) } 1,2: R_{\text{о б ш}} = \frac{(R_A + R_2) R_1}{R_A + R_2 + R_1};$$

$$\text{б) } 2,3: R_{\text{о б ш}} = \frac{(R_A + R_1) R_2}{R_A + R_2 + R_1};$$

$$\text{в) } 1,3: R_{\text{о б ш}} = \frac{(R_2 + R_1) R_A}{R_A + R_2 + R_1};$$

$$U = \text{const}; I = \frac{U}{R};$$

$$I_1 = C_1 N; I_2 = C_2 N; I_3 = C_3 N; C_3 = \frac{I_3}{N};$$

$$I_3 = \frac{U}{R_{\text{общ}3}} = \frac{U(R_1 + R_2 + R_A)}{(R_1 + R_2) \cdot R_A} \quad (1)$$

$$R_{\text{общ}1} = \frac{U}{I_1}; R_{\text{общ}2} = \frac{U}{I_2};$$

$$R_{\text{общ}1} - R_{\text{общ}2} = \frac{(R_A + R_2)R_1 - (R_A + R_1)R_2}{R_A + R_1 + R_2} =$$

$$= \frac{R_A(R_1 - R_2)}{R_A + R_1 + R_2} = \frac{U}{I_1} - \frac{U}{I_2} = U \frac{I_2 - I_1}{I_1 I_2}.$$

Отсюда, подставляя U в уравнение (1) и сокращая, получим:

$$I_3 = \frac{I_1 I_2}{I_2 - I_1} \frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2} = \frac{I_1 I_2}{I_2 - I_1} \frac{\frac{U}{I_1} - \frac{U}{I_2}}{\frac{U}{I_1} + \frac{U}{I_2}} = \frac{I_1 I_2}{I_2 - I_1} = \frac{C_1 N C_2 N}{C_1 N + C_2 N} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} N;$$

$$I_3 = \frac{0,01 \cdot 0,02}{0,01 + 0,02} \cdot 100 = \frac{2}{3} \cdot 0,01 \cdot 100 = 0,67 \text{ A.}$$

$$I = \frac{U_1}{R_1}; I = \frac{U_1 + U_2}{R_1 + R_2}; I' = \frac{U'}{R_1};$$

**1015.**

$$I = \frac{U_2}{R_2}; I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + r}; I' = \frac{\varepsilon}{R_1 + r}.$$

Решение этих 6-ти уравнений дает:

$$\varepsilon = \frac{U'(R + r)}{R_1}; r = \frac{R_1}{2}; \varepsilon = \frac{U'(1 + \frac{1}{2})}{1} = \frac{3}{2} U' = \frac{3}{2} \cdot 8 \text{ В} = 12 \text{ В.}$$

**1016. а)**  $\varepsilon = I_1(R_A + R_B + r); R_B = \frac{U_B}{I_1} = \frac{10}{0,1} = 100 \text{ Ом}; I_1 = I_A = 0,1 \text{ A.}$

б)  $\varepsilon = I_2(\frac{R_B R_A}{R_B + R_A} + r);$

$$I_2 = I_{2A} + I_{2B}; I_{2A} = 1 \text{ A}; I_{2B} = \frac{U_{2B}}{R_B} = \frac{1 \text{ В}}{100 \text{ Ом}} = 0,01 \text{ A};$$

$$I_2 = 1 + 0,01 = 1,01 \text{ A}; R_A = \frac{U_{2B}}{I_{2A}} = \frac{1}{1} = 1 \text{ Ом};$$

$$\begin{cases} \varepsilon = 0,1(1 + 100 + r), \\ \varepsilon = 1,01\left(\frac{1 \cdot 100}{1 + 100} + r\right); \end{cases}$$

$$\begin{cases} \varepsilon = 10,1 + 0,1r, \\ \varepsilon = 1 + 1,01r. \end{cases}$$

Вычитая в последней системе одно уравнение из другого, получим:

$$9,1 = 0,91r; r = \frac{9,1}{0,91} = 10 \text{ Ом}; \varepsilon = 10,1 + 0,1 \cdot 10 = 11,1 \text{ В}$$

**1017.а)**

$$I = I_1 + I_2 = 2 + 3 = 5 \text{ A}; R_1 I_1 = R_2 I_2;$$

$$R_1 = \frac{R_2 I_2}{I_1} = 1,5 R_2; R_{\text{общ}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1,5 R_2 R_2}{1,5 R_2 + R_2} = 0,6 R_2;$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{общ}} + r}; 5 = \frac{\varepsilon}{0,6 R_2 + r};$$

б)

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{общ}} + r}; R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 = 1,5 R_2 + R_2 = 2,5 R_2;$$

$$4 = \frac{\varepsilon}{2,5 R_2 + r};$$

$$\begin{cases} 3 R_2 + 5r = \varepsilon, \\ 10 R_2 + 4r = \varepsilon. \end{cases}$$

Вычитая в последней системе одно уравнение из другого, получим:

$$r = 7 R_2; \varepsilon = 3 R_2 + 5 \cdot 7 R_2 = 38 R_2; I_k = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{38 R_2}{7 R_2} = 5,43 \text{ A}.$$

$$\mathbf{1018.} \quad \varepsilon' = 3\varepsilon = 3 \cdot 1,5 = 4,5 \text{ В}; r' = 3r = 3 \cdot 0,05 = 0,15 \text{ Ом}.$$

**1019.**

$$\varepsilon' = \varepsilon = 1,5 \text{ В}; r' = \frac{r}{5} = \frac{0,05}{5} = 0,01 \text{ Ом};$$

$$I = \frac{\varepsilon'}{R + r'}; R = \frac{\varepsilon'}{I} - r' = \frac{1,5}{10} - 0,01 = 0,14 \text{ Ом};$$

$$U = IR = 10 \cdot 0,14 = 1,4 \text{ В}.$$

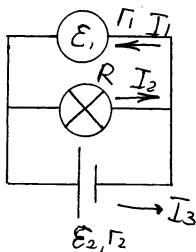


**1020.** 1)  $\varepsilon' = 2\varepsilon = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ В}; r' = 2r = 2 \cdot 0,05 = 0,1 \text{ Ом};$

$$I = \frac{\varepsilon'}{R + r'} = \frac{3}{1,4 + 0,1} = 2 \text{ А}; \quad 2) \quad \varepsilon' = \varepsilon; r' = \frac{r}{2} = \frac{0,05}{2} = 0,025 \text{ Ом};$$

$$I = \frac{\varepsilon'}{R + r'} = \frac{1,5}{1,4 + 0,025} \approx 1,05 \text{ А}.$$

**1021.**



$$r' = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} = \frac{r}{2} = \frac{0,05}{2} = 0,025 \text{ Ом};$$

$$\frac{\varepsilon'}{r'} = \frac{\varepsilon_1}{r_1} + \frac{\varepsilon_2}{r_2} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{r};$$

$$\varepsilon' = \frac{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)r'}{r} = \frac{(2 + 1,8) \cdot 0,025}{0,05} = 1,9 \text{ В};$$

$$I = \frac{\varepsilon'}{R + r'} = \frac{1,9}{2 + 0,025} = 0,94 \text{ А}.$$

Найдем  $I_1, I_2$ . По второму правилу Кирхгофа:

$$\varepsilon_2 - \varepsilon_1 = I_2 r - I_1 r = r(I_2 - I_1); I_2 + I_1 = I;$$

$$\begin{cases} I_2 - I_1 = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{r}, \\ I_2 + I_1 = I; \end{cases}$$

$$I_2 - I_1 = \frac{1,8 - 2}{0,05} = -4; I_2 + I_1 = 0,94; 2I_2 = 4,94;$$

$$I_2 = 2,47 \text{ А}; I_1 = 2,47 - 4 = -1,53 \text{ А}.$$

Таким образом,  $I_1$  течет в направлении, противоположном указанному.

**1022.**

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r_1 + r_2}; \varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 6 + 6 = 12 \text{ В};$$

$$R = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 7}{2 \cdot 4 + 2 \cdot 7 + 4 \cdot 7} = 1,12 \text{ Ом};$$

$$I = \frac{12}{1,12 + 0,5 + 0,38} = 6 \text{ А};$$

$$U_1 = \varepsilon_1 - I r_1 = 6 - 6 \cdot 0,5 = 3 \text{ В}; U_2 = \varepsilon_2 - I r_2 = 6 - 6 \cdot 0,38 = 3,72 \text{ В}.$$

**1023.**

$$I = \frac{\varepsilon}{r_1 + r_2} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{r_1 + r_2} = \frac{1,4 + 1,1}{0,3 + 0,2} = 5 \text{ A};$$

$$U_{AB} = U_1 = \varepsilon_1 - I r_1 = 1,4 - 5 \cdot 0,3 = -0,1 \text{ B};$$

$$U_{BA} = U_2 = \varepsilon_2 - I r_2 = 1,1 - 5 \cdot 0,2 = 0,1 \text{ B};$$

$$U_{AB} = -U_{BA}.$$

**1024.**

$$r' = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} = \frac{r}{2} = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ Ом};$$

$$\frac{\varepsilon'}{r'} = \frac{\varepsilon_1}{r_1} + \frac{\varepsilon_2}{r_2} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{r};$$

$$\varepsilon' = \frac{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)r'}{r} = \frac{(1,25 + 1,5)0,2}{0,4} = 1,375 \text{ B};$$

$$I = \frac{\varepsilon_1}{r' + R} = \frac{1,375}{0,2 + 10} = 0,135 \text{ A}.$$

По второму правилу Кирхгофа:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = I_1 r - I_2 r = (I_1 - I_2)r;$$

$$I_1 - I_2 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{r} = \frac{1,25 - 1,5}{0,4} = -0,625;$$

$$I_1 + I_2 = 0,135; 2I_1 = -0,590; I_1 = -0,245 \text{ A}; I_2 = 0,380 \text{ A}.$$

**1025.**

$$\frac{\varepsilon'}{r'} = \frac{\varepsilon_1}{r_1} + \frac{\varepsilon_2}{r_2}; r' = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}; \frac{\varepsilon'}{r'} = \frac{\varepsilon_1 r_2 + \varepsilon_2 r_1}{r_1 r_2};$$

$$\varepsilon' = \frac{\varepsilon_1 r_2 + \varepsilon_2 r_1}{r_1 + r_2} = \frac{6 \cdot 2 + 5 \cdot 1}{1 + 2} = 5,67 \text{ B};$$

$$r' = \frac{2 \cdot 1}{1 + 2} = 0,67 \text{ Ом}; I = \frac{\varepsilon'}{R + r'} = \frac{5,67}{10 + 0,67} = 0,53 \text{ A}.$$

**1026.**

$$r = r_1 + r_2 = 0,4 + 0,2 = 0,6 \text{ Ом}; I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{r + R} = \frac{2 + 2}{0,6 + R};$$

$$U_1 = \varepsilon_1 - I r_1 = 0,2 - \frac{4 \cdot 0,4}{0,6 + R} = 0,6 + R = \frac{1,6}{2};$$

$$R = 0,2 \text{ Ом}; \text{ или } U_2 = \varepsilon_2 - I r_2 = 0; 2 - \frac{4 \cdot 0,2}{0,6 + R} = 0;$$

$$0,6 + R = \frac{0,8}{2}; R = -0,2.$$

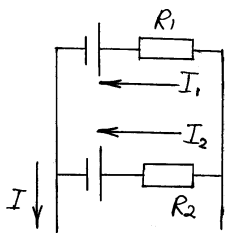
1027.

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = 2 \text{ Ом}; \quad I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{r_1 + r_2 + R} = \frac{2\varepsilon}{2 + 0,4 + r_1};$$

$$U_1 = \varepsilon_1 - I r_1 = 0; \quad \varepsilon - \frac{2\varepsilon r_1}{2 + 0,4 + r_1} = 0;$$

$$2,4 + r_1 = 2 r_1; \quad r_1 = 2,4 \text{ Ом}.$$

1028.



$$I_1 = \frac{\varepsilon_1}{R_1}; \quad I_1 = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ A}; \quad I_2 = \frac{\varepsilon_2}{R_2} = \frac{1,3}{5} = 0,26 \text{ A};$$

$$I = I_1 + I_2 = 0,1 + 0,26 = 0,36 \text{ A}; \quad U_{AB} = IR;$$

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \cdot 5}{10 + 5} = 3,33 \text{ Ом};$$

$$U = 0,36 \text{ A} \cdot 0,33 \text{ Ом} = 1,2 \text{ В}$$

1029. 1) При параллельном соединении:

$$\varepsilon' = \frac{\varepsilon_1 r_2 + \varepsilon_2 r_1}{r_1 + r_2} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2}, \quad \text{т.к. } r_1 = r_2.$$

$$\varepsilon' = \varepsilon = 1,5 \text{ В}, \quad \text{т.к. } \varepsilon_1 = \varepsilon_2;$$

$$r' = \frac{r}{2} = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ Ом}; \quad I = \frac{\varepsilon'}{r' + R} = \frac{1,5}{0,1 + 0,2} = 5 \text{ A}.$$

При последовательном соединении:

$$\varepsilon' = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 2\varepsilon = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ В};$$

$$r' = r_1 + r_2 = 2r = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ Ом};$$

$$I = \frac{\varepsilon'}{r' + R} = \frac{3}{0,4 + 0,2} = 5 \text{ A}.$$

Таким образом, при последовательном и параллельном соединении токи одинаковы.

2) При параллельном соединении:

$$I = \frac{\varepsilon_1}{r' + R} = \frac{1,5}{0,1 + 20} = 0,075 \text{ A}.$$

При последовательном соединении:

$$I = \frac{\varepsilon_1}{r' + R} = \frac{3}{0,4 + 20} = 0,147 \text{ A}.$$

Таким образом, ток при последовательном соединении больше, чем ток при параллельном соединении.

1030.

Найдем количество элементов  $n$ .

$$1) r' = m; \varepsilon' = \varepsilon n; I = \frac{\varepsilon'}{r' + R} = \frac{\varepsilon n}{m + R} = \frac{\varepsilon n}{2,4n + 12} = 0,44;$$

$$2) r' = \frac{r}{n}; \varepsilon' = \varepsilon; I = \frac{\varepsilon'}{r' + R} = \frac{\varepsilon}{\frac{r}{n} + R} = \frac{\varepsilon}{\frac{2,4}{n} + 12} = 0,123;$$

$$\varepsilon = 0,123 \left( \frac{2,4}{n} + 12 \right); \frac{0,123 \left( \frac{2,4}{n} + 12 \right) n}{2,4n + 12} = 0,44;$$

$$0,2952 + 1,476n = 1,056n + 5,28; (1,467 - 1,056)n = 5,28 - 0,2952; n \approx 11,8.$$

Но  $n$  – целое число, поэтому  $n = 12$ .

$$\varepsilon = 0,123 \left( \frac{2,4}{12} + 12 \right) = 1,5 \text{ В.}$$

12 элементов разобьем на  $n$  групп по  $\frac{12}{m}$  ( $m = 1, 2, 3, 4, 6, 12$ ) и соединим их последовательно.

$$\varepsilon' = m\varepsilon; r' = m \frac{r}{12/m} = \frac{r m^2}{12};$$

$$I = \frac{\varepsilon'}{r' + R} = \frac{m\varepsilon}{\frac{r m^2}{12} + R} = \frac{1,5m}{\frac{2,4 m^2}{12} + 12} = \frac{1,5m}{0,2 m^2 + 12}.$$

Найдем максимальный ток, продифференцировав найденную зависимость  $I(m)$  по  $m$ :

$$I'(m) = \frac{1,5}{0,2 m^2 + 12} - \frac{1,5m \cdot 2 \cdot 0,2m}{(0,2 m^2 + 12)^2} = \frac{0,3 m^2 + 12 - 0,6 m^2}{(0,2 m^2 + 12)^2}.$$

Для максимума тока необходимо выполнение условия:

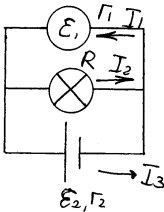
$$I'(m) = 0; 0,3 m^2 + 12 - 0,6 m^2 = 0;$$

$$0,3 m^2 = 12; m^2 = 40; m = 6,4.$$

Но  $m = 1, 2, 3, 4, 6, 12$ , следовательно,  $m = 6$ .

$$\text{Максимальный ток: } I_m = \frac{1,5 \cdot 6}{0,2 \cdot 6^2 + 12} = 0,47 \text{ А.}$$

**1031.**



$$I_1 = I_2 + I_3; \varepsilon_1 = I_1 r_1 + I_2 R; \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = I_1 r_1 + I_3 r_3;$$

$$\begin{cases} \varepsilon_1 = I_1 r_1 + I_2 R, \\ \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = I_1 r_1 + (I_1 - I_2) r_3; \end{cases}$$

$$\begin{cases} 12 = I_1 \cdot 0,2 + I_2 \cdot 3, \\ 12 - 10 = I_1 \cdot 0,2 + I_1 \cdot 0,6 - I_2 \cdot 0,6; \\ I_1 + 15 I_2 = 60; \\ I_1 - 0,75 I_2 = 2,5; \end{cases}$$

вычитая в последней системе одно уравнение из другого, получим:

$$15,75 I_2 = 57,5; I_2 = 3,65 \text{ A};$$

$$I_1 = 60 - 15 \cdot I_2 = 60 - 15 \cdot 3,65 = 5,24 \text{ A};$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = 5,24 - 3,65 = 1,6 \text{ A}.$$

**1032.**

$$\varepsilon' = N\varepsilon = 40 \cdot 2,5 = 100 \text{ В}; r' = Nr = 40 \cdot 0,2 = 8 \text{ Ом};$$

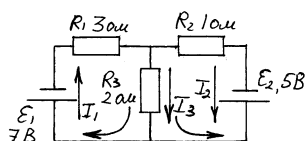
$$I = \frac{\varepsilon_{\text{сст}} - \varepsilon'}{r' + R} = \frac{127 - 100}{8 + 2} = 2,7 \text{ A}.$$

**1033.**

$$\varepsilon' = N\varepsilon; r' = Nr; \varepsilon' = 60 \cdot 1,2 = 72 \text{ В}; r' = 60 \cdot 0,02 = 1,2 \text{ Ом};$$

$$I = \frac{\varepsilon_{\text{ист}} - \varepsilon'}{r' + R} = \frac{115 - 72}{1,2 + R} = 2,5; 1,2 + R = 17,2; R = 16 \text{ Ом}.$$

**1034.**



$$I_1 + I_2 = I_3;$$

$$\begin{cases} \varepsilon_1 = I_1 R_1 + I_3 R_3, \\ \varepsilon_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3. \end{cases}$$

Вычитая в последней системе, одно уравнение из другого, получим:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2; 7 - 5 = I_1 \cdot 3 - I_2 \cdot 1;$$

$$3 I_1 - I_2 = 2; I_2 = 3 I_1 - 2;$$

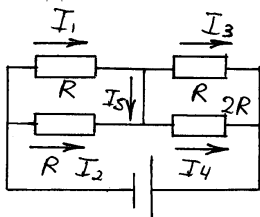
$$\begin{cases} \varepsilon_1 = I_1 R_1 + I_3 R_3, \\ 3 I_1 - 2 = I_3 - I_1. \end{cases}$$

Из последней системы уравнений получим:

$$I_1 = 1,57 \text{ A}; I_3 = 1,14 \text{ A}; I_2 = I_3 - I_1 = 1,14 - 1,57 = -0,38 \text{ A}.$$

Последнее равенство означает, что ток  $I_2$  течет в сторону, противоположную той, которая указана на рисунке.

**1035.** Для 5 неизвестных величин, обозначенных на схеме, составим систему из 5 уравнений:



$$\begin{cases} I_1 = I_3 + I_5, \\ I_5 + I_2 = I_4, \\ I_2 R + I_4 \cdot 2R = \varepsilon, \\ I_1 R - I_2 R = 0, \\ I_3 R - 2R I_4 = 0; \end{cases}$$

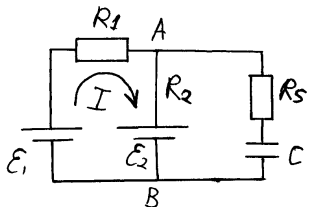
$$\begin{cases} I_4 = \frac{\varepsilon - I_2 R}{2R} = \frac{\varepsilon}{2R} - \frac{I_2}{2}, \\ I_1 = I_2, \\ I_3 = 2I_4, \\ I_2 = 2\left(\frac{\varepsilon}{2R} - \frac{I_2}{2}\right) + I_5, \\ I_5 + I_2 = \frac{\varepsilon}{2R} - \frac{I_2}{2}; \end{cases}; \begin{cases} 2I_2 - I_5 = \frac{\varepsilon}{R}, \\ 1,5I_2 + I_5 = \frac{\varepsilon}{2R}; \end{cases}$$

$$3,5I_2 = \frac{3\varepsilon}{2R}; I_2 = \frac{3\varepsilon}{2R \cdot 3,5} = \frac{3}{7} \frac{\varepsilon}{R};$$

$$I_5 = -\left(\frac{\varepsilon}{R} - 2I_2\right) = -\left(\frac{\varepsilon}{R} - \frac{2 \cdot 3}{7} \frac{\varepsilon}{R}\right) = -\frac{1}{7} \frac{\varepsilon}{R};$$

$$I_{ab} = |I_5| = \frac{1}{7} \frac{\varepsilon}{R}.$$

**1036.**



$$U_C = U_{AB}; U_{AB} = I(R_2 + r_2) + \varepsilon_2 = -(I(R_1 + r_1) - \varepsilon_1);$$

$$I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2} = \frac{4 - 2}{1 + 3 + 0,25 + 0,75} = 0,4 \text{ A};$$

$$U = 0,4(3 + 0,75) + 2 = 3,5 \text{ V};$$

$$q = CU = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 3,5 = 7 \cdot 10^{-6} \text{ ж}.$$

**1037.**

Ток есть производная заряда по времени:  $i(t) = q'(t)$ .

$$q = CU; q'(t) = CU'(t) = C \frac{R}{l} I'(t) = \frac{IRv}{l};$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}; i = \frac{\varepsilon RvC}{(R+r)l} = \frac{\varepsilon Rv\varepsilon_0 S}{(R+r)dl} =$$

$$= \frac{1,4 \text{ В} \cdot 100 \text{ Ом} \cdot 0,004 \text{ м} / \text{с} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} / \text{м} \cdot 1 \cdot 0,2^2}{(100 \text{ Ом} + 0,5 \text{ Ом}) \cdot 0,002 \text{ м} \cdot 0,3 \text{ м}} = 3,3 \cdot 10^{-12} \text{ А}.$$

**1038.**

$$C_0 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_K S}{d}; C_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_B S}{d};$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = U \frac{\Delta C}{\Delta t}; \Delta t = \frac{a}{v}, \text{ где } a = \sqrt{S}.$$

$$v = \frac{Id}{U \varepsilon_0 (\varepsilon_B - \varepsilon_K) \sqrt{S}} = \frac{2 \cdot 10^{-11} \text{ А} \cdot 0,001 \text{ м}}{100 \text{ В} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} / \text{м} \cdot (1-2) \sqrt{0,01 \text{ м}^2}} =$$

$$= 2,26 \cdot 10^{-4} \text{ м} / \text{с}.$$

**1039.** Ток, текущий по цепи в первом случае, распределяется по двум лампам. Хотя во втором случае ток в общем уменьшается, но через оставшуюся лампу течет ток, больший, чем в первом случае. А для того, чтобы лампа горела, через нее должен протекать некоторый минимальный ток  $I_{\min}$ .

**1040.**

$$P = UI; U = \varepsilon - rI; P = (\varepsilon - rI)I = \varepsilon I - rI^2;$$

$$\varepsilon = \frac{P + rI^2}{I} = \frac{8 + 0,08 \cdot 4^2}{4} = 2,32 \text{ В};$$

$$P_2 = \varepsilon I_2 = 2,32 \cdot 6 - 0,08 \cdot 6^2 = 11,04 \text{ Вт}.$$

$$\mathbf{1041.} \quad I = \frac{U}{R}; P = I^2(R+r) = \frac{U^2(R+r)}{R^2} = \frac{6^2(4+2)}{4^2} = 13,5 \text{ Вт}.$$

**1042.**

$$P = UI; U = \frac{\varepsilon R}{R+r}; R = \frac{P}{I^2}; U = \frac{P}{I}; \frac{P}{I} = \frac{\varepsilon \frac{P}{I^2}}{\frac{P}{I^2} + r};$$

$$\varepsilon I = P + rI^2; \varepsilon = \frac{P}{I} + rI;$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon = \frac{135}{15} + r \cdot 15, \\ \varepsilon = \frac{64,8}{6} + r \cdot 6. \end{array} \right.$$

Вычитая в последней системе одно равенство из другого, получим:

$$r = \frac{9-10,8}{6-15} = 0,2 \text{ Ом}; \varepsilon = \frac{135}{15} + 0,2 \cdot 15 = 12 \text{ В}.$$

**1043.**

$$P = r I^2; r + R = \frac{U}{I} = \frac{127}{200} = 0,635 \text{ Ом};$$

$$r = (r + R) - R = 0,635 - 0,2 = 0,435 \text{ Ом}$$

$$P = 0,435 \cdot 100^2 = 17400 \text{ Вт}.$$

$$1044. I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{внут}} + r} = \frac{\varepsilon}{r + R + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{200}{1 + 15 + \frac{6 \cdot 12}{6 + 12}} = 10 \text{ А};$$

$$U_{R_1} = U_{R_2} = I \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 10 \cdot \frac{6 \cdot 12}{6 + 12} = 40 \text{ В};$$

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1} = \frac{40^2}{6} = 270 \text{ Вт}.$$

$$1045. P_1 = P_2; I_1^2 R_1 = I_2^2 R_2; I_1 = \frac{\varepsilon}{r + R_1}; I_2 = \frac{\varepsilon}{r + R_2};$$

$$\frac{\varepsilon^2}{(r + R_1)^2} R_1 = \frac{\varepsilon^2}{(r + R_2)^2} R_2; (r + R_1)^2 R_2 = R_1 (r + R_2)^2;$$

$$r^2 R_2 + 2r R_1 R_2 + R_1^2 R_2 - R_1 r^2 - 2R_1 R_2 r - R_1 R_2^2 = 0;$$

$$r^2 (R_2 - R_1) = R_2 R_1 (R_2 - R_1); r = \sqrt{R_2 R_1} = \sqrt{4 \cdot 9} = 6 \text{ Ом}$$

$$1046. P = \varepsilon I - r' I^2; r' = \frac{r}{n}; P = \varepsilon I - \frac{r}{n} I^2;$$

$$n = \frac{r I^2}{\varepsilon I - P} = \frac{5 \cdot 2^2}{5,5 \cdot 2 - 7} = 5 \text{ элементов}.$$

**1047.** Работа за одну секунду – это мощность N.

$$R_{\text{внут}} = \frac{\varepsilon}{I_2} = \frac{12}{3} = 4 \text{ Ом};$$

$$N = \varepsilon I_1 - R I_1^2 = 12 \cdot 2 - 4 \cdot 2^2 = 8 \text{ Вт}; A = 8 \text{ Дж}.$$

**1048.** Составим n секций по  $\frac{4}{n}$  элементов.

$$R' = n \cdot \frac{R}{\frac{4}{n}} = \frac{R n^2}{4} = \frac{1 \cdot n^2}{4} = \frac{n^2}{4}; P = I^2 R'; I = \frac{\varepsilon}{R' + r};$$



$$P = \frac{\varepsilon^2 n^2}{4 \left( \frac{n^2}{4} + r \right)^2}; n = 1, 2, 4; 1) n = 1; P = \frac{8^2 \cdot \frac{1}{4}}{\left( \frac{1}{4} + 1 \right)^2} = 10,24 \text{ Вт};$$

$$2) n = 2; P = \frac{8^2 \frac{2^2}{4}}{\left( \frac{2^2}{4} + 1 \right)^2} = 16 \text{ Вт}; 3) n = 4; P = \frac{8^2 \frac{4^2}{4}}{\left( \frac{4^2}{4} + 1 \right)^2} = 10,24 \text{ Вт}.$$

В случае 2) вода греется быстрее.

$$R = \frac{2^2}{4} = 1 \text{ Ом}; I = \frac{8}{1+1} = 4 \text{ А};$$

$$P_A = r I^2 = 1 \cdot 4^2 = 16 \text{ Вт}.$$

**1049.**

$$P = R I^2; I = \frac{\varepsilon}{2 R_{np} + R} = \frac{\varepsilon}{\frac{2 \rho L}{S} + R};$$

$$P = \frac{\varepsilon^2 R}{\left( \frac{2 \rho L}{S} + R \right)^2}; L = \frac{\left( \sqrt{\frac{\varepsilon^2 R}{P}} - R \right) S}{2 \rho} \approx 11400 \text{ м}.$$

**1050.**  $\frac{R_{л}}{R_{н}} = 0,1; P_{л} = R_{л} I^2; P_{н} = R_{н} I^2$ ; из последних двух равенств следует,

что  $\frac{R_{л}}{R_{н}} = 0,1$ .

$$I = \sqrt{\frac{P_{н}}{R_{н}}} = \frac{U}{R_{н} + R_{л}}; R_{н} = 10 R_{л};$$

$$\sqrt{\frac{P_{н}}{10 R_{л}}} = \frac{U}{R_{л} + 10 R_{л}}; \frac{P_{н}}{10 R_{л}} = \frac{U^2}{121 R_{л}^2};$$

$$121 P_{н} R_{л}^2 - U^2 \cdot 10 R_{л} = 0; 121 P_{н} R_{л} - U^2 \cdot 10 = 0;$$

$$R_{л} = \frac{10 U^2}{121 P_{н}} = \frac{10 \cdot 750^2}{121 \cdot 5 \cdot 10^3} = 9,3 \text{ Ом}.$$

**1051.**  $\frac{R_{л}}{R_{н}} = 0,3$ . Используя результат, полученный в № 1050, имеем:

$$R_{\text{л}} = \frac{33,3 U^2}{(1+33,3)^2 P_{\text{н}}} = \frac{33,3 \cdot (2 \cdot 10^3)^2}{(1+33,3)^2 \cdot 100 \cdot 10^3} = 1,12 \text{ Ом}.$$

$$L = \frac{R_{\text{л}} S}{\rho}; m = L S \rho_{\text{м}}.$$

Здесь  $\rho_{\text{м}}$  – плотность меди,  $\rho$  – ее удельное сопротивление.

$$S = \frac{L \rho}{R_{\text{л}}}; L = 2l; l = 7500 \text{ м};$$

$$m = \frac{(2l)^2 \rho \rho_{\text{м}}}{R_{\text{л}}} = \frac{(2 \cdot 7500)^2 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 8,9 \cdot 10^3}{1,12} = 30400 \text{ кг}$$

$$m' \sim \frac{1}{R_{\text{л}}} \sim \frac{1}{U^2} = \frac{1}{3^2} = \frac{1}{9} m_0.$$

**1052.**

$$R_{\text{л}} = 2 R_{\text{н}} = \frac{2 \rho l}{S} = \frac{2 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}^2 / \text{м} \cdot 50 \text{ Ом}}{170 \cdot 10^{-6} \text{ м}} = 0,01 \text{ Ом};$$

$$U_{\Gamma \text{ е н}} = \varepsilon - I r = 40 - 0,04 \cdot 200 = 32 \text{ В};$$

$$U_{\text{апп}} = U_{\Gamma \text{ е н}} - U_{\text{л}} = U_{\Gamma \text{ е н}} - R_{\text{л}} I = 32 - 0,01 \cdot 200 = 30 \text{ В};$$

$$P_{\text{дуг}} = R_{\text{апп}} I^2 = \left( \frac{\varepsilon}{I} - r - R_{\text{л}} \right) I^2 = \left( \frac{40}{200} - 0,04 - 0,01 \right) 200^2 = 6000 \text{ Вт}.$$

**1053.**

$$I = \frac{U}{R_{\text{л}} + R_1} = \frac{U}{R_{\text{л}} + \frac{R}{N}} = \frac{128}{0,4 + \frac{300}{50}} = 20 \text{ А};$$

$$P = R' I^2 = \frac{300}{50} 20^2 = 2400 \text{ Вт};$$

$$P_{\text{л}} = R_{\text{л}} I^2 = 0,4 \cdot 20^2 = 160 \text{ Вт};$$

$$P_{\Gamma \text{ е н}} = r I^2 = 0,1 \cdot 20^2 = 40 \text{ Вт}.$$

**1054.**

$$l = \frac{RS}{\rho}; P = \frac{Q}{t} = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2 t}{Q}; l = \frac{U^2 S t}{\rho Q};$$

$$Q = 10^5 \text{ Дж}; t = 10 \text{ мин} = 600 \text{ с } p = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$l = \frac{36^2 \cdot 5 \cdot 10^{-7} \cdot 600}{1,1 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5} = 3,53 \text{ м}.$$

**1055.**

$$Q_{\text{ПОТ}} = \alpha t; Q = \frac{U^2}{R} t - Q_{\text{ПОТ}} = \frac{U^2}{R} t - \alpha t = \left(\frac{U^2}{R} - \alpha\right)t;$$

$$\left(\frac{U_1^2}{R} - \alpha\right)t_1 = \left(\frac{U_2^2}{R} - \alpha\right)t_2 = \left(\frac{U_3^2}{R} - \alpha\right)t_3; t_3 = ?$$

$$\left(\frac{120^2}{R} - \alpha\right) \cdot 1200 = \left(\frac{110^2}{R} - \alpha\right) \cdot 1680;$$

$$\alpha = \frac{110^2 \cdot 1680 - 120^2 \cdot 1200}{R(1680 - 1200)} = \frac{6350}{R} = \frac{X}{R}; X = 6350;$$

$$\frac{U_1^2 - X}{R} t_1 = \frac{U_3^2 - X}{R} t_3; t_3 = \frac{U_1^2 - X}{R} t_1 = \frac{120^2 - 6350}{100^2 - 6350} \cdot 1200 = 2647 \text{ с} = 44,17 \text{ мин.}$$

**1056.**

$$\text{Найдем } Q_{\text{II}} \text{ и } Q_3. \eta = \frac{Q_{\text{II}}}{Q_3}.$$

$$Q_{\text{II}} = c m(t_1 - t_0) + Lm'; m' = 0,1m;$$

$$Q_{\text{II}} = (c(t_1 - t_0) + 0,1L)m;$$

$$Q_3 = I^2 R \Delta t; \eta = \frac{Q_{\text{II}}}{Q_3} = \frac{(c((t_1 - t_0) + 0,1L)m)}{I^2 R \Delta t} =$$

$$= \frac{(4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ \text{C}} (100^\circ \text{C} - 20^\circ \text{C}) + 0,1 \cdot 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}) 0,5 \text{ кг}}{(4 \text{ А})^2 \cdot 30 \text{ Ом} \cdot 900 \text{ с}} = 0,65 = 65\%.$$

$$Q = P \Delta t = Lm; P = I^2 R;$$

$$1057. I = \sqrt{\frac{Lm}{\Delta t \cdot R}} = \sqrt{\frac{2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж} / \text{кг} \cdot 0,1 \text{ кг}}{60 \text{ с} \cdot 10 \text{ Ом}}} \approx 19,5 \text{ А}.$$

**1058.** При увеличении диаметра проволоки в 2 раза ее поверхность также увеличивается в 2 раза. Следовательно, в 2 раза увеличиваются и потери теплоты проволокой. Значит, при прохождении тока теплоты должно выделяться в 2 раза больше:

$$I_2 R_2^2 = 2 I_1 R_1^2; I_2 = \sqrt{2 \frac{R_1}{R_2}} I_1; \frac{R_1}{R_2} = \frac{(2d)^2}{d^2} = 4; I_2 = 2\sqrt{2} I_1.$$

**1059.** Полная мощность  $P_1 = UI = \varepsilon I - r I^2$ . Полезная мощность

$P_2 = P_1 - P_3$ , где  $P_3$  – мощность потерь.

$$P_2 = P_1 - P_3 = \varepsilon I - r I^2 - R I^2;$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\varepsilon I - r I^2 - R I^2}{\varepsilon I - r I^2} = \frac{240 \cdot 10 - 4 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^2}{240 \cdot 10 - 4 \cdot 10^2} = 0,9 = 90\%.$$

Ток, при котором мощность максимальна, найдем, приравняв нулю производную полезной мощности по току:  $\varepsilon - 2(r + R)I = 0$ ;

$$I = \frac{\varepsilon}{2(r + R)} = \frac{240}{2(4 + 2)} = 20 \text{ А. При этом полезная мощность равна:}$$

$$P = 20(240 - 14 + 2) \cdot 20 = 2400 \text{ Вт.}$$

$$1060. \text{ Полная мощность } P_1 = UI_0.$$

$$\text{Полезная мощность } P_2 = P_1 - UI = UI_0 - UI.$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{UI_0 - UI}{UI_0} = \frac{I_0 - I}{I_0} = \frac{15 - 6}{15} = 0,4 = 40\%.$$

1061. Мощность двигателя  $P_1$  равна мощности сил трения  $P_2$ , т.к. движение равномерное.  $P_1 = P_2$ ;  $P_2 = \frac{F_T X}{t}$ ;  $F_T v = N \mu v = mg \mu v$ ;

$$P_1 = \eta P_{\text{Э}} = \eta UI; mg \mu v = \eta UI; I = \frac{mg \mu v}{\eta U} = \frac{11000 \cdot 9,8 \cdot 0,02 \cdot 10}{550 \cdot 0,8} = 50 \text{ А.}$$

$$1062. \text{ Полная мощность } P_1 = UI. \text{ Полезная мощность } P_2 = \frac{F X}{t} = \frac{mgX}{t}.$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{mgX}{UI t} = \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot 19}{380 \cdot 20 \cdot 50} = 0,5 = 50\%.$$

1063.

$$P_{\text{ЭЛ}} = \frac{P}{\eta}; P = \frac{Q}{t} = \frac{V \rho_{\text{В}} c_{\text{В}} (t_1 - t_0)}{t};$$

$$P_{\text{ЭЛ}} = \frac{U^2}{R}; R = \rho \frac{l}{S}; l = \frac{U^2 S}{P_{\text{ЭЛ}} \rho} = \frac{U^2 S \eta}{\rho V \rho_{\text{В}} c_{\text{В}} (t_1 - t_0)} =$$

$$= \frac{(200 \text{ В})^2 \cdot 0,84 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \cdot 600 \text{ с} \cdot 0,8}{4 \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 1000 \text{ К} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{С}}} = 60 \text{ м.}$$

1064. Полезная теплота  $Q_1 = m(c(t_1 - t_0) + \alpha L)$ , где  $\alpha$  – доля выкипевшей воды.

$$Q = P \Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t; Q = \frac{Q_1}{\eta}; m = V \rho; \alpha = \frac{\frac{U^2 \Delta t \eta}{R V \rho} - c(t_1 - t_0)}{L};$$

$$\alpha = \frac{\frac{(220 \text{ В})^2 \cdot 1200 \text{ с} \cdot 0,8}{160 \text{ Ом} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 1000 \text{ К} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{С}}} - 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{С}}}{2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{С}}} \approx 0,1;$$

$$V' = \alpha V = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05 \text{ л.}$$

1065.

$$\eta = \frac{P}{P'} = \frac{R I^2}{R I^2 + r I^2} = \frac{R}{R + r}; \quad \eta_2 = \frac{\frac{R_2}{R_1 + r}}{\frac{R_2 + r}{R_1}} = 2;$$

$$2 R_1 R_2 + r = R_2 R_1 + r; r = \frac{2 R_2 R_1 - R_2 R_1}{R_2 - 2 R_1} = \frac{R_2 R_1}{R_2 - 2 R_1} = \frac{10,5 \cdot 3}{10,5 - 2 \cdot 3} = 7 \text{ Ом}.$$

1066. Q – полная теплота, Q<sub>1</sub> – полезная теплота, Q<sub>2</sub> – теплота потерь.

$$\eta = \frac{Q_1}{Q} = \frac{Q - Q_2}{Q} = \frac{P - P_2}{P} = \frac{UI - I^2 R}{UI} = \frac{120 \cdot 15 - 15^2 \cdot 1}{120 \cdot 15} = 0,875 = 87,5\%;$$

$$P = UI = 120 \cdot 15 = 1800 \text{ Вт}.$$

1067.

$$P_1 = R_1 I^2 = \frac{\varepsilon}{(R_1 + r)^2} R_1; P_2 = \frac{\varepsilon}{(R_2 + r)^2} R_2; P_1 = P_2;$$

$$\frac{\varepsilon R_1}{(R_1 + r)^2} = \frac{\varepsilon R_2}{(R_2 + r)^2}; R_1 (R_2 + r)^2 = R_2 (R_1 + r)^2;$$

$$R_1 R_2^2 + 2 R_1 R_2 r + R_1 r^2 - R_2 R_1^2 - 2 R_1 R_2 r - R_2 r^2 = 0;$$

$$r^2 = \frac{R_1 R_2 (R_2 - R_1)}{R_2 - R_1} = R_1 R_2; r = \sqrt{R_1 R_2} = \sqrt{12 \cdot 3} = 6 \text{ Ом};$$

$$\eta = \frac{R I^2}{R I^2 + r I^2} = \frac{R}{R + r}; \quad \eta_1 = \frac{3}{3 + 6} = 0,33 = 33\%;$$

$$\eta_2 = \frac{12}{12 + 6} = 0,67 = 67\%.$$

1068. а) по часовой стрелке; б) от нас; в) от нас.

1069. а) от нас; б) существует; в) по касательной;

1070. Северный полюс магнитной стрелки направлен от нас.

1071. а) Виток будет отталкиваться. б) Виток будет притягиваться.

в) Виток повернется к нам правым краем, а также притянется.

$$1072. M = nBIS = 100 \cdot 0,04 \cdot 0,06 \cdot 10 \cdot 1,2 = 2,88 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$1073. M = nBIS; M_{\max} = 200 \cdot 0,1 \cdot 0,05 \cdot 2 = 0,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$1074. P = Bs \cos \alpha; \text{ а) } \Phi = 0,5 \text{ Тл} \cdot 0,0025 = 0,00125 \text{ Вб};$$

$$\text{ б) } \Phi = 0,00125 \cdot 0,5 = 0,000625 \text{ Вб}.$$

$$1075. \Phi = Bs \cos \alpha; \text{ 1) } \Phi = 0,25 \cdot 0,6 \cdot 1,5 \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,16 \text{ Вб. 2) } \Phi = 0.$$

$$1076. \Phi = Bs \cos \alpha; \text{ а) } 0,002 \text{ Вб}; \text{ б) } 0,0014 \text{ Вб}; \text{ в) } 0,001 \text{ Вб}.$$

$$1077. \Phi = Bs; 0,003 = 0,006 \cdot B; B = 0,05 \text{ Тл}.$$

1078. 1) Куда действует сила? Ответ: вверх. 2) Куда действует сила? Ответ: вправо. 3) Куда действует сила? Ответ: от нас. 4) Куда действует сила?

Ответ: влево. 5) Куда течет ток? Ответ: от нас. 6) Куда направлен вектор В? Ответ: от нас. 7) Куда направлен вектор В? Ответ: вниз. 8) Куда направлена сила? Ответ: сила равна нулю, направление указать невозможно.

**1079.**  $F = Ibl$ .  $F = 0,01 \text{ Тл} \cdot 50 \text{ А} \cdot 0,1 \text{ м} = 0,05 \text{ Н}$ .

**1080.**  $F = Ibl$ .  $F = 0,01 \cdot 5 \cdot 1 = 0,05 \text{ Н}$ .

**1081.**  $F = Ibl = 126000 \text{ Н}$ .

**1082.**  $F = Ibl \sin \alpha$ ;  $\sin \alpha = \frac{F}{Ibl} = \frac{0,05}{2 \cdot 0,5 \cdot 0,1} = 0,5$ ;  $\alpha = 30^\circ$ .

**1083.**  $I = \frac{F}{Bl} = \frac{0,15}{0,5 \cdot 0,02} = 15 \text{ А}$ .

**1084.**  $B = \frac{F}{Il} = \frac{1}{20 \cdot 0,2} = 0,25 \text{ Тл}$ .

**1085.**  $F = Ibl \sin \alpha$ ;  $F_{\max} = 10 \cdot 0,6 \cdot 1,5 = 9 \text{ Н}$ ;  $F_{\min} = 0$ .

**1086.**  $F = \frac{\mu I_0^2}{4\pi d^2}$ .

**1087.**  $A = FS = IBIS = 0,08 \cdot 50 \cdot 0,02 \cdot 0,1 = 0,008 \text{ Дж}$ .

**1088.**  $F = Ibl = mg$ ;  $B = \frac{mg}{Il} = \frac{0,004 \cdot 10}{10 \cdot 0,2} = 0,02 \text{ Тл}$ .

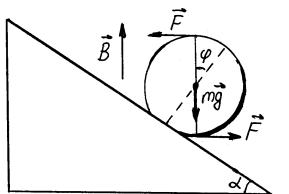
**1089.**  $F = \frac{\mu I_0^2}{4\pi d^2}$ .  $I = \frac{P}{U}$ ;  $F = \frac{\mu_0 P^2}{4\pi U^2 d^2}$ .

$mg = T \cos \alpha$ ;  $Ibl = T \sin \alpha$ ;

**1090.**  $\frac{Ibl}{mg} = \operatorname{tg} \alpha$ ;  $B = \frac{mgtg \alpha}{Il}$ .

**1091.**  $I = \frac{2 F_{\max} - mg}{Bl}$ .

**1092.**



$m = 250 \text{ г} = 0,25 \text{ кг}$ ;  $l = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ ;  $\alpha = 30^\circ$ ;  $B = 0,5 \text{ Тл}$ ;  $I_{\min} = ?$   $\varphi = ?$

1093.

$$\text{env} = q; I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{\text{enbav}\Delta t}{\Delta t} = \text{enbav}.$$

$$v = \frac{I}{\text{ebna}}; \varepsilon = \text{Bbv} = \text{Bb} \cdot \frac{I}{\text{enba}} = \frac{\text{BI}}{\text{ena}};$$

$$E_2 = \frac{\varepsilon}{b} = \frac{\text{BI}}{\text{enab}}; \frac{I_{pe}}{abe} = \frac{I_p}{ab}; \frac{E_1}{E_2} = \frac{\text{BIab}}{\text{enabl}_p} = \frac{\text{BI}}{\text{enl}_p}.$$

1094. а) нет; б) нет; в) нет.

1095. Влево.

а) Вправо; б) вправо.

1096. Провода электрически нейтральны, а в пучках, помимо магнитных сил, действуют электростатические силы.

$$1097. F = qvB = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^6 \cdot 0,1 = 4,8 \cdot 10^{-14} \text{ Н}.$$

$$F = evB = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^7 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 8 \cdot 10^{-15} \text{ Н};$$

$$1098. R = \frac{mv}{qB} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^7}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,1} = 5,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

$$1099. qvB = m \frac{v^2}{R}; B = \frac{mv}{Rq} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^7}{0,01 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,005 \text{ Тл}.$$

$$1100. v = \frac{RqB}{m} = \frac{0,1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,01}{1,6 \cdot 10^{-27}} = 10000 \text{ м / с}.$$

$$1101. R = \frac{mv}{qB} = \frac{1,6 \cdot 10^{-27} \cdot 3 \cdot 10^7}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,5} = 0,2 \text{ м}.$$

$$1102. R = \frac{mv}{qB}; v = \frac{RqB}{m} = \frac{2\pi R}{T}; T = \frac{2\pi m}{qB} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,004} = 9 \cdot 10^{-9} \text{ с}.$$

$$1103. \text{ а) } v_1 = v_2; \frac{R_1}{R_2} = \frac{m_1 v q_2 B}{q_1 B m_2 v} = \frac{m_1 q_2}{m_2 q_1};$$

$$\text{ б) } E_1 = E_2 = E; \frac{R_1}{R_2} = \frac{m_1 v_1 q_2 B}{q_1 B m_2 v_2}; E = \frac{mv^2}{2};$$

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}}; \frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} \frac{q_2}{q_1}.$$

1104.

$$W = eU = \frac{mv^2}{2}; v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}; m = \frac{RqB}{v} = \frac{ReB\sqrt{m}}{\sqrt{2eU}}; \sqrt{m} = \frac{ReB}{\sqrt{2eU}};$$

$$m = \frac{R^2 e^2 B^2}{2eU} = \frac{R^2 e B^2}{2U} = \frac{(1 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot (5 \cdot 10^{-3})^2}{2 \cdot 220} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

**1105.**

$$eU = \frac{mv^2}{2}; v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}; R = \frac{mv}{qB} = \frac{m\sqrt{2eU}}{\sqrt{meB}} = \sqrt{\frac{2mU}{e}} \frac{1}{B} = \\ = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-27} \cdot 600}{1,6 \cdot 10^{-19}}} \cdot \frac{1}{0,3} = 0,01 \text{ м.}$$

**1106.**  $qvB = qE; v = \frac{E}{B} = \frac{1000}{0,001} = 1000000 \text{ м / с.}$

**1107.**  $W_0 = \frac{mv^2}{2}; v = \sqrt{\frac{2E}{m}}.$

а)  $F = eBv = eB\sqrt{\frac{2W_0}{m}}.$

б)  $R = \frac{mv}{qB} = \frac{m\sqrt{2W_0}}{\sqrt{meB}} = \sqrt{\frac{2mW_0}{eB}}.$

$$T = \frac{2\pi m}{eB}.$$

**1109.** а) Ничего; б) в момент введения возникнет ток.

**1110.** 1) Куда направлен индукционный ток? Ответ: на нас.

2) Куда движется проводник? Ответ: на нас.

3) Где север? Ответ: справа.

4) Куда направлен индукционный ток? Ответ: на нас.

5) Куда движется проводник? Ответ: от нас.

6) Составьте самостоятельно.

7) Где плюс, где минус? Ответ: плюс справа, минус слева.

**1111.** а) нет; б) да; в) да; г) нет; д) да.

**1112.** а) нет; б) нет; в) да.

**1113.** В первом приборе будут наводиться индукционные токи, которые вызовут отклонение стрелки второго прибора.

**1114.** В латунной стрелке будут наводиться индукционные токи, порождающие силы, возвращающие ее к положению равновесия.

**1115.** Быстрее упадет свободно падающий магнит; так же быстро – магнит, падающий сквозь незамкнутый соленоид; последним – магнит, падающий через замкнутый соленоид (часть энергии уйдет на возникновение тока в соленоиде).

**1116.** а) На нас; б) никуда; в) от нас; г) никуда.

**1117.** а) Вверх; б) вниз; г) вниз; д) нет тока.

**1118.** К центру.

$$\mathbf{1119.} \quad \varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{L\Delta I}{\Delta t} = RI = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 5 = 0,1 \text{ В.}$$

$$\mathbf{1120.} \quad \varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0,06}{0,3} = 0,2 \text{ В при условии, что } \Delta\Phi = k \Delta t.$$



$$1121. \varepsilon = \frac{n\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{4 \text{ мВ} \cdot 500}{5 \text{ мс}} = 400 \text{ В}$$

$$1122. \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\varepsilon}{n} = 0,06 \text{ В} / \text{с}$$

$$1123. \Delta t = \frac{\Delta\Phi}{\varepsilon} = \frac{0,6}{1,2} = 0,5 \text{ с}; I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{1,2}{0,24} = 5 \text{ А.}$$

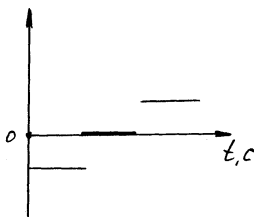
$$1124. \varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0,4 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{0,05} = 0,0016 \text{ В.}$$

$$1125. B = \frac{\varepsilon \Delta t}{S \cos \alpha} = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01}{0,01 \cdot 0,5} = 0,1 \text{ Тл.}$$

$$1126. \Delta\Phi = 0,001 \text{ Вб.}$$

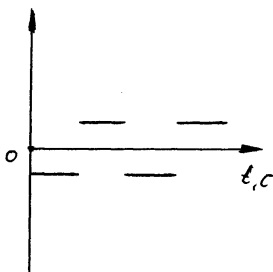
$$1127. \varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0,000001 \text{ В.}$$

1128.



$$\varepsilon_{\max} = 400 \text{ В.}$$

1129.



$$1130. q = CU = C\varepsilon = C \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 10 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 100 \cdot 10^{-4} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ Кл.}$$

1131.

$$\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = RI = R \frac{\Delta q}{\Delta t}; \Delta\Phi = 2BnS; \Delta q = \frac{2BnS}{R} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{10000} = 0,0001 \text{ Кл.}$$

$$1132. \varepsilon = vBl = 0,1 \cdot 2 \cdot 5 = 1 \text{ В.}$$

$$1133. \varepsilon = vBl \sin \alpha = 0,25 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 0,5 = 0,005 \text{ В.}$$

$$1134. \varepsilon = vBl; B = \frac{\varepsilon}{vl} = \frac{1,44}{1,8 \cdot 6} = 0,13 \text{ Тл.}$$

$$1135. v = \frac{\varepsilon}{Bl \sin \alpha} = \frac{12}{0,2 \cdot 15} = 5,8 \text{ м / с}$$

$$1136. \text{ а) } 0,5 \text{ А; б) } 0,3 \text{ А; в) } 0,8 \text{ А.}$$

Проводник нужно перемещать вправо со скоростью 10 м/с.

$$1137. 900 \text{ км/ч} = 250 \text{ м/с.}$$

$$\varepsilon = vBl = 250 \cdot 12 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 0,15 \text{ В.}$$

$$1138. 60 \text{ км/ч} \approx 16,7 \text{ м/с.}; I = \frac{vBl}{R} = \frac{16,7 \cdot 50 \cdot 10^{-6} \cdot 1,2}{100} = 10^{-5} \text{ А.}$$

$$1139. I = \frac{vBl}{R}.$$

$$1140. I\varepsilon = Fv; \frac{v^2 B^2 l^2}{R} = Fv; R = \frac{v B^2 l^2}{F} = \frac{10 \cdot (5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5)^2}{10^{-4}} = 0,625 \text{ Ом.}$$

$$1141. F = \frac{v B^2 l^2}{R}.$$

$$1142. mg = \frac{v B^2 l^2}{R}; R = \frac{v B^2 l^2}{mg}.$$

1143. При резком отключении возникает большая ЭДС самоиндукции.

1144. При включенном двигателе в месте контакта течет гораздо больший ток, нежели при выключенном двигателе.

1145. Сделать две взаимно обратные обмотки.

$$1146. L = \frac{\Phi}{I} = \frac{12 \cdot 10^{-3}}{6} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Г н}$$

$$1147. L = \frac{n\Phi}{I} = \frac{150 \cdot 20}{7,5} = 0,4 \text{ Г н; Да.}$$

$$1148. \Phi = LI = 0,01 \text{ Гн.}$$

$$1149. L = \frac{n\Delta\Phi}{\Delta I} = 0,125 \text{ Г н}$$

1150.

$$\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

$$\varepsilon = 200 \cdot 10^{-3} \cdot 100 = 20 \text{ В; } \varepsilon = 0,4 \cdot \frac{5}{0,02} = 100 \text{ В.}$$

$$1151. LI = nBS; B = \frac{LI}{nS} = \frac{0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5}{100 \cdot 10^{-4}} = 0,002 \text{ Тл.}$$

$$1152. LI = nBS; I = \frac{nBS}{L} = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-4}}{0,02} = 0,1 \text{ А.}$$

$$1153. \varepsilon = L \frac{\Delta I}{\Delta t}; L = 0,0025 \text{ Гн}$$

$$1154. L = 2,5 \text{ Гн}; L = 0,6 \text{ Гн.}$$

$$1155. \varepsilon = L \frac{\Delta I}{\Delta t}; \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\varepsilon}{L} = 800 \text{ А / с.}$$

$$1156. 14,4 \text{ Дж.}$$

$$1157. E = 120 \text{ Дж; уменьшится в 4 раза.}$$

$$1158. I = \sqrt{\frac{2E}{L}} = 2 \text{ А.}$$

$$1159. E = \frac{LI^2}{2}; L = \frac{\Phi}{I} = \frac{0,5}{10} = 0,05 \text{ Гн}; E = \frac{0,05 \cdot 100}{2} = 2,5 \text{ Дж.}$$

$$1160.$$

$$\Delta E = E_1 - E_2 = \frac{L(I_2 - I_1)^2}{2}; L = \frac{2(E_1 - E_2)}{(I_2 - I_1)^2} = \frac{2 \cdot 2}{(8 - 12)^2} = 0,25 \text{ Гн}$$

$$E_1 = \frac{LI_1^2}{2} = \frac{0,25 \cdot 144}{2} = 18 \text{ Дж}; E_2 = \frac{LI_2^2}{2} = \frac{0,25 \cdot 64}{2} = 8 \text{ Дж.}$$

$$1161. \text{ Уменьшилась в 2 раза.}$$

$$1162. L = \frac{2E}{I^2} = 0,12 \text{ Гн}$$

$$1163. \Delta E = 1 \cdot 10^{-9} \text{ Дж.}$$

$$1164. \text{ Усилится только при стальном.}$$

$$1165. \text{ Горячий прокат немагнитен, т.к. его температура больше температуры Кюри.}$$

$$1166. \text{ Твердая сталь сохраняет магнитные свойства лучше.}$$

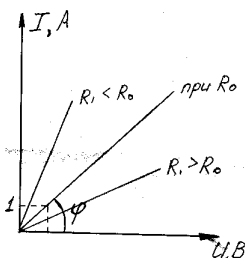
$$1167. \mu = \frac{B}{B_0} = \frac{0,75}{0,0375} = 20.$$

$$1168. \mu = 0,4.$$

$$1169. \text{ Уменьшится в 0,64 раза.}$$

$$1170. \Phi = 100 \cdot 10^{-4} \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} = 0,000007 \text{ Вб.}$$

$$1171.$$



$\operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{R}$ ; если  $R_1 > R_0$ ,  $\operatorname{tg} \varphi < \operatorname{tg} \varphi_0$ ; если  $R_1 < R_0$ ,  $\operatorname{tg} \varphi > \operatorname{tg} \varphi_0$ .

$$1172. I = \frac{\Delta q}{\Delta t}; \Delta q = I \Delta t; N = \frac{\Delta q}{e} = \frac{I \Delta t}{e} = \frac{3,2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-9}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2 \cdot 10^5.$$

$$N = \frac{I \Delta t}{e}; n = \frac{N}{V}; N = nV; V = Sx; x = v \Delta t; nSv \Delta t = \frac{I \Delta t}{e};$$

$$1173. v = \frac{I}{enS} = \frac{10}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{28} \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}.$$

$$1174. v = \frac{I}{enS}; n = \frac{N}{V}; N = \frac{m}{\mu} N_A,$$

где  $\mu$  — молярная масса,  $N_A$  — число Авогадро;

$$m = \rho V; n = \frac{N_A \rho}{\mu}; v = \frac{I \mu}{N_A \rho e S} =$$

$$= \frac{50 \text{ А} \cdot 0,064 \text{ кг/моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$$

1175.

$$v = \frac{I \mu}{N_A \rho e S}; S = \frac{\pi d^2}{4}; v = \frac{4 I \mu}{N_A \rho e \pi d^2} =$$

$$= \frac{4 \cdot 100 \text{ А} \cdot 0,64 \text{ кг/моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot (0,004 \text{ м})^2 \cdot 3,14} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}.$$

1176. Воспользуемся результатами задачи № 1175.

$$\frac{v_M}{v_{ал}} = \frac{\rho_{ал} \mu_M}{\rho_M \mu_{ал}} = \frac{2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,064 \text{ кг/моль}}{8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,027 \text{ кг/моль}} = 0,72;$$

$$\frac{v_{ал}}{v_M} = \frac{1}{0,72} = 1,39.$$

1177.

$$\varepsilon = \frac{A}{q} = \frac{A}{e}; A = \int_0^R F(r) dr; F = m_e a; a = 4\pi^2 v^2 r;$$

$$A = \frac{4\pi^2 v^2 m_e R^2}{2} = 2\pi^2 v^2 m_e R^2; \varepsilon = \frac{2\pi^2 v^2 m_e R^2}{e};$$

$$v = \frac{\sqrt{\varepsilon e}}{\pi R} = \frac{\sqrt{\frac{10^{-6} \text{ В} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ К Г}}}}{3,14 \cdot 0,25 \text{ м}} \approx 380 \text{ Г ц.}$$

1178. Сопротивление спирали повышается при повышении температуры. В первом случае спираль сначала разогревается слабым током, ее сопротивление увеличивается, и ток, протекающий через спираль, будет меньше протекающего через нее тока во втором случае, т.к. лампа в этом случае холодная, и, следовательно, сопротивление ее спирали невелико.

1179.

$$R = R_0(1 + \alpha(t - t_0)) = 0,005 \text{ Ом} (1 + 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}(80^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})) = 0,0067 \text{ Ом.}$$

1180.

$$R = R_0(1 + \alpha(t - t_0));$$

$$R = \frac{U^2}{P}; R_0 = \frac{U^2}{P(1 + \alpha(t - t_0))} = \frac{220^2}{60(1 + 4,8 \cdot 10^{-3} \cdot (2000 - 20))} = 76 \text{ Ом.}$$

1181.

$$R = \frac{U}{I}; R = R_0(1 + \alpha(t - t_0));$$

$$t = \frac{\frac{U}{I R_0} - 1}{\alpha} + t_0 = \frac{\frac{220}{0,68 \cdot 36} - 1}{4,6 \cdot 10^{-3}} + 20 = 1750^\circ\text{C.}$$

1182. При вращении барабана электролит лучше соприкасается с деталью, поэтому она равномерно покрывается никелем.

1183. Да, при добавлении соли сопротивление раствора уменьшается и, следовательно, ток через лампочку увеличивается.

1184. а) Количество меди не изменится. б) Не изменится.

в) Увеличится, т.к.  $m \sim I \sim U$ .

г) Не изменится.

д) Увеличится, т.к. упадет сопротивление раствора, и, как следствие, увеличится ток.

е) Увеличится, т.к. уменьшится сопротивление электролита.

ж) Уменьшится, т.к. увеличится сопротивление электролита.

з) Увеличится, т.к. повысится подвижность ионов в электролите, и, следовательно, уменьшится сопротивление.

1185. 1) Одинаково, т.к.  $m = kIt$ ,  $I_A = I_B = I$ .

2)  $m_A > m_B$ , т.к.  $I_A > I_B$  (в силу того, что  $U_A = U_B$ ,  $R_A < R_B$ ).

$$1186. v = \frac{I}{enS} = \frac{1,0 \text{ A}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3} \cdot 0,005 \text{ м}^2} = 1,25 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$$

$$1187. t = 10 \text{ ч} = 3,6 \cdot 10^4 \text{ с}; I = 1 \text{ A}; k = 0,093 \cdot 10^{-6} \text{ кг/Кл}; m - ?$$

$$m = Ikt = 1 \cdot 0,093 \cdot 10^{-6} \cdot 3,6 \cdot 10^4 = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг}.$$

$$1188. I = 1,8 \text{ A}; t = 5 \text{ ч} = 1,8 \cdot 10^4 \text{ с}; N = 12;$$

$$S_0 = 50 \text{ см}^2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2; \rho = 1,05 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3;$$

$$k = 1,118 \cdot 10^{-6} \text{ кг/Кл}; H - ?$$

$$m = kIt; m = \rho N S_0 H; H = \frac{kIt}{\rho N S_0} = \frac{1,118 \cdot 10^{-6} \cdot 1,8 \cdot 1,8 \cdot 10^4}{1,05 \cdot 10^4 \cdot 12 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} \approx 5,7 \cdot 10^{-5} \text{ м}.$$

$$1189. Q = 7348 \text{ Кл}; m = 5 \text{ г} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; X = 66 \text{ г/моль} = 6,6 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль};$$

$$F - ?$$

$$m = \frac{X}{F} It; F = \frac{X}{m} It = \frac{X}{m} Q = \frac{6,6 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-3}} \cdot 7348 \approx 9,7 \cdot 10^4 \text{ Кл/моль}.$$

$$1190. m = 5 \text{ г} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; X = 66 \text{ г/моль} = 6,6 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}; F - ?$$

$$m = \frac{X}{F} It; F = \frac{X}{m} It = \frac{X}{m} q = \frac{6,6 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-3}} \cdot 7348 \approx 9,7 \cdot 10^4 \text{ кг/Кл};$$

$$m = kIt; t = \frac{m}{kI} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,34 \cdot 10^{-6} \cdot 2} \approx 7,4 \cdot 10^3 \text{ с}.$$

$$1191. Q = 9,65 \cdot 10^7 \text{ Кл};$$

$$m_1 - ? m_2 - ? m_3 - ?$$

Пусть  $m_1$  - масса железа (III),  $m_2$  - масса железа (II),  $m_3$  - масса хлора.

$$m_1 = \frac{A_{\text{Fe}} Q}{3F} = \frac{5,6 \cdot 10^{-2} \cdot 9,65 \cdot 10^7}{3 \cdot 9,65 \cdot 10^4} \approx 18,7 \text{ кг};$$

$$m_2 = \frac{A_{\text{Fe}} Q}{2F} = \frac{5,6 \cdot 10^{-2} \cdot 9,65 \cdot 10^7}{2 \cdot 9,65 \cdot 10^4} \approx 28 \text{ кг};$$

$$m_3 = \frac{A_{\text{Cl}} Q}{F} = \frac{3,55 \cdot 10^{-2} \cdot 9,65 \cdot 10^7}{9,65 \cdot 10^4} \approx 35,5 \text{ кг}.$$

$$1192. V = 250 \text{ м}^3; T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ К}; p = 2 \text{ атм} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$k = 10^{-8} \text{ кг/Кл}; q - ?$$

$$pV = \frac{m}{M} RT; m = \frac{MpV}{kRT} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 250}{10^{-8} \cdot 8,31 \cdot 300} \approx 4 \cdot 10^9 \text{ кг}.$$

$$1193. t = 10 \text{ мин} = 6 \cdot 10^2 \text{ с}; m = 0,67 \text{ г} = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ кг};$$

$$k = 1,118 \cdot 10^{-6} \text{ кг/Кл}; I_0 = 0,90 \text{ A}.$$

$$m = kIt; I = \frac{m}{kt} = \frac{6,7 \cdot 10^{-4}}{1,118 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^2} \approx 1 \text{ A}. I \neq I_0.$$

Показания амперметра не верны.

**1194.**  $I_0 = 1,5 \text{ A}$ ;  $t = 10 \text{ мин} = 600 \text{ с}$ ;  $m = 0,316 \text{ г} = 3,16 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$ ;

$$k = 0,33 \cdot 10^{-6} \text{ кг/Кл}; \Delta I - ? \quad m = kIt; I = \frac{m}{kT} = \frac{3,16 \cdot 10^{-4}}{0,33 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^2} \approx 1,6 \text{ A}.$$

$$\Delta I = I - I_0 = 1,6 - 1,5 = 0,1 \text{ A}.$$

**1195.**  $R = 30 \text{ Ом}$ ;  $t = 5 \text{ мин} = 300 \text{ с}$ ;

$m = 55,6 \text{ мг} = 5,56 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$ ;  $U_0 = 6 \text{ В}$ ;  $\Delta U - ?$

$$I = \frac{m}{kT} = \frac{5,56 \cdot 10^{-5}}{1,118 \cdot 10^{-6} \cdot 300} \approx 1,165 \text{ A};$$

$$U = RI = 30 \cdot 0,165 = 4,95 \text{ В};$$

$$\Delta U = U - U_0 = 4,95 - 6 = -1,05 \text{ В}.$$

**1196.**  $E = 10 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3,6 \cdot 10^7 \text{ Дж}$ ;  $m = 1 \text{ кг}$ ;  $k = 3 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл}$ ;  $U - ?$

$$E = UIt; m = kIt; E = U \frac{m}{k}; \quad U = \frac{kE}{m} = \frac{3 \cdot 10^{-7} \cdot 3,6 \cdot 10^7}{1} = 10,8 \text{ В}.$$

**1197.**  $P = 37 \text{ Вт}$ ;  $t = 50 \text{ мин} = 3 \cdot 10^3 \text{ с}$ ;  $m = 0,3 \text{ г} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$ ;

$k = 10^{-8} \text{ кг/Кл}$ ;  $R - ?$ ;  $P = UI$ ;

$$R = \frac{U}{I} = \frac{P}{I^2}; I = \frac{m}{kt}; \quad R = P \left( \frac{kt}{m} \right)^2 = 37 \cdot \left( \frac{10^{-8} \cdot 3 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^{-4}} \right)^2 = 0,37 \text{ Ом}.$$

**1198.**  $E = 5 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 1,8 \cdot 10^7 \text{ Дж}$ ;  $U = 10 \text{ В}$ ;  $\eta = 75\% = 0,75$ ;

$k = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл}$ ;  $m - ?$

$$E = UIt; I = \eta \frac{E}{Ut}; m = kIt = \eta k \frac{E}{U} = \frac{0,75 \cdot 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot 1,8 \cdot 10^7}{10} \approx 0,44 \text{ кг}.$$

**1199.** При ионизации растворов молекулы распадаются на ионы, при ионизации газов – на ионы и электроны.

**1200.** Наступает динамическое равновесие: сколько ионов появляется, столько же и рекомбинирует в нейтральные молекулы или атомы.

**1201.** Для дугового разряда нужна высокая температура, для искрового – высокое напряжение.

**1202.** Тонкостенную надо присоединить к минусу.

**1203.** Если охладить отрицательный уголь, то дуговой разряд прекратится из-за прекращения термоэлектронной эмиссии. Если охладить положительный уголь, то дуговой разряд не прекратится.

**1204.** Из-за изменения концентрации свободных зарядов.

**1205.** Так как ток насыщения на АВ не зависит от напряжения, то он зависит от действия ионизатора.

**1206.** Не изменится, так как не зависит от напряжения.

**1207.** Не наступит.

**1208.**  $U = 6 \text{ кВт} = 6 \cdot 10^3 \text{ Вт}$ ;  $E = 3 \text{ МВ/м} = 3 \cdot 10^6 \text{ В/м}$ ;  $d - ?$

$$U = Ed; d = \frac{U}{E} = \frac{6 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^6} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

**1209.**  $v = 1,83 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ ;  $E = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$ ;  $U - ?$

$$E = \frac{mv^2}{2} + eU;$$

$$U = \frac{1}{e} \left( E - \frac{mv^2}{2} \right) = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-9}} \left( 2,18 \cdot 10^{-18} - \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,83^2 \cdot 10^{12}}{2} \right) \approx 4,1 \text{ В.}$$

**1210.**  $n = 10^9 \text{ c}^{-1}/\text{cm}^3 = 10^{15} \text{ c}^{-1}/\text{M}^3$ ;  $S = 100 \text{ cm}^2 = 10^{-2} \text{ M}^2$ ;  
 $d = 5 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ ;  $I = ?$

$$I = \frac{q}{t} = nSde = 10^{15} \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 8 \cdot 10^{-8} \text{ А.}$$

**1211.**  $I = 2 \cdot 10^{-7} \text{ МА} = 2 \cdot 10^{-10} \text{ А}$ ;  $S = 1 \text{ дм}^2 = 10^{-2} \text{ M}^2$ ;  
 $d = 5 \text{ мм} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ ;  $n = ?$

$$n = \frac{I}{Sde} = \frac{2 \cdot 10^{-10}}{10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,5 \cdot 10^{13} \text{ c}^{-1}/\text{M}^3.$$

**1212.**  $S = 100 \text{ cm}^2 = 10^{-2} \text{ M}^2$   $I = 10^{-10} \text{ А}$ ;  $n = 12,5 \cdot 10^6 \text{ c}^{-1}/\text{cm}^3$   
 $= 1,25 \cdot 10^{13} \text{ c}^{-1}/\text{M}^3$ ;  $d = ?$

$$d = \frac{I}{nSl} = \frac{10^{-10}}{1,25 \cdot 10^{13} \cdot 10^{-2} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

**1213.**  $W = 2,4 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$ ;  $\lambda = 5 \text{ мкм} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ ;  $E = ?$   $v = ?$

$$E = \frac{W}{e\lambda} = \frac{2,4 \cdot 10^{-18}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = 3 \cdot 10^6 \text{ В/с};$$

$$W = \frac{mv^2}{2}; \quad v = \sqrt{\frac{2W}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,4 \cdot 10^{-18}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 2,3 \cdot 10^6 \text{ м/с.}$$

**1214.**  $d = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ M}$ ;  $U = 600 \text{ В}$ ;  $W = 1,7 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$ ;  $\lambda = ?$

$$W = e \frac{U}{d} \lambda; \quad \lambda = \frac{dW}{eU} = \frac{0,1 \cdot 1,7 \cdot 10^{-18}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 600} \approx 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

**1215.**  $R = 1 \text{ кОм} = 10^3 \text{ Ом}$ ;  $C = 8 \text{ нФ} = 8 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$ ;  
 $d = 3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ ;  $n = 10^4 \text{ c}^{-1} \text{ cm}^{-3} = 10^{10} \text{ c}^{-1} \text{ M}^{-3}$ ;  $U = ?$

$$C = \frac{S\epsilon_0}{d}; \quad S = \frac{Cd}{\epsilon_0};$$

$$I = nSde = nC \frac{d^2}{\epsilon_0} e = 10^{10} \cdot 8 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{9 \cdot 10^{-6}}{8,85 \cdot 10^{-12}} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \approx 1,3 \cdot 10^{-11} \text{ А};$$

$$U = IR = 1,3 \cdot 10^{-11} \cdot 10^3 = 1,3 \cdot 10^{-8} \text{ В.}$$

**1216.** Вследствие очень большого падения напряжения на сопротивлении R.

**1217.** Около нуля ток равен нулю из-за того, что термоэлектронной эмиссии нет, так как мала температура. На следующем участке вместе с ростом температуры растет и ток, так как увеличивается число вылетевших в



единицу времени электронов. В дальнейшем наступает динамическое равновесие: сколько электронов вылетает, столько же и возвращается на катод лампы, то есть ток не зависит от температуры.

**1218.**  $I(T_3)$  принадлежит более высокотемпературному катоду,  $I(T_2)$  – среднему,  $I(T_1)$  – самому холодному. Около нулевого напряжения три графика совпадают из-за образования электронного облака около катода.

**1219.** По схеме а, потому что сетка имеет потенциал, равный потенциалу катода; по схеме б потенциалы сетки и анода совпадают.

**1220.** Для отклонения пучка электронов по вертикали и по горизонтали. Их можно заменить двумя катушками индуктивности, и отклонять пучок магнитным полем.

**1221.**  $l = 240 \text{ м}$ ;  $N = 10^{11}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ ;  $I = ?$

$$I = \frac{q}{t} = \frac{Ne}{\frac{l}{c}} = \frac{Nec}{l} = \frac{10^{11} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^8}{240} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ А.}$$

**1222.**  $A = 6,9 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ ;  $v = ?$

$$\frac{mv^2}{2} = A; \quad v = \sqrt{\frac{2A}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,9 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 1,23 \cdot 10^6 \text{ м/с.}$$

**1223.**  $E = 100 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$ ;  $v = ?$

$$\frac{mv^2}{2} = E; \quad v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-17}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 6 \cdot 10^6 \text{ м/с.}$$

**1224.**  $v = 8 \text{ Мм/с} = 8 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ ;  $U = ?$

$$eU = \frac{mv^2}{2}; \quad U = \frac{mv^2}{2e} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 64 \cdot 10^{12}}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 182 \text{ В.}$$

**1225.** Сила тока одинакова в лампе и полупроводниках.

**1226.**  $I = 50 \text{ мА} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ А}$ ;  $n = ?$

$$n = \frac{I}{e} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 3,1 \cdot 10^{17} \text{ 1/с.}$$

**1227.** Напряжение колеблется от 44 В до 50 В. На рисунке не расставлены точки А, В, С, D, на другие вопросы задачи ответить невозможно.

**1228.**  $U = 16 \text{ кВ} = 1,6 \cdot 10^4 \text{ В}$ ;  $l = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$ ;  $t = ?$

По закону сохранения энергии

$$eU = \frac{mv^2}{2}; \quad v = \sqrt{\frac{2eU}{m}};$$

$$t = \frac{l}{v} = l \sqrt{\frac{m}{2eU}} = 0,3 \cdot \sqrt{\frac{9,1 \cdot 10^{-31}}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,6 \cdot 10^{-4}}} \approx 4 \cdot 10^{-9} \text{ с.}$$

**1229.**  $S_x = 0,2 \text{ мм/В}$ ;  $S_y = 0,28 \text{ мм/В}$ ;  $l = 50 \text{ мм}$ ;

$U_x = ?$   $U_y = ?$

$$I = S_y U_y; U_y = \frac{I}{S_y} = \frac{50}{0,28} \approx 179 \text{ В}; I = S_x U_x; U_x = \frac{I}{S_x} = \frac{50}{0,2} \approx 250 \text{ В}.$$

$$1230. E_K = 8 \text{ кэВ} = 1,28 \cdot 10^{-15} \text{ Дж}; x = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м};$$

$$l = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}; y = 0,8 \text{ см} = 0,008 \text{ м}; U = ?$$

$$v_x = \sqrt{\frac{2E_K}{m}}; t = \frac{x}{v_x} = \sqrt{\frac{m}{2E_K}} = \frac{Uex^2}{4IE_K};$$

$$U = \frac{4lyE_K}{ex^2} = \frac{4 \cdot 1,28 \cdot 10^{-15} \cdot 0,02 \cdot 0,008}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 16 \cdot 10^{-4}} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ В}.$$

$$1231. U = 5 \text{ кВ} = 5 \cdot 10^3 \text{ В}; x = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м};$$

$$E = 40 \text{ кВ/м} = 4 \cdot 10^3 \text{ В/м}; y = ?$$

$$IU = \frac{mv_x^2}{2}; t = \frac{x}{v_x} = x \sqrt{\frac{m}{2IU}}; ma = El; a = E \cdot \frac{1}{m};$$

$$y = \frac{at^2}{2} = \frac{1}{2} E \frac{1}{m} x^2 \frac{m}{2IU} = \frac{1}{4} \cdot \frac{E}{U} x^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{4 \cdot 10^4}{5 \cdot 10^3} \cdot 25 \cdot 10^{-4} = 0,005 \text{ м} = 5 \text{ мм}.$$

1232. Дырка может быть и нейтральной.

1233. Потому что происходит и рекомбинация.

1234. Дырочную проводимость создают введением примеси с валентностью, меньшей на единицу; акцепторную – примесью с валентностью, большей на единицу.

1235. Во всех случаях электронной.

1236. а) электронным; б) дырочным.

1237. Валентность As – V, валентность In – III. В итоге на два атома приходится 8 валентных электронов, как у Ge или Si. Таким образом, в In As будет собственная проводимость типа собственной и Ge, и Si. При увеличении индия проводимость будет дырочной, мышьяка – электронной.

1238. При прямом токе движутся основные носители заряда, при обратном – неосновные. Так как концентрация основных носителей заряда больше, чем неосновных, то и прямой ток будет больше обратного.

$$1239. n_e = 3 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}; \rho = 5400 \text{ кг/м}^3;$$

$$\mu = 0,073 \text{ кг/моль} = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}; \frac{N_e}{N_a} = ?$$

$$\frac{N_e}{N_a} = \frac{n_e}{n_a}; n_a = \frac{N_A \rho}{\mu}, \text{ где } N_A - \text{число Авогадро}.$$

$$\frac{N_e}{N_a} = \frac{n_e \mu}{N_A \rho} = \frac{3 \cdot 10^{19} \cdot 7,3 \cdot 10^{-2}}{6 \cdot 10^{23} \cdot 5400} \approx 6,8 \cdot 10^{-10}.$$

$$1240. n_e = 10^{14} \text{ см}^{-3} = 10^{20} \text{ м}^{-3}; \rho = 5400 \text{ кг/м}^3;$$

$$\mu = 0,073 \text{ кг/моль} = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}; \frac{n_e}{n_a} = ?$$

$$n_a = N_A \frac{\rho}{\mu}; \quad \frac{n_e}{n_a} = \frac{n_e \mu}{N_A \rho} = \frac{10^{20} \cdot 7,3 \cdot 10^{-2}}{6 \cdot 10^{23} \cdot 5,4 \cdot 10^3} = 2,3 \cdot 10^{-9}.$$

$$1241. \quad \frac{n_e}{n_a} = 2 \cdot 10^{-8} \% = 2 \cdot 10^{-10};$$

$$\rho = 2,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3; \mu = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}; \quad n_e = ?$$

$$n_a = \frac{N_A}{\rho \mu}; \quad \frac{n_e}{n_a} = \frac{n_e \mu}{N_A \rho}; \quad n_e = \frac{n_e}{n_a} \frac{N_A \rho}{\mu} = 2 \cdot 10^{-10} \frac{6 \cdot 10^{23} \cdot 2,3 \cdot 10^3}{2,8 \cdot 10^{-2}} \approx 10^{19} \text{ м}^{-3}.$$

$$1242. \quad n = 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3} = 5 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}; \quad \frac{m_{Al}}{m_{Si}} = ?$$

$$m_{Si} = V \rho_{Si}; \quad m_{Al} = n V \frac{\mu_{Al}}{N_A};$$

$$\frac{m_{Al}}{m_{Si}} = \frac{n \mu_{Al}}{\rho_{Si} N_A} = \frac{5 \cdot 10^{22} \cdot 2,7 \cdot 10^{-2}}{2,3 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 10^{23}} \approx 9,7 \cdot 10^{-7} \approx 9,7 \cdot 10^{-5} \%.$$

$$1243. \quad R = 1 \text{ кОм} = 10^3 \text{ Ом}; \quad U = 20 \text{ В}; \quad I_1 = 5 \text{ мА} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ А};$$

$$I_2 = 10 \text{ мА} = 10^{-2} \text{ А}; \quad \frac{R_2}{R_1} = ?; \quad \begin{cases} U = I_1(R + R_1); \\ U = I_2(R + R_2); \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_1 = \frac{U}{I_1} - R; \\ R_2 = \frac{U}{I_2} - R; \end{cases}; \quad \frac{R_2}{R_1} = \frac{\frac{U}{I_2} - R}{\frac{U}{I_1} - R} = \frac{\frac{20}{10^{-2}} - 10^{-3}}{\frac{20}{5 \cdot 10^{-3}} - 10^{-3}} = \frac{1}{3} \approx 0,33.$$

$$1244. \quad U = 18 \text{ В}; \quad I_1 = 10 \text{ мА} = 10^{-2} \text{ А}; \quad I_2 = 5 \text{ мА} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ А};$$

$$I_3 = 2 \text{ мА} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ А}; \quad T_1 = ? \quad T_2 = ? \quad T_3 = ? \quad I_{\max} = ?$$

$$I_{\max} = \frac{U}{R_{\min}}; \quad R_{\min} = 1,5 \text{ кОм} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ Ом};$$

$$I_{\max} = \frac{18}{1,5 \cdot 10^3} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ А}.$$

$R_{\min}$  определен из графика

$$R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{18}{10^{-2}} = 1800 \text{ Ом} = 1,8 \text{ кОм}; \quad T_1 \approx 85^\circ \text{C};$$

$$R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{18}{5 \cdot 10^{-3}} = 3600 \text{ Ом} = 3,6 \text{ кОм}; \quad T_2 \approx 70^\circ \text{C};$$

$$R_3 = \frac{U}{I_3} = \frac{18}{2 \cdot 10^{-3}} = 9000 \text{ Ом} = 9 \text{ кОм}; \quad T_3 \approx 25^\circ \text{C}.$$

**1245.**  $R_1 = 25 \text{ кОм}; R = 5 \text{ кОм}; \frac{R_2}{R_1} = ?$

$$\begin{cases} U = I(R + R_1); \\ U = 4I(R + R_1); \end{cases}; \quad \frac{R + R_1}{R + R_2} = 4; \quad R_2 = \frac{1}{4}(R_1 - 3R);$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{4R_1}{R_1 - 3R} = \frac{4 \cdot 25}{25 - 3 \cdot 5} = 10.$$

**1246.** Из графика видно, что при постоянной температуре  $I \sim U$ , т. е. закон Ома выполняется. У освещенного фоторезистора  $R$  меньше, чем у неосвещенного, т.е. график зависимости  $I$  от  $U$  для освещенного фоторезистора – это график II.

$$\frac{R_{II}}{R_I} = \frac{\frac{U}{3I}}{\frac{U}{I}} = \frac{1}{3} \approx 0,33$$

**1247.** Сопротивление для случая II больше, чем для I. В случае I закон Ома не выполняется, в случае II – выполняется.

**1248.** В индуктивности запасается энергия магнитного поля, в емкости – энергия электрического поля. Между емкостью и индуктивностью происходит непрерывный обмен энергией.

**1249.** Увеличится затухание, уменьшится частота колебаний; при большом активном сопротивлении колебания не возникнут, а будет аperiodическое уменьшение амплитуды.

**1250.** При отсутствии сопротивления или при подпитке энергией.

**1251.** Для изменения частоты колебаний.

**1252.**  $C \sim \frac{1}{d}; \omega \sim \frac{1}{\sqrt{C}} \sim \sqrt{d}$ . Значит, частота увеличится.

**1253.**  $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \omega_2 = \frac{1}{\sqrt{\frac{L}{3} \cdot 3C}} = \omega_1$ ; Частота не изменится.

**1254.**  $\omega = \frac{1}{\sqrt{\frac{L}{3} \cdot 3C}}$

**1255.**  $L = 2,5 \text{ мГн} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}; C = 1,5 \text{ мкФ} = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}; T = ?$

$$T = 2\pi\sqrt{LC} = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^{-6}} = 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ с.}$$

**1256.**  $\nu = 10 \text{ кГц} = 10^4 \text{ Гц}; C = 0,1 \text{ мкФ} = 10^{-7} \text{ Ф}; L = ?$

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}; L = \frac{1}{4\pi^2 \nu^2 C} = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 10^8 \cdot 10^{-7}} \approx 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

$$1257. C = 2 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}; T = 10^{-3} \text{ с}; L - ?$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC}; L = \frac{T^2}{4\pi^2 C} = \frac{10^{-6}}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 1,15 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}.$$

$$1258. L = 5,1 \text{ мГн} = 5,1 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}; v = 10 \text{ МГц} = 10^7 \text{ Гц}; C - ?$$

$$v = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}; C = \frac{1}{4\pi^2 v^2 L} = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 10^{14} \cdot 5,1 \cdot 10^{-6}} \approx 5 \cdot 10^{-11} \text{ Ф}.$$

$$1259. \varepsilon = 7; d = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \Delta = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}; L = 0,02 \text{ Гн}; v - ?$$

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{\Delta} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \pi d^2}{4\Delta}; v = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \pi d^2}{4\Delta}}} =$$

$$= \frac{1}{\pi d} \cdot \sqrt{\frac{\Delta}{\varepsilon \varepsilon_0 \pi L}} = \frac{1}{3,14 \cdot 8 \cdot 10^{-2}} \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-3}}{7 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 3,14 \cdot 0,02}} \approx 1,4 \cdot 10^5 \text{ Гц}.$$

$$1260. L = 0,003 \text{ Гн}; r = 1,2 \text{ см} = 0,012 \text{ м}; \Delta = 0,3 \text{ мм} = 0,0003 \text{ м}; \varepsilon = 4; T_1, T_2 - ?$$

$$S = \pi r^2; C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{\Delta} = \frac{\varepsilon_0 \pi r^2}{\Delta}; T_1 = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{\frac{\pi \varepsilon_0 L}{\Delta}} =$$

$$= 3,14 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-4}}} \approx 1,12 \cdot 10^{-6} \text{ с};$$

$$C_2 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{\Delta} = \varepsilon C_1; T_2 = 2\pi\sqrt{LC_2} = 2\pi\sqrt{C_1 L} \cdot \sqrt{\varepsilon} = T_1 \sqrt{\varepsilon} =$$

$$= 1,26 \cdot 10^{-6} = 2,52 \cdot 10^{-6} \text{ с}.$$

$$1261. L = 30 \text{ мкГн} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ Гн}; S = 0,01 \text{ м}^2; \Delta = 0,1 \text{ мм} = 10^{-4} \text{ м}; v = 400 \text{ кГц} = 4 \cdot 10^5 \text{ Гц}; \varepsilon - ?$$

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{\Delta}; v = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{\Delta}{\varepsilon \varepsilon_0 S L}}};$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{4\pi^2 \varepsilon_0 S L v^2} = \frac{10^{-4}}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,01 \cdot 3 \cdot 10^{-5}} \approx 6.$$

$$1262. v_1 = 400 \text{ Гц}; v_2 = 500 \text{ Гц}; L = 16 \text{ мГн} = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}; C_1 - ? C_2 - ?$$

$$v_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}}; C_1 = \frac{1}{4\pi^2 v_1^2 L} = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 400^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-2}} = 10^{-5} \text{ Ф}.$$

$$\text{Аналогично, } C_2 = \frac{1}{4\pi^2 v_2^2 L} = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 500^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-2}} = 6,3 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}.$$

$$1263. v_1 = 400 \text{ Гц}; v_2 = 500 \text{ Гц}; C = 10 \text{ мкФ} = 10^{-5} \text{ Ф}; L_1 - ? L_2 - ?$$

$$v_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL_1}}; L_1 = \frac{1}{4\pi^2 v_1^2 C} = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 400^2 \cdot 10^{-5}} = 1,56 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}.$$

$$\text{Аналогично, } L_2 = \frac{1}{4\pi^2 \nu_2^2 C} = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 500^2 \cdot 10^{-5}} = 10^{-2} \text{ Гн.}$$

$$\mathbf{1264.} \quad L = 4 \text{ Гн; } C = 1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф; } q = 100 \text{ мкКл} = 10^{-4} \text{ Кл;}$$

$$q(t) - ? \quad i(t) - ? \quad U(t) - ?$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 10^{-6}}} = 500 \text{ с}^{-1}; \quad q(t) = q_0 \cos \omega_0 t = 10^{-4} \cos 500t;$$

$$i(t) = q'(t) = -q_0 \omega_0 \sin \omega_0 t = 5 \cdot 10^{-2} \sin 500t;$$

$$U(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{q_0}{C} \cos \omega_0 t = 100 \cos 500t.$$

$$\mathbf{1265.} \quad q = 2 \cdot 10^{-6} \cos(10^4 \pi t); \quad q_0 - ? \quad T - ? \quad \omega - ? \quad u(t) - ? \quad i(t) - ? \quad v - ?$$

$$q_0 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл; } \omega = 10^4 \pi \text{ с}^{-1}; \quad v = \frac{\omega}{2\pi} = 5 \cdot 10^3 \text{ Гц; } T = \frac{1}{v} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ с;}$$

$$i(t) = q'(t) = -q_0 \omega \sin \omega t = -2 \cdot 10^{-2} \pi \sin 10^4 \pi t;$$

$$u(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{q_0}{C} \cos \omega t = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{C} \cos 10^4 \pi t,$$

где  $C$  – емкость конденсатора в контуре.

$$\mathbf{1266.} \quad C = 1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф; } U = 100 \cos 500t; \quad U_0 - ? \quad T - ? \quad v - ? \quad \omega - ?$$

$$q_0 - ? \quad L - ? \quad L_0 - ? \quad q(t) - ? \quad i(t) - ?$$

$$U_0 = 100 \text{ В; } \omega = 500 \text{ с}^{-1}; \quad v = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{250}{\pi} \text{ Гц; } T = \frac{1}{v} = \frac{\pi}{250} \text{ с;}$$

$$q_0 = U_0 C = 100 \cdot 10^{-6} = 10^{-4} \text{ Кл;}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{500^2 \cdot 10^{-6}} = 4 \text{ Гн;}$$

$$q(t) = q_0 \cos \omega t = 10^{-4} \cos 500t;$$

$$i(t) = q'(t) = -q_0 \omega \sin \omega t = 5 \cdot 10^{-2} \sin 500t; \quad i_0 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ А.}$$

$$\mathbf{1267.} \quad L = 10 \text{ мГн} = 10^{-2} \text{ Гн; } i = 0,01 \sin(10^4 \pi t);$$

$$i_0 - ? \quad T - ? \quad v - ? \quad \omega - ? \quad u_0 - ? \quad C - ? \quad q(t) - ? \quad u(t) - ?$$

$$i_0 = 0,01 \text{ А; } \omega = 10^4 \pi \text{ 1/с; } v = \frac{\omega}{2\pi} = 5 \cdot 10^3 \text{ Гц;}$$

$$T = \frac{1}{v} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ с; } i(t) = i_0 \sin \omega t;$$

$$q(t) = \int i(t) dt = -\frac{i_0}{\omega} \cos \omega t = -\frac{10^{-6}}{\pi} \cos 10^4 \pi t; \quad q_0 = \frac{10^{-6}}{\pi} \text{ Кл;}$$

$$\omega^2 LC = 1; \quad C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{(10^4 \pi)^2 10^{-2}} \approx 10^{-7} \text{ Ф; } u_0 = \frac{q_0}{C} = \frac{10^{-6}}{\pi \cdot 10^{-7}} = \frac{10}{\pi} \text{ В;}$$

$$u = u_0 \cos \omega t = \frac{10}{\pi} \cos(10^4 \pi t).$$

$$\mathbf{1268.} \quad L = 5 \text{ мкГн} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}; \quad C = 1330 \text{ пФ} = 1,33 \cdot 10^{-9} \text{ Ф};$$

$$U_0 = 1,2 \text{ В}; \quad N = 28; \quad I_0 = ? \quad \Phi_0 = ?$$

Из закона сохранения энергии:

$$\frac{LI_0^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2}; \quad I_0 = U_0 \sqrt{\frac{C}{L}} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{1,33 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-6}}} \approx 0,02 \text{ А};$$

$$\Phi_0 = \frac{LI_0}{N} = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{28} \approx 3,6 \cdot 10^{-9} \text{ Вб}.$$

$$\mathbf{1269.} \quad C = 25 \text{ нФ} = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}; \quad L = 1,015 \text{ Гн};$$

$$q_0 = 2,5 \text{ мкКл} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}; \quad U(t) = ? \quad I(t) = ?$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{2,5 \cdot 10^{-8} \cdot 0,015}} \approx 6,28 \cdot 10^3 \text{ Гц} \approx 2\pi \cdot 10^3 \text{ Гц};$$

$$q(t) = q_0 \cos \omega t = 2,5 \cdot 10^{-6} \cos 2\pi \cdot 10^3 t;$$

$$U(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{q_0}{C} \cos \omega t = \frac{2,5 \cdot 10^{-6}}{2,5 \cdot 10^{-8}} \cos 2\pi \cdot 10^3 t = 100 \cos 2\pi \cdot 10^3 t;$$

$$I(t) = q'(t) = -\omega q_0 \sin \omega t = -2\pi \cdot 10^3 \cdot 2,5 \cdot 10^{-6} \sin 2\pi \cdot 10^3 t =$$

$$= -5\pi \cdot 10^{-3} \sin 2\pi \cdot 10^3 t \approx -1,57 \cdot 10^{-2} \sin 2\pi \cdot 10^3 t.$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 10^{-3} \text{ с};$$

$$U\left(\frac{T}{8}\right) = 100 \cos 2\pi \cdot 10^3 \cdot \frac{10^{-3}}{8} = 100 \cos \frac{\pi}{4} = 100 \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 71 \text{ В};$$

$$U\left(\frac{T}{4}\right) = 100 \cos 2\pi \cdot 10^3 \cdot \frac{10^{-3}}{4} = 100 \cos \frac{\pi}{2} = 0;$$

$$U\left(\frac{T}{2}\right) = 100 \cos 2\pi \cdot 10^3 \cdot \frac{10^{-3}}{2} = 100 \cos \pi = -100 \text{ В};$$

$$I\left(\frac{T}{8}\right) = -1,57 \cdot 10^{-2} \sin 2\pi \cdot 10^3 \cdot \frac{10^{-3}}{8} = -1,57 \cdot 10^{-2} \frac{\sqrt{2}}{2} \approx -1,1 \cdot 10^{-2} \text{ А};$$

$$I\left(\frac{T}{4}\right) = -1,57 \cdot 10^{-2} \sin 2\pi \cdot 10^3 \cdot \frac{10^{-3}}{4} = -1,57 \cdot 10^{-2} \text{ А};$$

$$I\left(\frac{T}{2}\right) = -1,57 \cdot 10^{-2} \sin 2\pi \cdot 10^3 \cdot \frac{10^{-3}}{2} = 0.$$

$$\mathbf{1270.} \quad C = 10 \text{ пФ} = 10^{-11} \text{ Ф}; \quad U = 100 \text{ В}; \quad E_{\text{эл}} = ? \quad E_{\text{м}} = ?$$

$$E_{\text{ЭЛ}} = \frac{CU^2}{2} = \frac{10^{-11} \cdot 100^2}{2} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ Дж.}$$

Из закона сохранения энергии:  $E_{\text{ЭЛ}} = E_{\text{М}} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ Дж.}$

**1271.**  $C = 10 \text{ мкФ} = 10^{-5} \text{ Ф}; U_0 = 400 \text{ В}; Q - ?$

$$E_1 = \frac{CU_0^2}{2}; E_2 = \frac{C\left(\frac{U_0}{2}\right)^2}{2} = \frac{CU_0^2}{8};$$

$$Q = E_1 - E_2 = \frac{CU_0^2}{2} \left(1 - \frac{1}{4}\right) = \frac{3CU_0^2}{8} = \frac{3 \cdot 10^{-5} \cdot 400^2}{8} = 0,6 \text{ Дж.}$$

**1272.**  $L = 0,2 \text{ Гн}; I_0 = 40 \text{ мА} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ А}; E_{\text{М}} - ? E_{\text{ЭЛ}} - ?$

$$E_{\text{М}} = \frac{L\left(\frac{I_0}{2}\right)^2}{2} = \frac{LI_0^2}{8} = \frac{0,2 \cdot 16 \cdot 10^{-4}}{8} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Дж};$$

$$E_{\text{ЭЛ}} = \frac{LI_0^2}{2} - E_{\text{М}} = \frac{LI_0^2}{2} \left(1 - \frac{1}{4}\right) = \frac{3LI_0^2}{8} = \frac{3 \cdot 0,2 \cdot 16 \cdot 10^{-4}}{8} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ Дж.}$$

**1273.**  $i = i_0 \sin \omega t; T = \frac{2\pi}{\omega}.$

$$E_0 = \frac{Li^2}{2}; i\left(\frac{T}{8}\right) = i_0 \frac{\sqrt{2}}{2}; E_{\text{М}} = \frac{Li_0^2 \cdot \frac{1}{2}}{2} = \frac{Li_0^2}{4};$$

$$E_{\text{ЭЛ}} = E_0 - E_{\text{М}} = \frac{Li_0^2}{4}; \frac{E_{\text{М}}}{E_{\text{ЭЛ}}} = 1.$$

**1274.**  $q = 10^{-6} \text{ Кл}; C = 0,01 \text{ мкФ} = 10^{-8} \text{ Ф}; Q - ?$

$$Q = E_0 = \frac{q^2}{2C} = \frac{10^{-12}}{2 \cdot 10^{-8}} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Дж.}$$

**1275.**  $L = 28 \text{ мкГн} = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ Гн}; R = 1 \text{ Ом}; C = 2222 \text{ пФ} = 2,222 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}; U_0 = 5 \text{ В}; P - ?$

$$P = I^2 R = \frac{I_0^2 R}{2}; q_0 = U_0 C; I_0 = \frac{q_0}{\sqrt{LC}} = U_0 \sqrt{\frac{C}{L}};$$

$$P = \frac{U_0^2 C}{2 L} R = \frac{25}{2} \cdot \frac{2,222 \cdot 10^{-9}}{2,8 \cdot 10^{-5}} \cdot 1 = 10^{-3} \text{ Дж.}$$

**1276.**  $C_1 = 10^{-6} \text{ Ф}; v_1 = 400 \text{ Гц}; v_2 = 100 \text{ Гц}; C_2 - ?$

При резонансе частота вынуждающей силы равна частоте свободных колебаний в контуре.



$$2\pi v_1 = \frac{1}{\sqrt{LC_1}}; L = \frac{1}{4\pi^2 C_1 v_1^2};$$

$$2\pi v_2 = \frac{1}{\sqrt{L(C_1 + C_2)}} = \frac{2\pi v_1}{\sqrt{\frac{C_1 + C_2}{C_1}}};$$

$$v_2 = v_1 \sqrt{\frac{C_1}{C_1 + C_2}}; C_2 = C_1 \left( \frac{v_1^2}{v_2^2} - 1 \right) = 10^{-6} \left( \frac{400^2}{100^2} - 1 \right) = 15 \cdot 10^{-6} \text{ Ф.}$$

$$1277. S = 400 \text{ см}^2 = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2; N = 100; B = 10^{-2} \text{ Тл}; T = 0,1 \text{ с}; \varepsilon_0 - ?$$

$$\Phi = NBS \cos \omega t = NBS \cos 2\pi \frac{t}{T};$$

$$\varepsilon = \Phi'(t) = -NBS \frac{2\pi}{T} \sin 2\pi \frac{t}{T}; \varepsilon = -\varepsilon_0 \sin 2\pi \frac{t}{T};$$

$$\varepsilon_0 = NBS \frac{2\pi}{T} = 100 \cdot 10^{-2} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{2 \cdot 3,14}{0,2} \approx 2,5 \text{ В.}$$

$$1278. v = 50 \text{ Гц}; S = 100 \text{ см}^2 = 10^{-2} \text{ м}^2; B = 0,3 \text{ Тл};$$

$$\varphi_1 = 0^\circ; \varphi_2 = 30^\circ; \Phi_1(t) - ? \Phi_2(t) - ? \varepsilon_0 - ?$$

$$\text{В общем случае } \Phi = BS \cos \varphi; \varphi = \frac{\pi}{2} + \varphi_1; \varphi = \frac{\pi}{2} + \varphi_2;$$

$$\Phi_1(t) = BS \cos(2\pi vt + \frac{\pi}{2}) = BS \sin 2\pi vt;$$

$$\Phi_2(t) = BS \cos(2\pi vt + \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{6}) = BS \sin(2\pi vt + \frac{\pi}{6});$$

$$\Phi_1(t) = 0,2 \cdot 10^{-2} \sin(2\pi \cdot 50 \cdot t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin 100\pi t;$$

$$\Phi_2(t) = 0,2 \cdot 10^{-2} \sin(2\pi \cdot 50 \cdot t + \frac{\pi}{6}) = 2 \cdot 10^{-3} (\sin 100\pi t + \frac{\pi}{6});$$

$$\varepsilon_0 = 2\pi vBS = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,2 \cdot 10^{-2} = 0,628 \text{ В.}$$

$$1279. N = 200; S = 300 \text{ см}^2 = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2; B = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ Тл};$$

$$t_0 = 0,01^\circ \text{ C}; \varepsilon_0 = 7,2 \text{ В}; \varepsilon(t_0) - ?$$

$$\Phi = NSB; \varepsilon_0 = \omega NBS; \omega = \frac{NSB}{\varepsilon_0};$$

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \sin \omega t = \varepsilon_0 \sin \frac{\varepsilon_0}{NBS} t;$$

$$\varepsilon(t_0) = \varepsilon_0 \sin \frac{\varepsilon_0}{NBS} t_0 = 7,2 \cdot \sin \frac{7,2}{200 \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} \cdot 3 \cdot 10^{-2}} \cdot 0,01 \approx 5 \text{ В.}$$

**1280.**  $v = 10 \text{ об/с} = 10 \text{ Гц};$

$\varepsilon_0 = 3 \text{ В}; \Phi_0 - ?$

$$\varepsilon_0 = 2\pi v \Phi_0; \Phi_0 = \frac{\varepsilon_0}{2\pi v} = \frac{3}{2 \cdot 3,14 \cdot 10} = 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ Вб.}$$

**1281.**  $S = 300 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2; N = 200; B = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}; \varepsilon_0 = 14,4 \text{ В}; T - ?$

$$\varepsilon_0 = \Phi_0 \omega = NBS \frac{2\pi}{T}; T = \frac{2\pi NBS}{\varepsilon_0} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 200 \cdot 3 \cdot 10^{-2} \cdot 1,5 \cdot 10^{-2}}{14,4} \approx 4 \cdot 10^{-2} \text{ с.}$$

**1282.**  $U = 308 \cos 314t \text{ (В)}; U_0 - ? T - ? v - ? \omega - ?$

$U(0,005 \text{ с}) - ? U(0,01 \text{ с}) - ?$

$U_0 = 308 \text{ В}; \omega = 314 \text{ с}^{-1};$

$$v = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{314}{6,28} = 50 \text{ Гц}; T = \frac{1}{v} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ с};$$

$U(0,005 \text{ с}) = 308 \cos(314 \cdot 0,005) \approx 0;$

$U(0,01 \text{ с}) = 308 \cos(314 \cdot 0,01) \approx -1 \text{ В.}$

**1283.** а)  $I_0 = 0,5 \text{ А};$  б)  $T = 0,04 \text{ с};$  в)  $v = \frac{1}{T} = 25 \text{ Гц}; \omega = 2\pi v = 50\pi \text{ с}^{-1};$

г)  $i = 0,5 \cos 50\pi t \text{ (А).}$

**1284.** а)  $U_0 = 178 \text{ В};$  б)  $T = 0,01 \text{ с};$  в)  $v = \frac{1}{T} = 100 \text{ Гц}; \omega = 2\pi v = 200\pi \text{ с}^{-1};$

г)  $U = U_0 \cos 200\pi t \text{ (В).}$

**1285.**  $U = 60 \sin(314t + 0,25); i = 15 \sin 314t; t = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ с};$

$\varphi - ? U(t) - ? i(t) - ?$

$\varphi = 0,25; U(t) = -46,1 \text{ В}; i(t) = -8,8 \text{ А.}$

**1286.** Вольтметры разных типов измеряют амплитудное или действующее значение напряжения. Если вольтметр измеряет амплитуду напряжения, то накал будет меньше; если действующее значение – то таким же.

**1287.** В некоторые моменты напряжение будет достигать значения  $220\sqrt{2} \text{ В} \approx 311 \text{ В}$ , что больше  $250 \text{ В}$ . Значит, такой конденсатор включать нельзя.

**1288.**  $e = 120 \sin 628t - ? T - ?$

$$e_{\text{действ}} = \frac{120}{\sqrt{2}} \approx 86 \text{ В}; T = \frac{2\pi}{628} = \frac{6,28}{628} = 10^{-2} \text{ с.}$$

**1289.**  $i = 8,5 \sin(314t + 0,651) \text{ А}; e_{\text{действ}} - ? \varphi - ? v - ?$

$i(0,08 \text{ с}) - ? i(0,042 \text{ с}) - ?$

$$i_{\text{действ}} = \frac{8,5}{\sqrt{2}} \approx 6 \text{ В}; \varphi = 0,651; v = \frac{314}{2\pi} \approx 50 \text{ Гц};$$

$i(0,08 \text{ с}) \approx 5,1 \text{ А}; i(0,042 \text{ с}) \approx 8,1 \text{ А.}$

**1290.**  $v = 50 \text{ Гц}; i_{\text{действ}} = 2 \text{ А}; \varphi = 0; i(t) - ? t_0 - ? e_0 - ?$

$i_0 = \sqrt{2} i_{\text{действ}} = 2,82 \text{ А}; i = i_0 \cos 2\pi vt = 2,82 \cos 100\pi t \text{ А.}$

$$i(t) = i_{\text{действ}}/2 = \frac{i_0}{2\sqrt{2}}; \cos 100\pi t = \pm \frac{1}{2\sqrt{2}}.$$

$$t_0 = \frac{1}{100\pi} (\arccos \frac{1}{2\sqrt{2}} + 2\pi n) = \frac{1,21 + 2\pi n}{100\pi};$$

$$t_0 = \frac{1}{100\pi} (\pi - \arccos \frac{1}{2\sqrt{2}} + 2\pi n) = \frac{\pi - 1,21 + 2\pi n}{100\pi}.$$

$$1291. N = 45; B = 0,032 \text{ Тл}; S = 360 \text{ см}^2 = 3,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2;$$

$$\nu = 420 \text{ об/мин} = 7 \text{ Гц}; \epsilon_{\text{действ}} - ?$$

$$\epsilon_0 = NBS \cdot 2\pi\nu;$$

$$\epsilon_{\text{действ}} = \frac{\epsilon_0}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi\nu NBS}{\sqrt{2}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 7 \cdot 3,6 \cdot 10^{-2} \cdot 0,032}{1,41} \approx 1,7 \text{ В}.$$

1292.

$$I = \begin{cases} I_0, 0 \leq t < \frac{T}{8}; \\ 0, \frac{T}{8} \leq t < \frac{T}{2}; \\ -I_0, \frac{T}{2} \leq t < \frac{5T}{8}; \\ 0, \frac{5T}{8} \leq t < T. \end{cases}$$

$I_{\text{действ}} - ?$

$$Q = I_0^2 R \frac{T}{8} + I_0^2 R \frac{T}{8} = I_0^2 R \frac{T}{4} = (I_{\text{действ}})^2 RT; I_{\text{действ}} = \frac{I_0}{2}.$$

1293. Т.к. амплитудное напряжение в сети составляет  $127 \cdot \sqrt{2} \approx 180 \text{ В}$ , а  $180 \text{ В} > 150 \text{ В}$ , то неоновая лампа загорится.

$$1294. U_0 = U_{\text{действ}} \sqrt{2} \approx 168 \text{ В}; U = U_0 \cos 2\pi\nu t = 168 \cos 100\pi t.$$

Построим график  $U(t)$ .

$$168 \cos 100\pi t = -84; \cos 100\pi t = -\frac{1}{2}; 100\pi t = \pm(\pi - \frac{\pi}{3}) + 2\pi n = \pm \frac{2\pi}{3} + 2\pi n.$$

На промежутке  $[0; 2\pi]$  таких решений будет 2:

$$100\pi t_1 = \frac{2\pi}{3}; 100\pi t_2 = -\frac{2\pi}{3} + 2\pi = \frac{4\pi}{3};$$

$$t_1 = \frac{1}{150} \text{ с}; t_2 = \frac{2}{150} \text{ с}; \Delta t = 2(t_2 - t_1) = 2(\frac{2}{150} - \frac{1}{150}) = \frac{1}{75} \text{ с}.$$

1295. Ток будет течь через электролитическую ванну, т.к. раствор медного купороса – проводник. Медь на электродах выделяться почти не будет, потому что ионы не движутся прямолинейно, а колеблются с частотой, равной частоте переменного тока.

**1296.** Т.к. емкостное сопротивление обратно пропорционально емкости, то ток через место обрыва не потечет из-за очень малой емкости. У конденсатора емкость больше, поэтому ток через него потечет.

**1297.** Для переменного тока его сила будет меньше из-за самоиндукции.

**1298.** В цепях постоянного тока для уменьшения силы тока используется реостат с большим активным сопротивлением, который рассеивает энергию. Дроссель же за счет индуктивного сопротивления регулирует силу тока без рассеяния энергии.

**1299.** Т.к. из-за уменьшения числа витков уменьшается индуктивность, то уменьшается и магнитный поток. Из формулы  $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  следует, что  $\varepsilon$  будет увеличиваться.

**1300.** Для резонанса необходимо одновременное наличие в цепи емкости и индуктивности, а также источника переменного напряжения. Одновременно этим условиям удовлетворяют контура а) и е).

**1301.**  $U_{\text{действ}} = 220 \text{ В}$ ;  $R = 55 \text{ Ом}$ ;  $I_0 = ?$   $I_{\text{действ}} = ?$

$$I_{\text{действ}} = U_{\text{действ}}/R = \frac{220}{55} = 4 \text{ А}; I_0 = I_{\text{действ}} \sqrt{2} = 4 \cdot 1,41 = 5,64 \text{ А}.$$

**1302.**  $i(t) = 0,42 \cos 314t \text{ (А)}$ ;  $R = 500 \text{ Ом}$ ;  $U(t) = ?$

$$U(t) = Ri(t) = 0,42 \cdot 500 \cos 314t = 210 \cos 314t \text{ (В)}.$$

**1303.**  $I_0 = 10 \text{ А}$ ;  $R = 220 \text{ Ом}$ ;  $t = 1 \text{ ч} = 3600 \text{ с}$ ;  $Q = ?$

$$Q = I^2 R t = \left( \frac{I_0}{\sqrt{2}} \right)^2 R t = \frac{I_0^2}{2} R t = \frac{100}{2} \cdot 22 \cdot 3600 = 3,96 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

**1304.**  $U = 310 \sin \omega t \text{ (В)}$ ;  $R = 60 \text{ Ом}$ ;  $t = 1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$ ;  $Q = ?$

$$U_0 = 310 \text{ В}; Q = (U_{\text{действ}})^2 t / R = \frac{U_0^2}{2R} t = \frac{310^2}{2 \cdot 60} \cdot 60 \approx 4,8 \cdot 10^4 \text{ Дж}.$$

**1305.**  $P = 1 \text{ кВт} = 10^3 \text{ Вт}$ ;  $i(t) = ?$

Из графика найдем, что  $U(t) = 308 \cos 2\pi \frac{t}{T}$ , где  $T = 0,02 \text{ с}$ ;

$$U_0 = 308 \text{ В}; U_{\text{действ}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = \frac{308}{1,4} = 220 \text{ В}; P = U_{\text{действ}} I_{\text{действ}};$$

$$I_{\text{действ}} = \frac{P}{U_{\text{действ}}} = \frac{103}{220} \approx 4,5 \text{ А}; I_0 = I_{\text{действ}} \sqrt{2} \approx 6,4 \text{ А};$$

$$I = I_0 \cos 2 \frac{\pi t}{0,02} = 6,4 \cos 100\pi t \text{ (А)}.$$

**1306.** По графику определим, что  $U(t) = 90 \sin \omega t \text{ (В)}$ ,  $i(t) = 6 \sin \omega t \text{ (А)}$ .

$$P(t) = i(t)U(t) = 540 \sin^2 \omega t \text{ (Вт)}.$$

$$\langle P \rangle = \frac{P}{2} = 270 \text{ Вт}; A = \langle P \rangle t = 270 \cdot 3600 = 9,72 \cdot 10^5 \text{ Дж}.$$

**1307.**  $C = 250 \text{ мкФ} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ Ф}$ ;  $\nu_1 = 50 \text{ Гц}$ ;  $\nu_2 = 200 \text{ Гц}$ ;  $\nu_3 = 400 \text{ Гц}$ ;  
 $X_1 - ?$   $X_2 - ?$   $X_3 - ?$

$$X_1 = \frac{1}{2\pi \nu_1 C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 2,5 \cdot 10^{-4}} = 12,7 \text{ Ом};$$

$$X_2 = \frac{1}{2\pi \nu_2 C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 2,5 \cdot 10^{-4}} = 3,2 \text{ Ом};$$

$$X_3 = \frac{1}{2\pi \nu_3 C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 400 \cdot 2,5 \cdot 10^{-4}} = 1,6 \text{ Ом}.$$

**1308.**  $C = 10 \text{ мкФ} = 10^{-5} \text{ Ф}$ ;  $\nu = 50 \text{ Гц}$ ;  $U_{\text{действ}} = 220 \text{ В}$ ;

$U(t) - ?$   $i(t) - ?$   $q(t) - ?$

$$U_0 = U_{\text{действ}} \sqrt{2} \approx 220 \cdot 1,41 = 308 \text{ В};$$

$$I_0 = U_{\text{действ}} \sqrt{2} \cdot 2\pi \nu C = 220 \cdot 1,41 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 10^{-5} \approx 0,97 \text{ А};$$

$$q_0 = CU_{\text{действ}} \sqrt{2} \approx 10^{-5} \cdot 220 \cdot 1,41 \approx 3 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}.$$

$$\text{Если } U(t) = U_0 \cos \omega t = 308 \cos 100\pi t \text{ (В)}, \text{ то } I(t) = I_0 \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) =$$

$$= 0,97 \cos(100\pi t + \frac{\pi}{2}) \text{ (А)}; q = q_0 \cos \omega t = 3 \cdot 10^{-3} \cos 100\pi t \text{ (Кл)}.$$

**1309.**  $U = 220 \text{ В}$ ;  $\nu = 50 \text{ Гц}$ ;  $I = 2,5 \text{ А}$ ;  $C - ?$

$$\frac{1}{2\pi \nu C} = \frac{U}{I}; C = \frac{I}{2\pi \nu U} = \frac{2,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 220} \approx 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}.$$

**1310.**  $C = 0,1 \text{ мкФ} = 10^{-7} \text{ Ф}$ ;  $I_{\text{действ}} = 1,6 \text{ А}$ ;  $T = 0,2 \text{ мс} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ с}$ ;  $U_0 - ?$

$$U_0 = \frac{T}{2\pi C} I_{\text{действ}} \sqrt{2} \approx \frac{2 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7}} \cdot 1,6 \cdot 1,41 \approx 700 \text{ В}.$$

**1311.**  $C_1 = 0,2 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Ф}$ ;  $C_2 = 0,1 \text{ мкФ} = 10^{-7} \text{ Ф}$ ;  $U = 220 \text{ В}$ ;

$\nu = 50 \text{ Гц}$ ;  $I - ?$   $U_1 - ?$   $U_2 - ?$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}; C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2};$$

$$I = 2\pi \nu C U = 2\pi \nu \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} U = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 10^{-7} + 10^{-7}} \cdot 220 \approx 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ А}.$$

$$U_1 = \frac{I}{2\pi \nu C_1} = \frac{I}{2\pi \nu C_1} \cdot \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \cdot 2\pi \nu U = \frac{C_2 U}{C_1 + C_2} = \frac{10^{-7} \cdot 220}{2 \cdot 10^{-7} + 10^{-7}} \approx 73 \text{ В};$$

$$U_2 = U - U_1 = \frac{C_1 U}{C_1 + C_2} = \frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot 220}{2 \cdot 10^{-7} + 10^{-7}} \approx 147 \text{ В}.$$

**1312.**  $C = 800 \text{ мкФ} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ Ф}$ ;  $R = 30 \text{ Ом}$ ;  $U = 120 \text{ В}$ ;  $\nu = 50 \text{ Гц}$ ;

$$\frac{U_1}{U} - ? \quad \frac{U_2}{U} - ? \quad I - ? \quad U - ?$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}} = \frac{1}{\omega C} \sqrt{1 + \omega^2 C^2 R^2}; \quad U = IZ; I = \frac{U}{Z} = \frac{U \omega C}{\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R^2}};$$

$$U_1 = IR; U_2 = \frac{I}{\omega C};$$

$$\frac{U_1}{U} = \frac{IR}{IZ} = \frac{R}{Z} = \frac{R \omega C}{\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R^2}} = \frac{30 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 8 \cdot 10^{-4}}{\sqrt{1 + 4 \cdot 3,14^2 \cdot 9 \cdot 64 \cdot 10^{-8} \cdot 2500}} \approx 0,6;$$

$$\frac{U_2}{U} = 1 - \frac{U_1}{U} = 1 - 0,6 = 0,4;$$

$$I = \frac{U \omega C}{\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R^2}} = \frac{120 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 8 \cdot 10^{-4}}{\sqrt{1 + 9 \cdot 16 \cdot 3,14^2 \cdot 2500 \cdot 64 \cdot 10^{-8}}} \approx 24 \text{ A.}$$

Найдем сдвиг фаз между током и напряжением методом векторных диаграмм:

$$\operatorname{ctg} \varphi = \frac{U_R}{U_C} = \frac{IR}{\frac{I}{\omega C}} = \omega CR = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 8 \cdot 10^{-4} \cdot 3 \approx 0,75.$$

$$\mathbf{1313.} \quad U = 440 \text{ В}; \nu = 50 \text{ Гц}; I = 0,5 \text{ А}; U_1 = 110 \text{ В}; C - ?$$

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}}; U_1 = IR; R = \frac{U_1}{I}; I^2 = \frac{U^2}{\frac{U_1^2}{I^2} + \frac{1}{\omega^2 C^2}};$$

$$\frac{U_1^2}{I^2} + \frac{1}{\omega^2 C^2} = \frac{U^2}{I^2}, \omega = 2\pi\nu;$$

$$C = \frac{I}{2\pi\nu\sqrt{U^2 - U_1^2}} = \frac{0,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot \sqrt{440^2 - 110^2}} \approx 3,74 \cdot 10^{-6} \text{ Ф.}$$

**1314.** Из рисунка а) следует, что колебания тока опережают колебания напряжения на  $\pi/2$ . Значит, это цепь с конденсатором.

На рисунке б) напряжение опережает ток на  $\pi/2$ . Значит, это цепь с катушкой индуктивности.

$$\mathbf{1315.} \quad L = 35 \text{ мГн} = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}; \nu_1 = 60 \text{ Гц}; \nu_2 = 240 \text{ Гц}; \nu_3 = 480 \text{ Гц};$$

$$X_1 - ? \quad X_2 - ? \quad X_3 - ?$$

$$X_1 = 2\pi\nu_1 L = 2 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 3,5 \cdot 10^{-2} \approx 13,2 \text{ Ом};$$

$$X_2 = 2\pi\nu_2 L = 2 \cdot 3,14 \cdot 240 \cdot 3,5 \cdot 10^{-2} \approx 52,8 \text{ Ом};$$

$$X_3 = 2\pi\nu_3 L = 2 \cdot 3,14 \cdot 480 \cdot 3,5 \cdot 10^{-2} \approx 105,6 \text{ Ом.}$$

$$\mathbf{1316.} \quad U_0 = 160 \text{ В}; I_0 = 10 \text{ А}; \nu = 50 \text{ Гц}; L - ?$$

$$2\pi\nu L = \frac{U_0}{I_0}; L = \frac{U_0}{2\pi\nu I_0} = \frac{160}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 10} = 0,05 \text{ Гц.}$$

$$\mathbf{1317.} \quad X_L = 500 \text{ Ом}; U = 100 \text{ В}; \nu = 1000 \text{ Гц}; L - ? \quad I_0 - ?$$

$$X_L = L\omega = 2\pi L\nu; \quad L = \frac{X_L}{2\pi\nu} = \frac{500}{3 \cdot 3,14 \cdot 1000} \approx 7,9 \cdot 10^{-2} \text{ Гн};$$

$$I_0 = \frac{U_0}{X_L} = \frac{U\sqrt{2}}{X_L} = \frac{100 \cdot 1,41}{500} \approx 0,28 \text{ А.}$$

$$\mathbf{1318.} \quad L = 0,2 \text{ Гн}; U = 220 \text{ В}; \nu = 50 \text{ Гц}; i(t) - ?$$

$$U_0 = U\sqrt{2}; i_0 = \frac{U_0}{2\pi\nu L} = \frac{220}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,2} \approx 3,5 \text{ А};$$

$$i(t) = i_0 \cos(2\pi\nu t - \frac{\pi}{2}) = 3,5 \sin 100t \text{ (А).}$$

$$\mathbf{1319.} \quad L = 2 \text{ Гн}; R = 10 \text{ Ом}; U = 20 \text{ В}; \nu = 400 \text{ Гц}; I_1 - ? I_2 - ?$$

$$I_1 = \frac{U}{R} = \frac{20}{10} = 2 \text{ А};$$

$$I_2 = \frac{U}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \approx \frac{U}{L\omega} = \frac{U}{2\pi\nu L} = \frac{20}{2 \cdot 3,14 \cdot 400 \cdot 2} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ А.}$$

Это связано с тем, что возникает противоположно направленный индукционный ток.

$$\mathbf{1320.} \quad R = 15 \text{ Ом}; U = 120 \text{ В}; L = 50 \text{ мГн} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}; I_0 = 7 \text{ А}; \nu - ?$$

$$\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} = \frac{U\sqrt{2}}{I_0}; \omega = 2\pi\nu;$$

$$\nu = \frac{1}{2\pi L} \sqrt{\frac{2U^2}{I_0^2 - R^2}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 10^{-2}} \sqrt{\frac{2 \cdot 120^2}{49}} \approx 61 \text{ Гц.}$$

$$\mathbf{1321.} \quad L = 45 \text{ мГн} = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}; R = 10 \text{ Ом}; \nu = 50 \text{ Гц}; U = 220 \text{ В};$$

$$I - ? \varphi - ?$$

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + 4\pi^2 \nu^2 L^2}} =$$

$$= \frac{220}{\sqrt{100 + 4 \cdot 3,14^2 \cdot 2500 \cdot 25 \cdot 10^{-4}}} \approx 12,6 \text{ А.}$$

Найдем значение  $\varphi$  методом векторных диаграмм.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L}{U_R} = \frac{I\omega L}{IR} = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi\nu L}{R} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 4,5 \cdot 10^{-2}}{10} \approx 0,14.$$

$$\mathbf{1322.} \quad R = 10 \text{ Ом}; U = 127 \text{ В}; \nu = 50 \text{ Гц}; \varphi = 60^\circ = \pi/3; L - ?$$

$$U_R = U \cos \varphi; U_R I = P; I = \frac{P}{U_R} = \frac{P}{U \cos \varphi};$$

$$U_L = U \sin \varphi; U_L = I\omega L = U \sin \varphi; \quad \frac{P}{U \cos \varphi} \omega L = U \sin \varphi;$$

$$L = \frac{U^2 \sin^2 \varphi}{4\pi v P} = \frac{127^2 \cdot 0,87}{4 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 400} = 0,056 \text{ Гц.}$$

**1323.**  $R = 1 \text{ кОм} = 10^3 \text{ Ом}; L = 0,5 \text{ Гн}; C = 1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф};$   
 $v_1 = 50 \text{ Гц}; v_2 = 10 \text{ кГц} = 10^4 \text{ Гц}; X_{L1} - ? X_{L2} - ? X_{C1} - ? X_{C2} - ? Z_1 - ? Z_2 - ?$   
 $X_{L1} = 2\pi v_1 L_1 = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5 = 157 \text{ Ом};$

$$X_{C1} = \frac{1}{2\pi v_1 C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} \approx 3,18 \cdot 10^3 \text{ Ом};$$

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + (X_{L1} - X_{C1})^2} = \sqrt{10^6 + (1570 - 3180)^2} \approx 3,184 \text{ Ом};$$

$$X_{C2} = \frac{1}{2\pi v_2 C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 10^4 \cdot 10^{-6}} \approx 16 \text{ Ом};$$

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + (X_{L2} - X_{C2})^2} = \sqrt{10^6 + (3,14 \cdot 10^4 - 16)^2} \approx 3,14 \cdot 10^4 \text{ Ом}.$$

**1324.**  $v = 1000 \text{ Гц}; C = 0,1 \text{ мкФ} = 10^{-7} \text{ Ф}; L = 0,5 \text{ Гн};$   
 $Z_P - ? v' - ?$

$$Z_P = 2\pi v L - \frac{1}{2\pi v C} = 2 \cdot 3,14 \cdot 10^3 \cdot 0,5 - \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 10^3 \cdot 10^{-7}} \approx 1,55 \cdot 10^3 \text{ Ом};$$

$$2\pi v' L - \frac{1}{2\pi v' C} = 0; v' = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{10^{-7} \cdot 0,5}} \approx 712 \text{ Гц}.$$

**1325.**  $U = 220 \text{ В}; v = 50 \text{ Гц}; C = 35,4 \text{ мкФ} = 3,54 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}; R = 100 \text{ Ом};$   
 $L = 0,7 \text{ Гн}; I - ? U_R - ? U_L - ? U_C - ?$

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} =$$

$$= \frac{220}{\sqrt{10^4 + \left(2 \cdot 3,14 \cdot 0,7 \cdot 50 - \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 3,54 \cdot 10^{-5}}\right)^2}} = 1,34 \text{ А};$$

$$U_R = IR = 1,34 \cdot 100 = 134 \text{ В};$$

$$U_L = I\omega L = 1,34 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,7 \approx 295 \text{ В};$$

$$U_C = \frac{I}{\omega C} = \frac{1,34}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 3,54 \cdot 10^{-5}} = 121 \text{ Ом};$$

**1326.**  $U = 220 \text{ В}; R = 150 \text{ Ом}; L = 52 \text{ мГн} = 5,2 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}; v = 50 \text{ Гц};$   
 $C = 150 \text{ мкФ} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ Ф}; I - ? P - ? \cos \varphi - ?$

$$\omega = 2\pi v; I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} =$$



$$= \frac{220}{\sqrt{225 + \left( 50 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 5,2 \cdot 10^{-2} - \frac{1}{50 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 5,2 \cdot 10^{-2}} \right)^2}} \approx 12,2 \text{ A};$$

$$P = I^2 R = 12,2^2 \cdot 15 = 2,2 \cdot 10^3 \text{ Вт};$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}} =$$

$$= \frac{15}{\sqrt{225 + \left( 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 5,2 \cdot 10^{-2} - \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 5,2 \cdot 10^{-2}} \right)^2}} = 0,8.$$

**1327.** Сначала возник дополнительный ток за счет электромагнитной индукции, а после прекращения индукционного тока лампа стала гореть тусклее из-за увеличения индуктивного сопротивления.

**1328.** Можно, если частота вынуждающего напряжения станет равна собственной.

$$\mathbf{1329.} \quad L = 0,01 \text{ Гн} = 10^{-2} \text{ Гн}; \nu = 1 \text{ кГц} = 10^3 \text{ Гц}; C - ?$$

$$\omega = 2\pi\nu; \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}; 2\pi\nu = \frac{1}{\sqrt{LC}};$$

$$C = \frac{1}{4\pi^2 L \nu^2} = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 10^6 \cdot 10^{-2}} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}.$$

$$\mathbf{1330.} \quad X_C = 5000 \text{ Ом}; \nu = 20 \text{ кГц} = 2 \cdot 10^4 \text{ Гц}; L - ?$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi\nu C}; 2\pi\nu = \frac{1}{\sqrt{LC}}; C = \frac{1}{4\pi^2 \nu^2 L};$$

$$X_C = 2\pi\nu L; L = \frac{X_C}{2\pi\nu} = \frac{5 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 10^4} \approx 4 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}.$$

$$\mathbf{1331.} \quad L = 50 \text{ мГн} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}; C = 29 \text{ мкФ} = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}; \nu - ?$$

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{5 \cdot 10^{-2} \cdot 2,9 \cdot 10^{-5}}} \approx 1,32 \text{ Гц}.$$

$$\mathbf{1332.} \quad I = 3 \text{ А}; U_1 = 12 \text{ В}; U_2 = 24 \text{ В}; L - ? X_L - ?; R = \frac{U_2}{I} = \frac{24}{3} = 8 \text{ Ом};$$

$$\frac{1}{\omega C} = \omega L; \frac{U_1}{I} = \frac{1}{\omega C}; \frac{U_1}{I} = \omega L = X_L; X_L = \frac{12}{3} = 4 \text{ Ом}.$$

$$\mathbf{1333.} \quad R = 5 \text{ Ом}; L = 0,5 \text{ мГн} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Гн}; C = 0,15 \text{ мкФ} = 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ Ф}; U = 380 \text{ В}; I - ?$$

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{1,5 \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 10^{-4}}} \approx 1,84 \cdot 10^4 \text{ Гц};$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{380}{50} = 7,6 \text{ А}.$$

**1334.**  $R = 2 \text{ Ом}; L = 75 \text{ мГн} = 7,5 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}; U = 50 \text{ В}; \nu = 50 \text{ Гц};$   
 $C = ?; U_C = ?; U_L = ?$

$$4\pi^2 \nu^2 LC = 1; C = \frac{1}{4\pi^2 \nu^2 L} = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 2500 \cdot 7,5 \cdot 10^{-2}} \approx 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ Ф};$$

$$U_C = \frac{U}{\omega CR} = \frac{U}{2\pi \nu CR} = \frac{50}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 1,3 \cdot 10^{-4} \cdot 2} \approx 600 \text{ В};$$

$$U_L = U \frac{2\pi \nu L}{R} = 50 \cdot \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 7,5 \cdot 10^{-2}}{2} \approx 600 \text{ В}.$$

**1335.** Т.к. ток постоянный, то энергия не перетекает на вторичную обмотку, а, значит, она вся переходит в тепло. Таким образом, трансформатор сгорит.

**1336.** Из-за малости силы тока.

**1337.** Т.к. для первой и второй обмоток верно равенство  $P = UI$ , а  $P_1 = P_2$ , то при увеличении мощности нагрузки возрастает потребляемая мощность.

**1338.** а) Т.к. на СА не течет ток, то  $U_{CA} = U_{BC}$ .

б) Т.к. на СА вдвое больше витков, чем на ВС, то  $U_{CA} = 2U_{BC}$ .

**1339.** Т.к. ток в соленоиде нарастает прямо пропорционально времени, то и магнитный поток нарастает прямо пропорционально времени. Это значит, что ток во внешней обмотке постоянен.

**1340.** Сердечник должен иметь большее сопротивление, для этого пластины (плоскость ленты) должны быть параллельны линиям магнитного поля, это достигается в а) и б) и не достигается в в).

**1341.**  $U_1 = 22000 \text{ В}; U_2 = 110 \text{ В}; N_2 = 110; N_1 = ?$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}; N_1 = \frac{22000}{110} \cdot 110 = 22000.$$

**1342.**  $N_1 = 100; N_2 = 1000; U_1 = 120 \text{ В}; U_2 = ?$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}; U_2 = \frac{N_2}{N_1} \cdot U_1 = \frac{1000}{100} \cdot 120 = 1200 \text{ В}.$$

**1343.**  $U = 110 \text{ В}; N = 440; U_1 = 4 \text{ В}; U_2 = 6 \text{ В}; U_3 = 8 \text{ В}; U_4 = 10 \text{ В};$

$N_1 = ?; N_2 = ?; N_3 = ?; N_4 = ?$

$$\frac{U}{U_1} = \frac{N}{N_1}; N_1 = N \frac{U_1}{U} = 440 \cdot \frac{4}{110} = 16; \frac{U}{U_2} = \frac{N}{N_2}; N_2 = N \frac{U_2}{U} = 440 \cdot \frac{6}{110} = 24;$$

$$\frac{U}{U_3} = \frac{N}{N_3}; N_3 = N \frac{U_3}{U} = 440 \cdot \frac{8}{110} = 32;$$

$$\frac{U}{U_4} = \frac{N}{N_4}; N_4 = N \frac{U_4}{U} = 440 \cdot \frac{10}{110} = 40. \text{ Всего в обмотке } 40 \text{ витков.}$$

**1344.**  $N_1 = 300$ ;  $U_1 = 220$  В;  $N_2 = 165$ ;  $R = 50$  Ом;  $U_2 = 50$  В;  $I = ?$

$$\frac{U_1}{U_2 + IR} = \frac{N_1}{N_2}; I = \frac{1}{R} \left( \frac{N_2}{N_1} U_1 - U_2 \right) = \frac{1}{50} \cdot \left( \frac{165}{300} \cdot 220 - 50 \right) = 1,42 \text{ А.}$$

**1345.**  $U_1 = 220$  В;  $K = 10$ ;  $R = 2$  Ом;  $I = 4$  А;  $U_2 = ?$

$$\frac{U_1}{U_2 + IR} = K; U_2 = \frac{U_1}{K} - IR = \frac{220}{10} - 4 \cdot 2 = 14 \text{ В.}$$

**1346.**  $K = 8$ ;  $U_1 = 200$  В;  $R = 2$  Ом;  $I = 3$  А;  $U_2 = ?$

$$\frac{U_1}{U_2 + IR} = K; U_2 = \frac{U_1}{K} - IR = \frac{200}{8} - 3 \cdot 2 = 19 \text{ В.}$$

**1347.**  $U_1 = 220$  В;  $U_2 = 127$  В;  $R_1 = 2$  Ом;  $R_2 = 1$  Ом;  $R = 10$  Ом;  $U = ?$

**1348.**  $k = 10$ ;  $U_1 = 120$  В;  $R_2 = 1,2$  Ом;  $I = 5$  А;  $R = ?$ ;  $U_2 = ?$

$$k = \frac{U_1}{U_2 + IR_2}; U_2 = \frac{U_1}{k} - IR_2 = \frac{120}{10} - 1,2 \cdot 5 = 6 \text{ В;}$$

$$U_2 = IR; R = \frac{U_2}{I} = \frac{6}{5} = 1,2 \text{ Ом.}$$

**1349.**  $U_1 = 110$  В;  $U_2 = 2200$  В;  $I_2 = 2$  А;  $I_1 = ?$ ;  $P_1 = ?$ ;  $P_2 = ?$

Т.к. потерь нет, то входная и выходная мощности равны.

$$U_1 I_1 = U_2 I_2; I_1 = \frac{U_2 I_2}{U_1} = \frac{2200 \cdot 2}{110} = 40 \text{ А;}$$

$$P_1 = P_2 = U_2 I_2 = 2 \cdot 2200 = 4400 \text{ Вт.}$$

**1350.**  $I_1 = 0,5$  А;  $U_1 = 220$  В;  $I_2 = 11$  А;  $U_2 = 9,5$  В;  $\eta = ?$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1} = \frac{9,5 \cdot 11}{220 \cdot 0,5} = 0,95 = 95\%.$$

**1351.**  $I_2 = 20$  А;  $U_2 = 120$  В;  $U_1 = 22000$  В;  $\eta = 90\% = 0,9$ ;

$I_1 = ?$ ;  $P_1 = ?$ ;  $P_2 = ?$

$$P_2 = U_2 I_2 = 120 \cdot 20 = 2,4 \cdot 10^3 \text{ Вт; } P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{2,4 \cdot 10^3}{0,9} \approx 2,67 \cdot 10^3 \text{ Вт;}$$

$$U_1 I_1 = P_1; I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{2,67 \cdot 10^3}{2,2 \cdot 10^4} \approx 0,12 \text{ А.}$$

**1352.**  $U_1 = 220$  В;  $U_2 = 20$  В;  $R = 10$  Ом;  $I_2 = 2$  А;  $k = ?$ ;  $\eta = ?$

$$k = \frac{U_1}{U_2 + I_2 R} = \frac{220}{20 + 2 \cdot 10} = 10;$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2 I_2}{(U_2 + I_2 R) I_2} = \frac{U_2}{U_2 + I_2 R} = \frac{1}{1 + \frac{I_2 R}{U_2}} =$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 1}{20}} \approx 0,91 = 91\%.$$

**1353.**  $U_1 = 3500 \text{ В}; U_2 = 220 \text{ В}; P_2 = 25 \text{ кВт} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Вт}; \cos \varphi = 1; k = 15;$   
 $R = ? I_1 = ?$

$$k = \frac{U_1}{U_2 + I_2 R}; P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi = U_2 I_2;$$

$$k = \frac{U_1}{U_2 + \frac{P_2}{U_2} R}; R = \frac{U_2}{P_2} \left( \frac{U_1}{k} - U_2 \right) = \frac{220}{2,5 \cdot 10^4} \left( \frac{3500}{15} - 220 \right) \approx 0,12 \text{ Ом};$$

$$I_1 U_1 = I_2 (U_2 + I_2 R); I_1 = \frac{I_2 (U_2 + I_2 R)}{U_1}.$$

**1354.**  $R = 15 \text{ Ом}; k = 10; P = 9,6 \text{ кВт} = 9,6 \cdot 10^3 \text{ Вт}; I_2 = 80 \text{ А}; U_2' = ?$

$$U_1 = U_2' - I_1 R; U_2 = \frac{P}{I_2}; k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2 (U_2' - I_1 R)}{P};$$

$$k = \frac{I_2}{I_1}; I_1 = \frac{I_2}{k}; k = \frac{I_2 (U_2' - \frac{I_2}{k} R)}{P};$$

$$U_2' = \frac{kP}{I_2} + \frac{I_2}{k} R = \frac{10 \cdot 9,6 \cdot 10^3}{80} + \frac{80 \cdot 15}{10} = 1320 \text{ В}.$$

**1355.**  $\lambda = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ . Для звуковой волны скорость  $c = 300 \text{ м/с}$ .

$$c = \lambda \nu; \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{300}{0,1} = 3 \cdot 10^3 \text{ Гц}. \text{ Это слышимая волна.}$$

Электромагнитная волна с длиной  $10 \text{ см}$  – это радиоволна.

Свойства этих волн различаются из-за того, что это волны разной природы: звуковая – это механическая волна, радиоволна – электромагнитная. У этих волн разные скорости распространения; электромагнитная волна поперечная, а звуковая продольная и т.п.

**1356.** Вправо.

**1357.** а) направление изменится на противоположное.

б) Направление не изменится.

**1358.** Из-за излучения электромагнитных волн.

**1359.** Сделать из закрытого колебательного контура открытый.

**1360.** Металлы.

**1361.** Из-за сильного отражения электромагнитных волн.

**1362.** Морская вода – это проводник. От нее, как и от металла, будут активно отражаться радиоволны. Кроме того, вода будет сильно поглощать радиоволны.

**1363.** Нельзя, потому что ода сильно поглощает радиоволны.

**1364.** Потому что на короткие волны накладываются длинные и происходит модуляция.

**1365.** Если собственная частота колебательного контура совпадает с частотой волны.

**1366.** Из-за того, что короткие волны, в отличие от длинных, не огибают гор.

**1367.** Т.к.  $v \sim \frac{1}{\lambda}$  для волны, а для контура  $v \sim \frac{1}{\sqrt{C}}$ , то  $\lambda \sim \sqrt{C}$ . Значит,

для перехода к более коротким волнам необходимо уменьшать емкость. Т.к.

$C \sim \frac{1}{d}$ , то расстояние между пластинами нужно увеличивать.

**1368.**  $\lambda = 250$  м;  $v - ?$

$$\lambda v = c; \quad v = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{250} = 1,2 \cdot 10^6 \text{ Гц.}$$

**1369.**  $\lambda = 600$  м;  $v - ?$

$$v = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{600} = 5 \cdot 10^5 \text{ Гц.}$$

**1370.**  $v = 1400$  кГц  $= 1,4 \cdot 10^6$  Гц;  $\lambda - ?$

$$v\lambda = c; \quad \lambda = \frac{c}{v} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,4 \cdot 10^6} \approx 214 \text{ м.}$$

**1371.**  $c = 2 \cdot 10^8$  м/с;  $v = 1$  МГц  $= 10^6$  Гц;  $\lambda - ?$

$$v\lambda = c; \quad \lambda = \frac{c}{v} = \frac{2 \cdot 10^8}{1,4 \cdot 10^6} = 200 \text{ м.}$$

**1372.**  $C = 0,4$  мкФ  $= 4 \cdot 10^{-7}$  Ф;  $L = 1$  мГн  $= 10^{-3}$  Гн;  $\lambda - ?$

$$v = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL}}; \quad v\lambda = c; \quad \lambda = \frac{c}{v} = 2\pi c \sqrt{CL} = 2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \sqrt{4 \cdot 10^{-7} \cdot 10^{-3}} \approx \\ \approx 3,77 \cdot 10^4 \text{ м.}$$

**1373.**  $L = 2 \cdot 10^{-3}$  Гн;  $d = 1$  см  $= 0,01$  м;  $\varepsilon = 11$ ;  $S = 800$  см<sup>2</sup>  $= 8 \cdot 10^{-2}$  м<sup>2</sup>;  $\lambda - ?$

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}; \quad v = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{d}{\varepsilon \varepsilon_0 SL}};$$

$$v\lambda = c; \quad \lambda = \frac{c}{v} = 2\pi c \sqrt{\frac{\varepsilon \varepsilon_0 SL}{d}} =$$

$$= 2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot \sqrt{\frac{11 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 8 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{10^{-2}}} \approx 2,34 \cdot 10^3 \text{ м.}$$

**1374.**  $\Delta I = 1$  А;  $\Delta t = 0,6$  с;  $\varepsilon = 0,2$  В;  $C = 14100$  пФ  $= 1,41 \cdot 10^{-8}$  Ф;  $\lambda - ?$

$$\varepsilon = L \frac{\Delta I}{\Delta t}; \quad L = \varepsilon \frac{\Delta t}{\Delta I}; \quad v = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\Delta I}{\varepsilon \Delta t C}};$$

$$\lambda v = c; \lambda = \frac{c}{v} = 2\pi c \sqrt{\frac{\varepsilon \Delta t C}{\Delta I}} =$$

$$= 2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \sqrt{\frac{0,2 \cdot 0,6 \cdot 1,41 \cdot 10^{-8}}{1}} \approx 7,75 \cdot 10^4 \text{ м.}$$

**1375.**  $L = 1 \text{ мкГн} = 10^{-6} \text{ Гн}; \lambda = 50 \text{ м}; C - ?$

$$v\lambda = c; v = \frac{c}{\lambda}; v = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}; C = \frac{1}{4\pi^2 v^2 L} = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 L} =$$

$$= \frac{2500}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 9 \cdot 10^{16} \cdot 10^{-6}} \approx 7 \cdot 10^{-10} \text{ Ф.}$$

**1376.**  $L = 0,5 \text{ Гн}; \lambda = 400 \text{ м}; C - ?$

$$v\lambda = c; v = \frac{c}{\lambda}; v = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}; C = \frac{1}{4\pi^2 v^2 L} = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 L} =$$

$$= \frac{160000}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 9 \cdot 10^{16} \cdot 0,5} \approx 8,9 \cdot 10^{-14} \text{ Ф.}$$

**1377.**  $L = 50 \text{ мкГн} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Гн}; \lambda = 300 \text{ м}; C - ?$

$$v\lambda = c; v = \frac{c}{\lambda}; v = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}; C = \frac{1}{4\pi^2 v^2 L} = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 L} =$$

$$= \frac{90000}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 9 \cdot 10^{16} \cdot 5 \cdot 10^{-5}} \approx 5 \cdot 10^{-10} \text{ Ф.}$$

**1378.**  $L = 0,32 \text{ мГн} = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ Гн}; \lambda_1 = 188 \text{ м}; \lambda_2 = 545 \text{ м};$   
 $C_1 - ? C_2 - ?$

$$v\lambda = c; v = \frac{c}{\lambda}; v = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}; C = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 L};$$

$$C_1 = \frac{\lambda_1^2}{4\pi^2 c^2 L} = \frac{188^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 9 \cdot 10^{16} \cdot 3,2 \cdot 10^{-4}} \approx 3 \cdot 10^{-11} \text{ Ф};$$

$$C_2 = \frac{\lambda_2^2}{4\pi^2 c^2 L} = \frac{545^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 9 \cdot 10^{16} \cdot 3,2 \cdot 10^{-4}} \approx 2,5 \cdot 10^{-10} \text{ Ф.}$$

Емкость должна меняться от  $3,1 \cdot 10^{-11} \text{ Ф}$  до  $2,6 \cdot 10^{-10} \text{ Ф}$ .

**1379.**  $L = 10 \text{ мкГн} = 10^{-5} \text{ Гн}; E = 4 \cdot 10^{-15} \text{ Дж}; U = 5 \cdot 10^{-4} \text{ В}; \lambda - ?$

Если максимальная энергия, запасаемая в катушке, равна  $E$ , то максимальная энергия, запасаемая в конденсаторе, также должна равняться  $E$ .

$$E = \frac{CU^2}{2}; C = \frac{2E}{U^2}; \frac{U}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{U}{2\pi\sqrt{2LE}}; \lambda v = c; v = \frac{\lambda}{c}; \frac{c}{\lambda} = \frac{U}{2\pi\sqrt{2LE}};$$

$$\lambda = \frac{2\pi\sqrt{2LE}}{U} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot \sqrt{2 \cdot 10^{-5} \cdot 4 \cdot 10^{-15}}}{5 \cdot 10^{-4}} \approx 1066 \text{ м.}$$

$$1380. \lambda_1 = 25 \text{ м}; \lambda_2 = 200 \text{ м}; \frac{d_1}{d_2} - ?$$

$$\lambda_1 v_1 = c; v_1 = \frac{c}{\lambda_1}; v_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}}; C_1 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d_1}.$$

$$\text{Таким образом, } \lambda_1 \sim \frac{1}{\sqrt{d_1}}; d_1 \sim \frac{1}{\lambda_1^2}. \text{ Аналогично, } d_2 \sim \frac{1}{\lambda_2^2}$$

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{\lambda_1^2}{\lambda_2^2} = \frac{25^2}{200^2} = \frac{1}{64}. \text{ Расстояние между пластинами нужно уменьшить.}$$

**1381.** Чтобы пришедшие импульсы не перекрывались.

**1382.** Потому что он ведется на коротких волнах, не огибающих препятствия.

**1383.** Из-за того, что мощность рассеивается в пространстве пропорционально квадрату радиуса.

**1384.** Мощность рассеивается пропорционально расстоянию, а сигнал проходит расстояние до цели и обратно.

$$1385. \Delta t = 0,0001 \text{ с}; l - ?$$

$$2l = c\Delta t; l = \frac{c\Delta t}{2} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 0,0001}{2} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ м} = 15 \text{ км.}$$

$$1386. N = 2000 \text{ с}^{-1}; l - ?$$

$$l = \frac{c}{2N} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 2000} = 75000 \text{ м} = 75 \text{ км.}$$

$$1387. v = 1500 \text{ Гц}; t = 1 \text{ мкс} = 10^{-6} \text{ с};$$

$$l_{\min} - ? \quad l_{\max} - ?$$

$$l_{\max} = \frac{c}{2v} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 1500} = 10^5 \text{ м} = 100 \text{ км};$$

$$l_{\min} = \frac{ct}{2} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 10^{-6}}{2} = 1,5 \cdot 10^2 \text{ м} = 150 \text{ м.}$$

$$1388. l = 30 \text{ км} = 3 \cdot 10^4 \text{ м}; t = 1 \text{ с}; N - ?$$

$$l = \frac{ct}{2N}; N = \frac{ct}{2l} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 1}{2 \cdot 3 \cdot 10^4} = 5000.$$

$$1389. \lambda = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}; N = 4000 \text{ с}^{-1}; t = 2 \text{ мкс} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ с};$$

$$N' - ? \quad l - ?$$

$$cT = \lambda; T = \frac{\lambda}{c}; N' = \frac{t}{T} = \frac{ct}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{0,15} = 4000;$$

$$l = \frac{c}{2N} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 4000} = 3,75 \cdot 10^4 \text{ м} = 37,5 \text{ км.}$$

$$1390. N = 1000 \text{ с}^{-1}; \lambda = 3 \text{ см} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}; t = 0,3 \text{ мкс} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ с};$$

$$P = 70 \text{ кВт} = 7 \cdot 10^4 \text{ Вт}; E - ? <P> - ? \quad l - ?$$

$$E = Pt = 7 \cdot 10^4 \cdot 3 \cdot 10^{-7} = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ Дж};$$

$$\langle P \rangle = NE = 2,1 \cdot 10^{-2} \cdot 1000 = 21 \text{ Вт};$$

$$l = \frac{c}{2N} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 1000} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ м} = 150 \text{ км}.$$

$$\mathbf{1391.} \quad h = 8 \text{ м}; \Delta t - ? \quad l - ?$$

В нашем случае  $R = 6400 \text{ км} = 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$  – радиус Земли. По теореме

$$\text{Пифагора: } (R + h)^2 = l^2 + R^2.$$

$$R^2 + 2Rh + h^2 = l^2 + R^2; 2Rh + h^2 = l^2.$$

Т.к.  $2Rh \gg h^2$ , то этим членом можно пренебречь. Тогда:  $2Rh = l^2$ ;

$$l = \sqrt{2Rh} = \sqrt{2 \cdot 6,4 \cdot 10^6 \cdot 8} \approx 10000 \text{ м} = 10 \text{ км};$$

$$l = \frac{c}{2N}; N = \frac{c}{2l} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^4} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ 1/с};$$

$$\Delta t = N^{-1} \approx 6,7 \cdot 10^{-5} \text{ с}.$$

Т.к.  $\Delta t \sim l \sim h$ , то при увеличении  $h$  необходимо увеличивать  $\Delta t$ .

$$\mathbf{1392.} \quad H = 300 \text{ м}; h = 10 \text{ м}; L - ?$$

Воспользуемся полученной в № 1391 формулой, связывающей высоту вышки и максимальную дальность приема:

$$2RH = l_1^2; 2Rh = l_2^2; L = l_1 + l_2;$$

$$L = \sqrt{2RH} + \sqrt{2Rh} = \sqrt{2R}(\sqrt{H} + \sqrt{h}).$$

$R = 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$  – радиус Земли.

$$L = \sqrt{2 \cdot 6,4 \cdot 10^6}(\sqrt{300} + \sqrt{10}) = 73 \cdot 10^3 \text{ м} = 73 \text{ км}.$$

$$\mathbf{1393.} \quad a = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}; N = 625; v = 25 \text{ Гц}; \Delta a - ?$$

$$\Delta t = \frac{1}{c} = \frac{3 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} = 10^{-5} \text{ с};$$

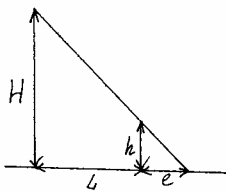
$$\Delta a = a \Delta t v N = 0,5 \cdot 10^{-5} \cdot 625 \cdot 25 \approx 7,8 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 7,8 \text{ см}.$$

$$\mathbf{1394.} \quad h = 1,2 \text{ м}; l = 0,8 \text{ м}; L = 12l.$$

$H - ?$

$$\frac{H}{h} = \frac{L}{l} = \frac{12l}{l} = 12; H = 12h = 1,2 \text{ м} \cdot 12 = 14,4 \text{ м}.$$

**1395.**



$$H = 4 \text{ м}; L = 3 \text{ м}; h = 1 \text{ м}.$$

$l - ?$

$$\frac{h}{l} = \frac{H}{L + e};$$

$$l = \frac{Lh}{H - h} = \frac{3 \text{ м} \cdot 1 \text{ м}}{4 \text{ м} - 1 \text{ м}} = 1 \text{ м}.$$



**1396.**  $H=3\text{м}; h=1\text{м}; l_1=0,8\text{м}; l_2=1,2\text{м}.$

$\Delta L - ?$

$$\frac{H}{L_1 + l_1} = \frac{h}{l_1}; L_1 = \frac{l_1(H-h)}{h}; \frac{H}{L_2 + l_2} = \frac{h}{l_2};$$

$$L_2 = \frac{l_2(H-h)}{h}$$

$$\Delta L = L_2 - L_1 = \frac{(H-h)(l_2 - l_1)}{h} = \frac{(3\text{м} - 1\text{м})(1,2\text{м} - 0,8\text{м})}{1\text{м}} = 0,8\text{ м}.$$

**1397.**  $h=0,9; l_1=1,2\text{м}; l_2=1,5\text{м}; \Delta L=1\text{м}.$

$H - ?$

$$\frac{H}{L_1 + l_1} = \frac{h}{l_1}; L_1 = \frac{l_1(H-h)}{h}; \frac{H}{L_2 + l_2} = \frac{h}{l_2}; L_2 = \frac{l_2(H-h)}{h};$$

$$\Delta L = L_2 - L_1 = \frac{(l_2 - l_1)(H-h)}{h};$$

$$H = h + \frac{\Delta L h}{l_2 - l_1} = 0,9\text{м} + \frac{1\text{м} \cdot 0,9\text{м}}{1,5\text{м} - 1,2\text{м}} = 3,9\text{ м}.$$

**1398.** Потому что на глаза фехтовальщика сквозь сетку попадает достаточно света. Когда мы смотрим на лицо фехтовальщика, то отраженный от лица фехтовальщика свет частично задерживается сеткой.

**1399.** Потому что свет, идущий от фар, отражается от лужи и отраженные лучи не попадают в глаза водителю.

**1400.** Из-за волнений воды на ней появляется большое число изображений Луны – лунная дорожка. На идеально гладкой поверхности воды может быть только одно изображение Луны – лунной дорожки нет. Так как наблюдатель может видеть не дальше горизонта, находясь на поверхности Земли, то лунная дорожка может быть направлена лишь в его сторону.

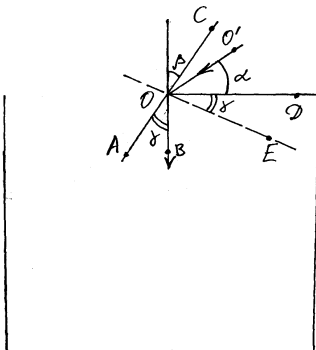
**1401.** Свет испытывает рассеяние на маленьких крупинках стекла.

**1402.** Из-за того, что количество отраженного света меньше непосредственно под самолетом, нежели со стороны горизонта (угол падения на горизонте больше угла падения на Землю под самолетом, следовательно, количество отраженного на горизонте света больше).

**1403.** В месте, где находится растительное масло, свет меньше рассеивается бумагой.

**1404.** Потому что поверхность влажных предметов более сглажена, поэтому свет отражается более «зеркально».

**1405.** За счет рассеяния на капельках влаги.



**1406.**

$$\alpha = 30^\circ.$$

$\beta = ?$

$$\beta = 90 - (\alpha + \gamma).$$

$$\angle DOE = \angle AOB = \gamma.$$

В силу зеркального отражения

$$\angle AOB = \angle COO' = \gamma$$

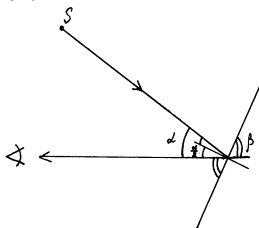
$$\gamma + \alpha + \gamma = 90^\circ;$$

$$\gamma = \frac{90^\circ - \alpha}{2} = 45^\circ - \frac{\alpha}{2}.$$

$$\beta = 90 - (\alpha + 45 - \frac{\alpha}{2}) = 45^\circ - \frac{\alpha}{2};$$

$$\beta = 45^\circ - \frac{30^\circ}{2} = 30^\circ.$$

**1407.**

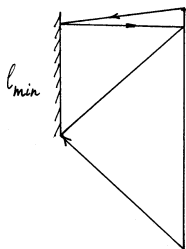


$$\alpha = 18^\circ,$$

$$\beta = 90^\circ - \frac{\alpha}{2} = 90^\circ - \frac{18^\circ}{2} = 81^\circ.$$

**1408.** Изображение Солнца будет перемещаться к берегу.

**1409.**



$$h = 182 \text{ см}; l_{\min} = ?$$

$$\text{Из рисунка: } l_{\min} \approx \frac{h}{2}.$$

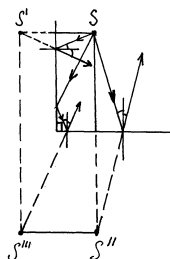
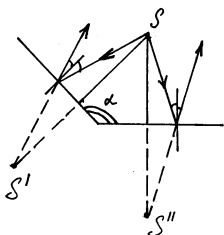
$$l_{\min} = \frac{182}{2} = 91 \text{ (см)}.$$

**1410.**  $\alpha = \{120^\circ, 90^\circ, 72^\circ, 60^\circ, 45^\circ\}$ .

$N = ?$

$$\underline{\alpha = 120^\circ}$$

$$\underline{\alpha = 90^\circ}$$



$\alpha = 120^\circ$ :  $N = 2$ ;

$\alpha = 90^\circ$

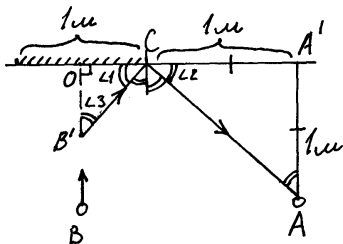
$N = 3$ ;

$N = 4$ .

Подметим общую закономерность  $N = \frac{360}{N} - 1$ .

$\alpha = 60^\circ$ :  $N = \frac{360}{60} - 1 = 5$ ;  $\alpha = 45^\circ$ :  $N = \frac{360}{45} - 1 = 7$ .

**1411.**



\*

Т. к.  $AA' = CA'$ , то  $\angle A'AC = \angle A'CA = 45^\circ$

$\angle 1 = \angle 2 = \angle 3 = 45^\circ \Rightarrow B'O = OC = \frac{1}{2} = 0,5$  (м).

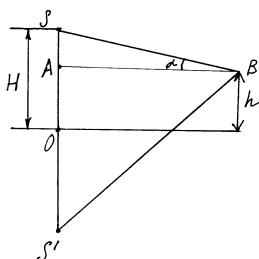
На расстоянии 0,5 м.

**1412.** 13,3 см.

**1413.**  $h$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ .

$H = ?$  (рис. 220)

$SO = SO' = H$ .



$$SA = H - h; SA' = H + h$$

$$\frac{SA}{AB} = \operatorname{tg} \alpha; \frac{SA'}{AB} = \operatorname{tg} \beta.$$

$$\frac{SA'}{AB} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}.$$

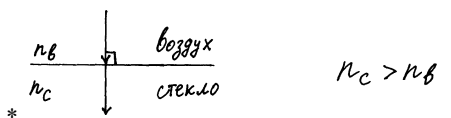
$$(H - h) \operatorname{tg} \beta = (H + h) \operatorname{tg} \alpha;$$

$$H = h \frac{\operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \alpha}.$$

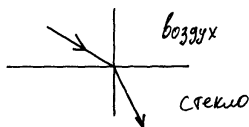
**1414.** Показатель преломления воздуха над костром меняется в зависимости от температуры воздуха над костром.

**1415.** Когда угол падения равен нулю.

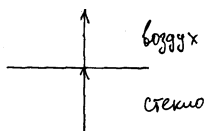
**1416.**



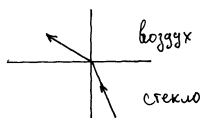
\*  
а)  $n_{\text{ст}} > n_{\text{в}}$   
Воздух,  $n_{\text{в}}$   
Стекло,  $n_{\text{ст}}$ .



б) Воздух  
Стекло;



в) Воздух  
Стекло;



г) Воздух  
Стекло.

**1417.** Воздух вблизи асфальта нагревается, его показатель преломления меньше, чем у вышележащих слоев воздуха. Из-за полного отражения асфальт «становится» хорошо отражающим свет – подобно воде.

**1418.** Для наблюдателя, находящегося под водой.

**1419.** Не может.

$$\mathbf{1420.} \quad \frac{v_c}{v_a} = \frac{n_a}{n_c}; \quad \frac{v_c}{v_a} = \frac{2,42}{1,56} = 1,55. \text{ В } 1,55 \text{ раза.}$$

$$\mathbf{1421.} \quad \alpha_{\text{пад}} = 45^\circ, \alpha_{\text{прел}} = 30^\circ.$$

$n - ? \quad v - ?$

$$n = \frac{\sin \alpha_{\text{пад}}}{\sin \alpha_{\text{прел}}}; \quad n = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = 1,41.$$

$$\frac{v}{c} = \frac{1}{n_0}; \quad n_0 = 1,4; \quad v = \frac{c}{n_0}. \quad v = \frac{3 \cdot 10^8}{1,4} = 2,14 \cdot 10^8 \text{ (м/с).}$$

$$\mathbf{1422.} \quad v_1 = 225 \, 000 \text{ км/с}; \quad v_2 = 200 \, 000 \text{ км/с}; \quad \alpha_{\text{пад}} = 30^\circ.$$

$\alpha_{\text{прел}} - ?$

$$\frac{\sin \alpha_{\text{пад}}}{\sin \alpha_{\text{прел}}} = \frac{v_1}{v_2}; \quad \sin \alpha_{\text{прел}} = \frac{v_2}{v_1} \sin \alpha_{\text{пад}}$$

$$\alpha_{\text{прел}} = \arcsin \left[ \frac{v_2}{v_1} \sin \alpha_{\text{пад}} \right]$$

$$\alpha_{\text{прел}} = \arcsin \left[ \frac{200000}{225000} \sin 30^\circ \right] \approx 26^\circ.$$

$$\mathbf{1423.} \quad n = 1,31.$$

$$\mathbf{1424.} \quad v = 240 \, 000 \text{ км/с}; \quad n = 1; \quad \alpha_{\text{пад}} = 25^\circ.$$

$\alpha_{\text{прел}} - ?$

$$\frac{\sin \alpha_{\text{пад}}}{\sin \alpha_{\text{прел}}} = \frac{c \cdot n}{v} = \frac{c}{v}, \quad c = 3 \cdot 10^5 \text{ (км/с).}$$

$$\alpha_{\text{прел}} = \arcsin \left[ \frac{v}{\tilde{n}} \sin \alpha_{\text{пад}} \right]; \quad \alpha_{\text{прел}} = \arcsin \left[ \frac{2,4 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^5} \sin 25^\circ \right] \approx 20^\circ.$$

$$\mathbf{1425.} \quad \alpha_{\text{пад}(0)} = 35^\circ; \quad \alpha_{\text{прел}(0)} = 25^\circ; \quad \alpha_{\text{пад}(1)} = 50^\circ.$$

$\alpha_{\text{прел}(1)} - ?$

$$\frac{\sin \alpha_{\text{пад}(0)}}{\sin \alpha_{\text{прел}(0)}} = \frac{\sin \alpha_{\text{пад}(1)}}{\sin \alpha_{\text{прел}(1)}};$$

$$\alpha_{\text{прел}(1)} = \arcsin \left[ \frac{\sin \alpha_{\text{пад}(1)}}{\sin \alpha_{\text{прел}(0)}} \sin \alpha_{\text{прел}(1)} \right].$$

$$\alpha_{\text{прел}(1)} = \arcsin \left[ \frac{\sin 25^\circ}{\sin 35^\circ} \sin 50^\circ \right] \approx 34^\circ.$$

1426.  $n_{\text{гл}}=1,47$ ;  $n_{\text{в}}=1,33$ ;  $\alpha_{\text{пад}}=30^\circ$ .  $\alpha_{\text{прел}} - ?$

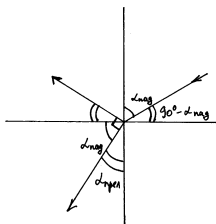
$$\frac{\sin \alpha_{\text{пад}}}{\sin \alpha_{\text{прел}}} = \frac{n_{\text{в}}}{n_{\text{гл}}}$$

$$\alpha_{\text{прел}} = \arcsin \left[ \frac{n_{\text{гл}}}{n_{\text{в}}} \cdot \sin \alpha_{\text{пад}} \right]; \alpha_{\text{прел}} = \arcsin \left[ \frac{1,47}{1,33} \cdot \sin 30^\circ \right] \approx 33,5^\circ.$$

1427.  $\alpha_{\text{пад}}=15^\circ$ ;  $n_{\text{л}}=1,31$ ;  $n_{\text{в}}=1$ .  $\alpha_{\text{прел}} - ?$

$$\frac{\sin \alpha_{\text{пад}}}{\sin \alpha_{\text{прел}}} = \frac{n_{\text{в}}}{n_{\text{л}}}; \alpha_{\text{прел}} = \arcsin \left[ \frac{n_{\text{в}}}{n_{\text{л}}} \cdot \sin \alpha_{\text{пад}} \right]; \alpha_{\text{прел}} = \arcsin \left[ \frac{1,31}{1} \cdot \sin 15^\circ \right] \approx 20^\circ.$$

1428.  $\alpha=90^\circ$ ;  $n=1$ ;  $n_2=1,33$



Из рисунка  $\alpha_{\text{прел}}=90^\circ-\alpha_{\text{пад}}$ .

$$\frac{\sin \alpha_{\text{пад}}}{\sin \alpha_{\text{прел}}} = \frac{n_2}{n_1};$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{пад}} = \frac{n_2}{n_1}; \alpha_{\text{пад}} = \operatorname{arctg} \frac{n_2}{n_1};$$

$$\alpha_{\text{пад}} = \operatorname{arctg} 1,33 \approx 53^\circ.$$

1429.  $n_{\text{р}}=1$ ;  $n_{\text{сн}}=1,36$ ;  $\alpha=120^\circ$ .

$\alpha_{\text{прел}} - ?$

\*

Из рисунка:  $90^\circ - \alpha_{\text{пад}} = 60^\circ$ ;  $\alpha_{\text{пад}} = 60^\circ + \alpha_{\text{прел}}$ .

$$\frac{\sin \alpha_{\text{пад}}}{\sin \alpha_{\text{прел}}} = \frac{\sin(60^\circ + \alpha_{\text{прел}})}{\sin \alpha_{\text{прел}}} = \frac{n_{\text{сн}}}{n_{\text{в}}};$$

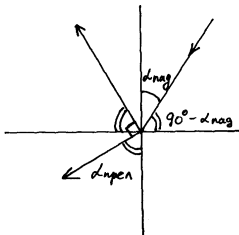
$$\frac{\sin 60^\circ \cos \alpha_{\text{прел}} + \cos 60^\circ \sin \alpha_{\text{прел}}}{\sin 2\alpha_{\text{прел}}} = n_{\text{сн}};$$

$$\sin 60^\circ \cdot \operatorname{ctg} \alpha_{\text{прел}} = n_{\text{сн}} - \cos 60^\circ;$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \left[ \frac{\sin 60^\circ}{n_{\text{сн}} - \cos 60^\circ} \right];$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left[ \frac{\sqrt{3}}{2(1,36 - 0,5)} \right] \approx 45^\circ.$$

1430.  $\alpha_{\text{пад}}=30^\circ$ ;  $n_1=2,4$ ;  $\alpha=90^\circ$ .  $n_2 - ?$



\*

Из рисунка:  $\alpha_{\text{прел}} = 90^\circ - \alpha_{\text{пад}}$ .

$$\frac{\sin \alpha_{\text{пад}}}{\sin \alpha_{\text{прел}}} = \frac{\sin \alpha_{\text{пад}}}{\cos \alpha_{\text{пад}}} = \operatorname{tg} \alpha_{\text{пад}} = \frac{n_2}{n_1}.$$

$$n_2 = n_1 \operatorname{tg} \alpha_{\text{пад}} \approx 1,39.$$

**1431.**  $\alpha_{\text{прел}} = 32^\circ$ ;  $n_2 = 1,33$ ;  $n_1 = 1$ .  $\beta = ?$

Из рисунка:  $\alpha_{\text{прел}} = 90^\circ - \alpha_{\text{пад}}$ .

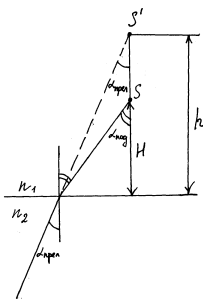
$$\frac{\sin \alpha_{\text{пад}}}{\sin \alpha_{\text{прел}}} = \frac{n_2}{n_1}.$$

$$\alpha_{\text{пад}} = \arcsin \left[ \frac{n_2}{n_1} \sin \alpha_{\text{прел}} \right]$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha_{\text{пад}} = 90^\circ - \arcsin \left[ \frac{n_2}{n_1} \sin \alpha_{\text{прел}} \right].$$

$$\beta = 90^\circ - \arcsin [1,33 \sin 32^\circ] \approx 45^\circ.$$

**1432.**  $h = 2,5$  м;  $n_1 = 1$ ;  $n_2 = 1,33$ .  $H = ?$



\*

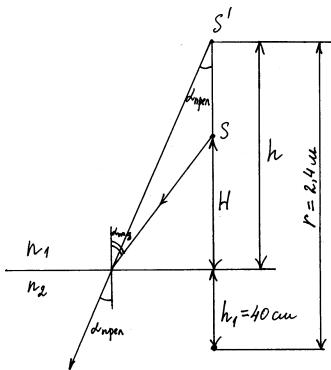
$$H \operatorname{tg} \alpha_{\text{пад}} = h \operatorname{tg} \alpha_{\text{прел}}.$$

$$h = H \frac{\operatorname{tg} \alpha_{\text{прел}}}{\operatorname{tg} \alpha_{\text{пад}}}.$$

Т. к. углы  $\alpha_{\text{прел}}$  и  $\alpha_{\text{пад}}$  малы, то  $\operatorname{tg} \alpha_{\text{прел}} \approx \sin \alpha_{\text{прел}}$ ,  $\operatorname{tg} \alpha_{\text{пад}} \approx \sin \alpha_{\text{пад}}$ .

$$H = h \frac{\sin \alpha_{\text{прел}}}{\sin \alpha_{\text{пад}}} = h \frac{n_1}{n_2} = 2,5 \text{ м} \cdot 1/1,33 \approx 1,9.$$

1433.



\*

$$h_1 = 40 \text{ см}; n = 2,4 \text{ м}; n_1 = 1; n_2 = 1,33.$$

$$H = h \frac{n_1}{n_2} \text{ (см. задачу 1432).}$$

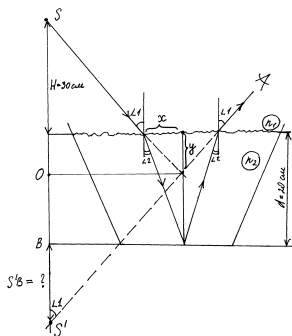
$$h = r - h_1.$$

$$H = (r - h_1) \frac{n_1}{n_2}.$$

$$H = (2,4 - 0,4) \frac{1}{1,33} = 1,5 \text{ (м).}$$

$$1434. n_1 = 1; n_2 = 1,33. \frac{v}{v'} = ?; \frac{v}{v'} = \frac{n_2}{n_1} = n_2; \frac{v}{v'} = 1,33.$$

1435.



\*



$$SO=S'O; SB'=SO-OB;$$

$$x=\text{d}tg\angle 2.$$

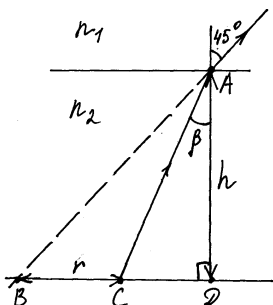
$$\frac{x}{y}=\text{tg}\angle 1;$$

$$y=\frac{x}{\text{tg}\angle 1}=\text{d}\frac{\text{tg}\angle 2}{\text{tg}\angle 1}=\text{d}\frac{\sin\angle 2}{\sin\angle 1}=\text{d}\frac{n_1}{n_2}=15\text{ (cm)}.$$

$$SO=30+y=30+15=45\text{ (cm)}. OB=d-y=20-15=5\text{ (cm)}.$$

$$S'B=SO-OB=45-5=40\text{ (cm)}.$$

$$1436. h=32\text{ cm}; \alpha=45^\circ; n_1=1; n_2=1,33. r=?$$



\*

$$\angle BAD=\angle ABD=\alpha=45^\circ\Rightarrow BD=AD=h;$$

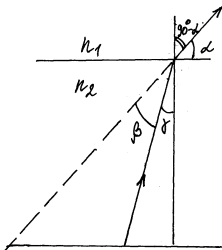
$$r=h-CD=h-\text{htg}\beta=h(1-\text{tg}\beta).$$

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=\frac{n_2}{n_1};$$

$$\beta=\arcsin\left(\frac{n_1}{n_2}\sin\alpha\right); r=h(1-\text{tg}[\arcsin(\frac{n_1}{n_2}\sin\alpha)])$$

$$r=32(1-\text{tg}[\arcsin\frac{1}{1,33}\cdot\sin 45^\circ])=11,9\text{ (cm)}.$$

$$1437. \alpha, 2l, n_2=\frac{4}{3}; n_1=1. \beta=?$$



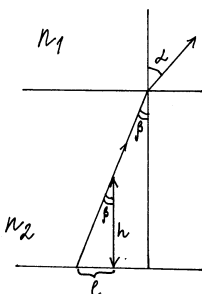
\*

$$\beta = 90^\circ - \alpha - \gamma$$

$$\frac{\sin \gamma}{\sin(90^\circ - \alpha)} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{n_2} = \frac{3}{4}$$

$$\sin \gamma = \frac{3}{4} \cos \alpha; \gamma = \arcsin\left(\frac{3}{4} \cos \alpha\right); \beta = 90^\circ - \alpha - \arcsin\left(\frac{3}{4} \cos \alpha\right).$$

**1438.**  $h = 1,25$  м;  $\alpha = 38^\circ$ ;  $n_1 = 1$ ;  $n_2 = 1,33$ .  $l = ?$



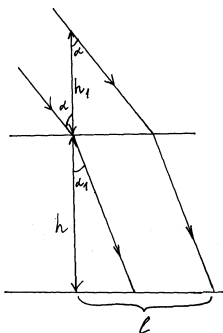
\*

$$l = h \tan \beta.$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_2; \beta = \arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{n_2}\right)$$

$$l = h \tan\left[\arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{n_2}\right)\right]; l = 1,25 \cdot \tan\left[\arcsin\left(\frac{\sin 38^\circ}{1,33}\right)\right] \approx 0,65 \text{ (м)}.$$

**1439.**  $h = 1,5$  м;  $h_1 = 30$  см;  $\alpha = 45^\circ$ ;  $n_1 = 1$ ;  $n_2 = 1,33$ .  $l = ?$

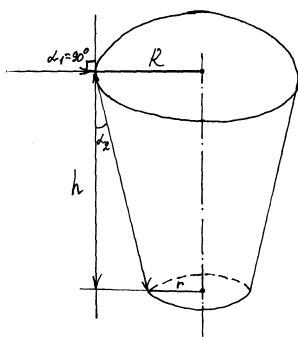


\*

$$l = h \tan \alpha_1 + h_1 \tan \alpha; \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_2; \alpha_1 = \arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{n_2}\right)$$

$$l = h \tan\left[\arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{n_2}\right)\right] + h_1 \tan \alpha. \quad l = 1,5 \tan\left[\arcsin\left(\frac{\sin 45^\circ}{1,33}\right)\right] + 0,3 \tan 45^\circ = 1,24 \text{ (m)}.$$

**1440.**  $R=8 \text{ м; } h=2 \text{ м; } n_b = \frac{4}{3}$ .  $r = ?$



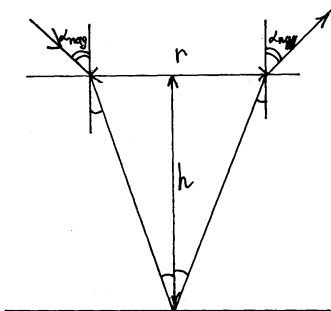
\*

$$r = R - h \tan \alpha_2; \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = n_b = \frac{4}{3};$$

$$\text{т. к. } \alpha_1 = 90^\circ, \text{ то } \sin \alpha_2 = \frac{1}{n_b}. \quad \tan \alpha_2 = \frac{\sin \alpha_2}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha_2}} = \frac{1}{n_b \sqrt{1 - \frac{1}{n_b^2}}} = \frac{1}{\sqrt{n_b^2 - 1}}.$$

$$r = R - \frac{1}{\sqrt{n_B^2 - 1}} \quad ; \quad r = 8 - \frac{2}{\sqrt{(\frac{4}{3})^2 - 1}} \approx 5,73 \text{ (м)}.$$

**1441.**  $h=1,2 \text{ м}$ ;  $\alpha_{\text{пад}}=30^\circ$ ,  $n=\frac{4}{3}$ .  $r = ?$



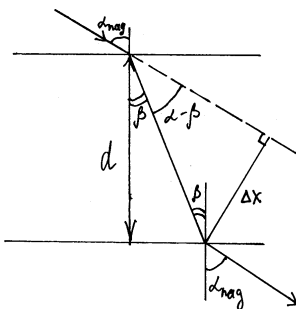
\*

$$r = 2h \operatorname{tg} \alpha_{\text{прел}}.$$

$$\frac{\sin \alpha_{\text{прел}}}{\sin \alpha_{\text{пад}}} = \frac{1}{n} \quad ; \quad \sin \alpha_{\text{прел}} = \frac{\sin \alpha_{\text{пад}}}{n}.$$

$$r = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot \sin 30^\circ}{\sqrt{(\frac{4}{3})^2 - \sin^2 30^\circ}} = 0,97 \text{ (м)}.$$

**1442.**  $d=2 \text{ м}$ ;  $n=1,6$ ;  $\alpha=55^\circ$ .  $\Delta x = ?$



\*

$$\Delta x = \frac{d}{\cos \beta} \sin(\alpha - \beta) = (d \sin \alpha - d \cos \alpha \operatorname{tg} \beta).$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n; \sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n}; \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}; \Delta x = d(\sin \alpha) \left( 1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right).$$

$$l = 4 \cdot \sin 55^\circ \left( 1 - \frac{\cos 55^\circ}{\sqrt{1,6^2 - \sin^2 55^\circ}} \right) = 1,9 \text{ (cm)}.$$

**1443.**  $\alpha = 30^\circ$ ;  $n_{\text{cr}} = 1,5$ ;  $\Delta x = 1,94 \text{ cm}$ .  $d = ?$

$$\Delta x = d \sin \alpha \left( 1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right); d = \frac{\Delta x}{\sin \alpha \left( 1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right)}.$$

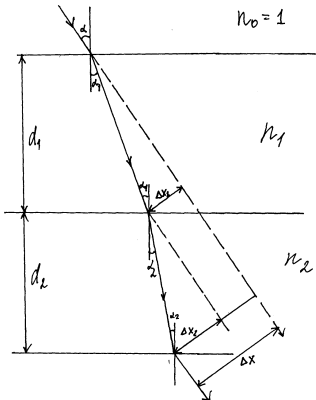
$$d = \frac{1,94}{\sin 30^\circ \left( 1 - \frac{\cos 30^\circ}{\sqrt{1,5^2 - \sin^2 30^\circ}} \right)} = 10 \text{ (cm)}.$$

**1444.**  $\sin \alpha = 0,8$ ;  $\Delta x = 2 \text{ cm}$ ;  $n = 1,7$ .

$$d = \frac{\Delta x}{\sin \alpha \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - \sin^2 \alpha}{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right)};$$

$$d = \frac{2}{0,8 \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 0,8^2}{1,7^2 - 0,8^2}} \right)} = 4,17 \text{ (cm)}.$$

**1445.**  $d_1 = 16 \text{ mm}$ ;  $d_2 = 24 \text{ mm}$ ;  $n_0 = 1$ ;  $n_1 = 1,5$ ;  $n_2 = 1,8$ ;  $\alpha = 48^\circ$ .  $\Delta x = ?$

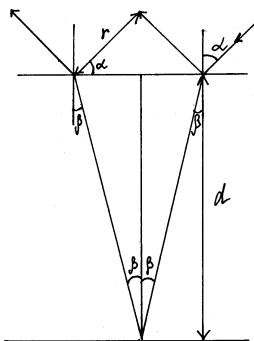


\*

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2.$$

$$\Delta x_1 = \frac{d_1}{\cos \alpha_1} \cdot \sin(\alpha - \alpha_1); \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_1} = \frac{n_1}{n_0} = n_1;$$





\*

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n; \sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n} \cdot n = 2d \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}};$$

$$n = 2 \cdot 1 \cdot \frac{\sin 60^\circ \cos 60^\circ}{\sqrt{1,73^2 - \sin^2 60^\circ}} \approx 0,58 \text{ (cm)}.$$

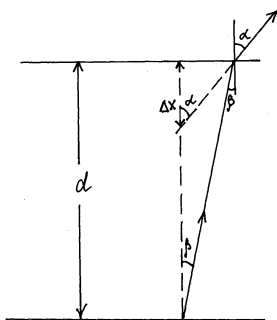
**1448.**  $d=5 \text{ cm}$ ;  $\alpha=30^\circ$ ,  $n=2,5 \text{ (cm)}$ .

См. рис. к 1447:

$$n = 2d \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} = \frac{d \sin 2\alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}; n^2 - \sin^2 \alpha = \frac{d^2 \sin^2 2\alpha}{n^2};$$

$$n = \sqrt{\frac{d^2 \sin^2 2\alpha}{n^2} + \sin^2 \alpha}; n = \sqrt{\frac{5^2 \sin^2 (2 \cdot 30^\circ)}{2,5^2} + \sin^2 30^\circ} \approx 1,8.$$

**1449.**



\*

$\Delta x = 3 \text{ mm}$ ,  $d = 4,5 \text{ mm}$ .

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n; \Delta x \operatorname{tg} \alpha = d \operatorname{tg} \beta; \text{ т. к. углы малы: } \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = n = \frac{d}{\Delta x};$$

$$n = \frac{4,5}{3} = 1,5 \text{ (мм)}.$$

**1450.**

$$\frac{\sin \alpha_{\min}}{\sin \alpha_2} = \frac{1}{k}; \frac{\sin \alpha_{\min}}{\sin \alpha_3} = \frac{\sin \alpha_{\min}}{\sin \alpha_2} \cdot \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_3} = \frac{1}{k^2}.$$

$$n; n_{i+1} = \frac{n_i}{k}; i=1, 2, \dots, N.$$

$\alpha_{\min} - ?$

$$\frac{\sin \alpha_{\min}}{\sin \alpha_1} = n; \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{k};$$

$$\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_3} = \frac{n_3}{n_2} = \frac{1}{k}. \sin \alpha_{\min} = n \sin \alpha_1 = n \sin \alpha_2 \cdot \frac{1}{k} = \frac{n}{k} \sin \alpha_3 \cdot \frac{1}{k} = \dots = \frac{n}{k^{N-1}} \sin \alpha_N.$$

1) Если луч испытывает полное отражение на границе N-ой пластины и воздуха, то получаем

$$\frac{\sin \alpha_N}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{n_N} = \frac{1}{n} k^{N-1}, \sin \alpha_{\min} = \frac{n}{k^{N-1}} \cdot \frac{k^{N-1}}{n} = 1;$$

$$\alpha_{\min} = 90^\circ,$$

т. е. луч должен падать на 1-ю пластину под углом  $90^\circ$ , чего быть не может, поэтому луч не может испытать полного отражения при выходе из N-й пластины.

2) Если луч испытывает полное отражение на какой-то i-й пластине,  $1 < i < N$ , то

$$\frac{\sin \alpha_i}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{k},$$

$$\text{т. е. } \sin \alpha_{\min} = \frac{n}{k^{i-1}} \sin \alpha_i = \frac{n}{k^i} \leq 1, \text{ но } \frac{n}{k^i} - \text{показатель преломления } (i+1)\text{-й}$$

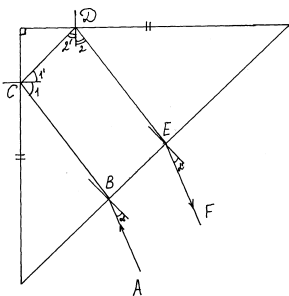
пластины – всегда больше 1.

Приходим к выводу, что под каким бы углом  $\alpha_{\min} (< 90^\circ)$  ни упал луч на 1-ую пластину, он всегда пройдет через стопку N пластин. Таким образом, не существует  $\alpha_{\min} (\alpha_{\min} < 90^\circ)$ .

**1451.**

Доказать:  $AB \parallel EF$ .





Если  $CB \parallel DE$ , то  $\beta = \beta'$ , а тогда  $\alpha = \alpha'$  согласно закону преломления  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha'}{\sin \beta'}$ .

Но если  $\alpha = \alpha'$ , то  $AB \parallel EF$ . Значит, надо доказать, что  $CB \parallel DE$ .  $\angle 1 = \angle 1'$ ,  $\angle 2 = \angle 2'$ .

$$\angle 1' = \angle 2' = 90^\circ \Rightarrow \angle 1 + \angle 2 = 90^\circ.$$

Значит,  $(\angle 1' + \angle 1) + (\angle 2' + \angle 2) = 180^\circ$ .

Углы  $(\angle 1' + \angle 1)$  и  $(\angle 2' + \angle 2)$  – внутренние односторонние при прямых  $CB$  и  $DE$  и секущей  $CD$ . Их сумма равна  $180^\circ$ . Следовательно,  $CB \parallel DE$ , а значит, и  $AB \parallel EF$ , ч. т. д.

Такая призма применяется вместо зеркала в оптических приборах (биноклях, например), в уголкового отражателях для велосипедов и т. д.

**1452.**  $\alpha = 40^\circ$ ;  $n = 1,5$ .  $\varphi = ?$

$$\angle \alpha = \angle \beta. \angle \varphi = \angle \beta' - \angle \beta = \angle \beta' - \angle \alpha;$$

$$\frac{\sin \beta'}{\sin \beta} = n;$$

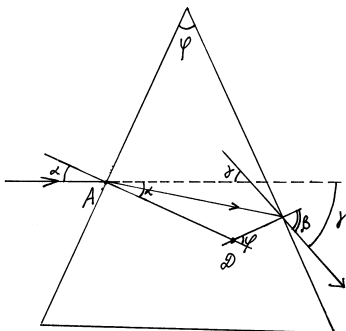
$$\sin \beta' = n \sin \beta = n \sin \alpha;$$

$$\beta' = \arcsin(n \sin \alpha).$$

$$\varphi = \arcsin(n \sin \alpha) - \alpha$$

$$\varphi = \arcsin(1,5 \sin 40^\circ) - 40^\circ = 34,5^\circ.$$

$$\mathbf{1453.} \quad \alpha = \frac{\pi}{6}; \quad \beta = \frac{\pi}{3}; \quad \gamma = \frac{\pi}{4}. \quad \varphi = ?$$



\*

Рассмотрим четырехугольник ABCD. Сумма его внутренних углов равна  $360^\circ$ , поэтому

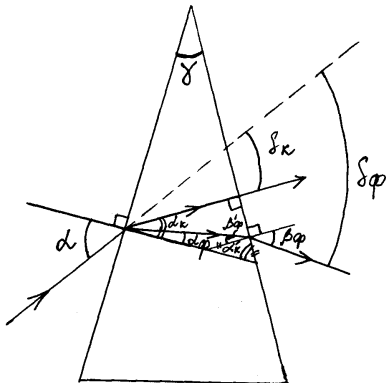
$$\alpha + \beta + (180^\circ - \gamma) + (180^\circ - \varphi) = 360^\circ$$

$$\alpha + \beta = \varphi + \gamma$$

$$\varphi = \alpha + \beta - \gamma;$$

$$\varphi = \frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{4} = \frac{\pi}{4}.$$

1454.



$$\gamma = 45^\circ; n_K = 1,37; n_\Phi = 1,42.$$

$$1) \alpha'_K = 90^\circ - \gamma = 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ; \alpha_K = 90^\circ - 2'_K = 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ.$$

$$S_K = \alpha - \alpha_K; \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_K} = n_K; \sin \alpha = n_K \alpha_K = n_K \sin \alpha_K.$$

$$\alpha = \arcsin(n_K \sin \alpha_K).$$

$$S_k = \arcsin(n_k \sin \alpha_k) - \alpha_k;$$

$$S_k = \arcsin(1,37 \cdot \sin 45^\circ) - 45^\circ = 30,6^\circ.$$

$$2) \alpha + \beta_\phi = \gamma + S_\phi \text{ (см. 1453).}$$

$$\frac{\sin \beta_\phi}{\sin \beta'_\phi} = n_\phi;$$

$$\sin \beta_\phi = n_\phi \sin \beta'_\phi.$$

$$\alpha_\phi + \beta'_\phi = 90^\circ - \alpha'_k = 45^\circ.$$

$$\beta'_\phi = 45^\circ - \alpha_\phi$$

$$\frac{\sin \alpha_\phi}{\sin \alpha} = \frac{1}{n_\phi}; \sin \alpha_\phi = \frac{\sin \alpha}{n_\phi}.$$

$$\alpha_\phi = \arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{n_\phi}\right) = \arcsin\left(\frac{n_k}{n_\phi} \sin \alpha_k\right);$$

$$\beta_\phi = 45^\circ - \arcsin\left(\frac{n_k}{n_\phi} \sin \alpha_k\right)$$

$$\beta_\phi = 45^\circ - \arcsin \frac{1,37}{1,42} \cdot \sin 45^\circ \approx 2^\circ.$$

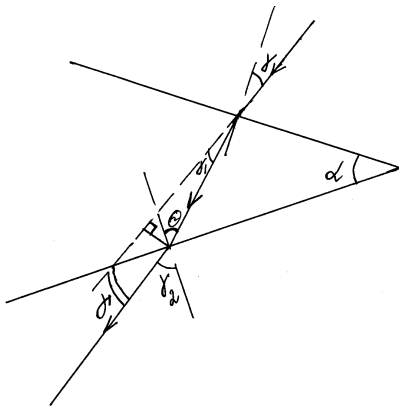
$$S_\phi = \arcsin(n_\phi \sin \alpha_\phi) + \beta_\phi - \gamma$$

$$S_\phi = \arcsin(1,37 \cdot \sin 45^\circ) + 2^\circ - 45^\circ = 32,6^\circ.$$

**1455.**

$$\alpha; n; a) \gamma; б) \gamma = 0.$$

$$\gamma = (n-1)\alpha - \text{доказать.}$$



$$\gamma + \gamma_2 = \alpha + \gamma' \text{ (см. 1453).}$$

$$\gamma' = \gamma + \gamma_2 - \alpha.$$

$$\frac{\sin \gamma}{\sin \gamma'} = n;$$

т. к. углы малы, то  $\gamma = n\gamma'$ ;

$$\varphi = \alpha + \gamma'.$$

$$\frac{\sin \varphi}{\sin \gamma_2} = \frac{1}{n}; \sin \gamma_2 = n \sin \varphi.$$

Но углы  $\gamma_2$  и  $\varphi$  малы, значит

$$\gamma_2 = n\varphi = n(\alpha + \gamma')$$

$$\gamma' = \gamma + n(\alpha + \gamma') - \alpha = 2n\gamma' + \alpha(n-1).$$

Т. к.  $\gamma' < \alpha$ , то можно пренебречь слагаемым  $2n\gamma'$  в силу малости углов.

Следовательно, получаем ответ  $\gamma' = (n-1)\alpha$ .

**1456.** 1) Часть светового луча отражается от боковой поверхности, предварительно пройдя и преломившись через основание конуса, и вторично преломляется на боковой поверхности конуса, выходя из него.

2) Часть светового пучка, прошедшего через основание конуса (испытывав преломление) и попав на боковую поверхность конуса, выходит из него, также испытывая преломление.

3) Лучи могут не выйти из конуса из-за полного внутреннего отражения. Это возможно, когда угол преломления на границе воздух-плексиглас  $\alpha' = 180^\circ - \alpha - \beta_1$ , где  $\beta_1$  – угол полного отражения плексигласа.

$$\mathbf{1457.} \quad n_c = 1,52; \text{ а) } n_{\text{воз}} = 1; \quad n_c = 1,52;$$

$$\text{б) } n_{\text{воды}} = 1,33; \quad n_{\text{воз}} = 1;$$

$$\text{в) } n_c = 1,52; \quad n_{\text{воды}} = 1,33. \quad \alpha_0 = ?$$

$$\text{а) } \frac{\sin \alpha_0}{\sin 90^\circ} = \frac{n_{\text{воз}}}{n_c}, \quad \alpha_0 = \arcsin \frac{1}{nc}. \quad \alpha_0 = \arcsin \left( \frac{1}{1,52} \right) > 41,14^\circ;$$

$$\text{б) } \sin \alpha_0 = \frac{1}{n_{\text{воды}}}; \quad \alpha_0 = \arcsin \frac{1}{1,33} = 48,75^\circ.$$

$$\text{в) } \sin \alpha_0 = \frac{n_{\text{воды}}}{nc}; \quad \alpha_0 = \arcsin \frac{1,33}{1,52} = 61,05^\circ.$$

$$\mathbf{1458.} \quad n_k = 1,51; \quad n_\phi = 1,53. \quad \alpha_{\text{ок}} = ? \quad \alpha_{\text{оф}} = ?$$

$$n_{\text{возд}} = 1$$

$$\sin \alpha_{\text{ок}} = \frac{n_{\text{воз}}}{n_k} = \frac{1}{1,51};$$

$$\alpha_{\text{ок}} = 41,47^\circ.$$

$$\text{Аналогично } \alpha_{\text{оф}} = 40,8^\circ.$$

$$\mathbf{1459.} \quad \alpha_0 = 42^\circ 23'. \quad v = ?$$

$$\frac{v}{c} = \frac{n_{\text{вак}}}{n_{\text{ск}}} = \frac{1}{n_{\text{ск}}},$$

$n_{\text{ск}}$  – абсолютный показатель преломления скипидара,

$n_{\text{вак}}=1$ —вакуума.

$$v \frac{c}{n_{\text{ск}}}; v=c \sin \alpha_0; v=3 \cdot 10^8 \cdot \sin 42^\circ 23' = 2 \cdot 10^8 \text{ (м/с)}.$$

**1460.** Полное отражение невозможно, т.к. свет переходит из менее в более плотную оптическую среду.

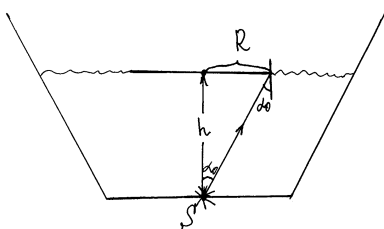
**1461.** Так как максимальный предельный угол отражения для стекла ( $\sim 42^\circ$ ) меньше  $45^\circ$ , то из-за полного отражения жук не виден.

**1462.**  $n_{\text{ст}} - ?$

Угол падения луча на вертикальную стенку пластинки  $\alpha$  должен быть больше максимального угла отражения для стекла, т. е.  $\alpha \geq 42^\circ$ .

$$\sin \alpha \leq \frac{1}{n_{\text{ст}}}. n_{\text{ст}} \geq \frac{1}{\sin 42^\circ} \cong 1,49.$$

**1463.**  $h=10$  см;  $n_{\text{воды}}=1,33$ ;  $n_{\text{возд}}=1$ .  $R - ?$



$R=h \operatorname{tg} \alpha_0$ , где  $\alpha_0$  — угол полного отражения на границе вода—воздух.

$$\sin \alpha_0 = \frac{n_{\text{возд}}}{n_{\text{воды}}} = \frac{1}{n_{\text{воды}}}; \operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{\sin \alpha_0}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha_0}} = \frac{1}{\sqrt{n_{\text{воды}}^2 - 1}};$$

$$R = \frac{h}{\sqrt{n_{\text{воды}}^2 - 1}}; R = \frac{10}{\sqrt{1,33^2 - 1}} = 11,4 \text{ (см)}.$$

**1464.**  $H=26$  см;  $n=1,64$ .  $S - ?$

$$S=\pi R^2, \text{ где } R=\frac{h}{\sqrt{n^2-1}} \text{ (см. задачу 1463).}$$

$$S=\frac{\pi h^2}{(\sqrt{n^2-1})^2} = \frac{\pi h^2}{n^2-1}; S=\frac{3,14 \cdot 26^2}{1,64^2-1}=1256 \text{ (см}^2\text{)}.$$

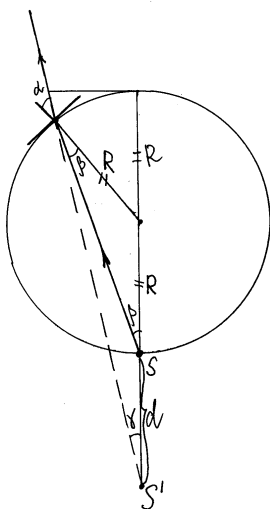
**1465.**  $n=1,8$ ;  $d=2$  см.  $h - ?$

$$d=2R, \text{ где } R=\frac{h}{\sqrt{n^2-1}} \text{ (см. задачу 1463).}$$

$$h=\frac{d}{2} \sqrt{n^2-1}; h=\frac{2}{2} \sqrt{1,8^2-1}=1,5 \text{ (см)}.$$

Если источник на глубине больше 1,5 см. Если источник на глубине меньше 1,5 см, то диск надо положить на поверхность воды.

1466.  $R; n = \frac{4}{3} \cdot d - ?$



$SS' = d;$

в силу малости углов имеем:

$2R \operatorname{tg} \beta = (2R + d) \operatorname{tg} \gamma.$

$\gamma = 180^\circ - (180^\circ - \beta) - (\alpha - \beta) = 2\beta - \alpha.$

$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n; \quad \alpha = \beta n; \quad \gamma = 2\beta - \beta n;$

$2R \operatorname{tg} \beta = (2R + d) \operatorname{tg} (2\beta - \beta n)$

$\frac{2R + d}{2R} = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} (2\beta - \beta n)} \quad d = 2R \left[ \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} [(2 - n)\beta]} - 1 \right].$

Так как угол  $\beta$  мал, то:

$d = 2R \left[ \frac{\beta}{(2 - \frac{4}{3})\beta} - 1 \right] = R.$

1467.  $\alpha; n = 1,33. \quad \varphi - ?$

$\triangle ABC: \frac{180^\circ - \varphi}{2} + 180^\circ - \alpha' + \alpha - \alpha' = 180^\circ; \quad \frac{\varphi}{2} = 90^\circ + \alpha - 2\alpha'$

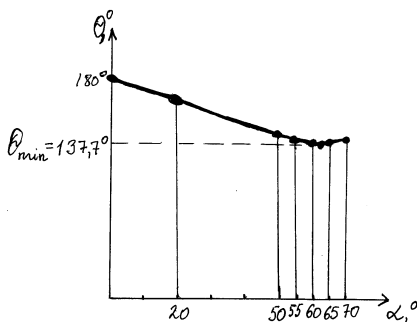
$\varphi = 180^\circ + 2\alpha - 4\alpha'. \quad \frac{\sin \alpha'}{\sin \alpha} = \frac{1}{n}; \quad \sin \alpha' = \frac{\sin \alpha}{n}; \quad \alpha' = \arcsin \left( \frac{\sin \alpha}{n} \right).$

Ответ:  $\varphi = 180^\circ + 2\alpha - 4 \arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{n}\right)$ ,  $n=1,33$ .

**1468.** а)  $\alpha = 0^\circ, 20^\circ, 50^\circ, 55^\circ, 60^\circ, 65^\circ, 70^\circ$ .

Угол отклонения  $\Theta = 180^\circ + 2\alpha - 4 \arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{n}\right)$ ,  $n=1,33$ .

$\alpha$	$0^\circ$	$20^\circ$	$50^\circ$	$55^\circ$	$60^\circ$	$65^\circ$	$70^\circ$
$\Theta$	$180^\circ$	$160,4^\circ$	$139,7^\circ$	$138,3^\circ$	$137,9^\circ$	$138,7^\circ$	$140,7^\circ$



б) из графика:  $\Theta_{\min} = 137,7^\circ$ ;

в) Вблизи  $\Theta = 138^\circ$ .

п. 60.

Линзы.

**1469.** Не всегда.

**1470.** Получить с помощью линзы четкое изображение какого-либо предмета и измерить расстояние от линзы до поверхности, на которой получено четкое изображение.

**1471.** Яркость изображения уменьшится.

**1472.**  $D=4$  дптр.  $F$  – ?

$$F = \frac{1}{D}; F = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ (м)}.$$

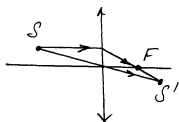
Линза собирающая ( $D > 0$ ).

**1473.**  $D = -2,5$  дптр.  $F$  – ?

$$F = \frac{1}{D}; F = \frac{1}{-2,5} = -0,4 \text{ (м)}.$$

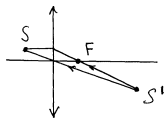
Линза рассеивающая.

**1474.**



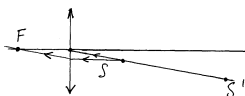
*линза собирающая*

а) Собирающая.



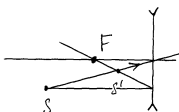
*Линза собирающая*

б) Собирающая.



*Собирающая*

в) Собирающая.

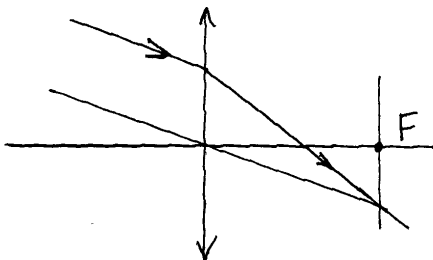


*Рассеивающая*

г) Рассеивающая.

1475. В ящике а) – собирающая, в ящике б) – рассеивающая.

1476.

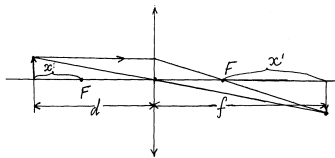


1477. Капля клея в данном случае играет роль собирающей линзы. Буквы под каплей кажутся больше соседних, потому что расположены между собирающей линзой и ее фокусом.

1478. Изображением будет точка, окруженная светлым ореолом.

1479. Доказать: (1)  $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ ;  $\Leftrightarrow x \cdot x' = F^2$  (2).





$$d=x+F; f=x'+F$$

$$\frac{1}{\delta+F} + \frac{1}{\delta'+F} = \frac{1}{F}; F(x'+x+2F)=xx'+Fx+Fx'+F^2; F^2=xx'.$$

Получим, что из 1-й формулы следует 2-ая, следовательно, из 2-й следует 1-я, что и требовалось доказать.

**1480.**  $D=5$  дптр;  $d=60$  см.  $f$  – ?

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = F; f = \frac{1}{D - \frac{1}{d}}; f = \frac{1}{5 - \frac{1}{60 \cdot 10^{-2}}} = 0,3 \text{ (м)}.$$

Изображение действительное, уменьшенное, перевернутое.

**1481.**  $d=F+25$  (см);  $f=F+36$  (см).  $F$  – ?

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}; \frac{1}{F} = \frac{1}{F+25} + \frac{1}{F+36}; F=30 \text{ (см)}.$$

**1482.**  $f+d=2$  (м);  $d=40$  см.  $F$  – ?

$$f=\alpha-d; f=2-0,4=1,6 \text{ (м)}.$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}; F = \frac{1}{\frac{1}{1,6} + \frac{1}{2}} = 0,32 \text{ (м)}.$$

**1483.**  $f=9$  см;  $F=12$  см.  $d$  – ?

$$\text{Для рассеивающей линзы: } \frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F};$$

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{f} - \frac{1}{F}; d = \frac{1}{\frac{1}{f} - \frac{1}{F}}; d = \frac{1}{\frac{1}{9} - \frac{1}{12}} = 36 \text{ (см)}.$$

**1484.**  $d_0=40$  см;  $D=2$  дптр;  $\Delta d=15$  см.  $(f_0-f_1)$  – ?

$$d_1=d_0-\Delta d; d_1=40-15=25 \text{ (см)}.$$

$$F = \frac{1}{D}; F = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ (м)} = 50 \text{ (см)} > d_1 = 40 \text{ см},$$

значит, изображение мнимое.

$$\text{Тогда } \frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \text{ (справа знак «+», т. е. линза собирающая } D = \frac{1}{F} > 0).$$

$$\frac{1}{d_0} - \frac{1}{f_0} = \frac{1}{F}; \quad \frac{1}{f_0} = \frac{1}{d_0} - \frac{1}{F}; \quad \frac{1}{f_0} = \frac{1}{40} - \frac{1}{50} = 0,005 \text{ (см)}. \quad f_0 = 2 \cdot 10^2 \text{ (см)} = 2 \text{ м};$$

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{F}; \quad f_1 = \frac{1}{\frac{1}{d_1} - \frac{1}{F}}; \quad f_1 = \frac{1}{\frac{1}{25} - \frac{1}{50}} = 50 \text{ (см)} = 0,5 \text{ (м)}. \quad f_0 - f_1 = 2 - 0,5 = 1,5 \text{ (м)}.$$

**1485.**  $d_0 = 12,5 \text{ м}$ ;  $f_0 = 85 \text{ см}$ ;  $d_1 = 10 \text{ м}$ .  $f_1 = ?$

Так как действительное изображение может быть только в собирающей линзе, то  $F > 0$ .

$$\begin{cases} \frac{1}{d_0} + \frac{1}{f_0} = \frac{1}{F} \\ \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} \end{cases}$$

Решая систему, получаем ответ:  $f_1 = 86,5 \text{ (см)}$ .

**1486.**  $f + d = 120 \text{ см}$ ;  $F = 25 \text{ см}$ .  $d = ?$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}; \quad \frac{1}{120 - d} + \frac{1}{d} = \frac{1}{25}; \quad \text{из этого уравнения получаем:}$$

$d_1 = 84,5 \text{ см}$ ;  $d_2 = 35,5 \text{ см}$ .

**1487.**  $f + d = 1 \text{ м}$ ;  $F_1 = 21 \text{ см}$ .  $d = ?$

$$1) \quad \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}; \quad \frac{1}{1 - d} + \frac{1}{d} = \frac{1}{0,21};$$

из последнего уравнения  $d_1 = 0,7 \text{ (м)}$ ,  $d_2 = 0,3 \text{ (м)}$ .

$$2) \quad \frac{1}{1 - d} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_2}; \quad \frac{1}{1 - d} + \frac{1}{d} = \frac{1}{0,26}; \quad d^2 - d + 0,26 = 0;$$

$D^2 = 1 - 4 \cdot 0,26 < 0$  – дискриминант  $< 0$ , значит четкое изображение получить нельзя.

**1488.**  $F = 60 \text{ см}$ ;  $h = 1,2 \text{ см}$ ;  $d = 60 \text{ см}$ .  $f = ?$   $h' = ?$

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}; \quad f = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{d}}; \quad f = \frac{1}{\frac{1}{60} - \frac{1}{60}} = 300 \text{ (см)}.$$

$$\frac{h'}{h} = \frac{f}{d}; \quad h' = \frac{f}{d} \cdot h; \quad h' = \frac{1,2}{60} \cdot 300 = 6 \text{ (см)}.$$

**1489.**  $d = 50 \text{ см}$ ;  $\frac{h'}{h} = \frac{1}{5}$ .  $F = ?$

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}; \quad F = \frac{d}{4}; \quad F = \frac{50}{4} \approx 12,5 \text{ (см)}.$$

**1490.**  $\frac{h'}{h} = 4,5$ ;  $d = 3,8 \text{ см}$ .  $D = ?$

$$\frac{h'}{h} = \frac{f}{d} = 4,5; -\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}; \frac{1}{d} - \frac{1}{4,5d} = \frac{1}{F} = D;$$

$$D = \frac{1}{3,8 \cdot 10^{-2}} - \frac{1}{4,5 \cdot 3,8 \cdot 10^{-2}} = 20 \text{ (дптр)}.$$

**1491.**  $d_0 = f_0 = 60 \text{ см}; d_1 = 40 \text{ (см)}$  ( $d_1 = 60 - 20 = 40 \text{ (см)}$ ).  $(\frac{h_1}{h_0})_1 - ?$

$$\frac{1}{f_0} + \frac{1}{d_0} = \frac{1}{F}; F = \frac{1}{\frac{1}{f_0} + \frac{1}{d_0}} = \frac{1}{\frac{1}{60} + \frac{1}{60}} = 30 \text{ (см)}.$$

$$(\frac{h_1}{h_0})_0 = \frac{f_0}{d_0} = 1; (\frac{h_1}{h_0})_1 = \frac{f_1}{d_1}; \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d_1}; f_1 = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{d_1}}; f_1 = \frac{1}{\frac{1}{30} - \frac{1}{40}} = 120 \text{ (см)}.$$

$$(\frac{h_1}{h_0})_1 = \frac{120}{40} = 3;$$

увеличится в 3 раза.

**1492.**  $h_1 = 5 \text{ см}; h_2 = 15 \text{ см}; h_2^1 = 10 \text{ см}; d_2 = d_2 + 1,5 \text{ (см)}$ .  $F - ?$

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{d_1} = \frac{1}{F}; \frac{f_1}{d_1} + \frac{h_2}{h_1} = 3; f_1 = \frac{h_\alpha}{h_1} d_1; \frac{1}{d_1} + \frac{1}{\frac{h_2}{h_1} d_1} = \frac{1}{F};$$

$$\frac{1}{3d_1} + \frac{1}{d_1} = \frac{1}{F}; F = \frac{3}{4} d_1; \frac{1}{f_2} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{F}; \frac{1}{d_1 + 1,5} + \frac{1}{(d_1 + 1,5) \cdot \frac{h_2}{h_1}} = \frac{1}{F};$$

$$\frac{h_2'}{h_1} = \frac{10}{5} = 2; \frac{1}{d_1 + 1,5} + \frac{1}{2(d_1 + 1,5)} = \frac{1}{F} = \frac{4}{3d_1}; \Rightarrow d_1 = 12 \text{ см};$$

$$F = \frac{3}{4} \cdot 12 = 9 \text{ (см)}.$$

**1493.**  $f_1 + d_1 = 1,5 \text{ м}; f_2 + d_2 = 4,5 \text{ м}; h_1 = 18 \text{ мин.}; h_2 = 96 \text{ мин}$ .  $F - ? h - ?$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{f_1} + \frac{1}{d_1} = \frac{1}{F}; \\ \frac{1}{f_2} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{F}; \\ \frac{h_1}{h} = \frac{f_1}{d_1}, \frac{h_2}{h} = \frac{f_2}{d_2}; \end{array} \right.$$

$$f_1 + d_1 = 4,5 \text{ (м)}.$$

Решая систему уравнений, получаем:  $F = 32 \text{ (см)}; h = 8 \text{ (мм)}$ .

**1494.**  $h = 3 \text{ см}; h_1 = 18 \text{ см}; h_2 = 9 \text{ см}; \Delta d = 6 \text{ см};$

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}; \quad \frac{1}{d_2} - \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}. \quad F - ? \quad D - ?$$

$$\frac{f_1}{d_1} + \frac{h_1}{h} = \frac{18}{3} = 6; \quad \frac{f_2}{d_2} + \frac{h_2}{h} = \frac{9}{3} = 3;$$

$$f_1 = 6d_1; \quad f_2 = 3d_2; \quad d_2 = d_1 - \Delta d = d_1 - 6 \text{ (см)}.$$

$$\begin{cases} \frac{1}{d_1} + \frac{1}{6d_1} = \frac{1}{F}; \\ -\frac{1}{3(d_1 - 6)} + \frac{1}{(d_1 - 6)} = \frac{1}{F}; \end{cases} \Rightarrow F = 12 \text{ см};$$

$$D = \frac{1}{F}; \quad D = \frac{1}{12 \cdot 10^{-2}} = 8,33 \text{ (дптр)}.$$

**1495.**  $h = 16 \text{ см}; d_1 = 80 \text{ (см)}; D = -2,5 \text{ дптр}. \Delta d = 40 \text{ см}. \frac{h_2}{h_1} - ?$

$$\frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_1} = -\frac{1}{|F|}; \quad |F| = \frac{1}{|D|}; \quad \frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_1} = -|D|; \quad \frac{f_1}{d_1} = \frac{h_1}{h};$$

$$\frac{1}{d_2} - \frac{1}{f_2} = |D|; \quad \frac{f_2}{d_2} = \frac{h_2}{h}; \quad d_2 = d_1 - \Delta d = 80 - 40 = 40 \text{ (см)}. \text{ Из системы уравнений:}$$

$$\begin{cases} \frac{1}{80} - \frac{1}{80 \frac{h_1}{h}} = -2,5 \cdot 10^{-2} = -0,025 \\ \frac{1}{40} - \frac{1}{40 \frac{h_2}{h}} = -0,025 \end{cases}$$

имеем:  $\frac{h_2}{h_1} = 1,5$ , то есть изображение увеличится в 1,5 раза.

**1496.**  $r = 24 \text{ см}; F = 9 \text{ см}. d_1 - ? \quad d_2 - ?$

Одно изображение действительное, другое – мнимое.  $f_1 = f_2. d_1 + d_2 = r;$

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{d_1} = \frac{1}{F}; \quad -\frac{1}{f_2} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{F}; \quad \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d_1} = -\left(\frac{1}{F} - \frac{1}{d_2}\right).$$

$$\frac{2}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}; \quad \frac{2}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{r - d_1}; \quad \frac{1}{d_1} + \frac{1}{24 - d_1} = \frac{2}{9};$$

Имеем:  $d_1 = 18 \text{ см}; d_2 = 6 \text{ см};$

$d_1 = 6 \text{ см}; d_2 = 18 \text{ см}.$

**1497.**  $f = 40 \text{ см}; d = 30 \text{ см}. F - ?$

Изображение мнимое, следовательно,

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}; F = \frac{1}{\frac{1}{d} - \frac{1}{f}}; F = \frac{1}{\frac{1}{30} - \frac{1}{40}} = 120 \text{ (см)}.$$

**1498.**  $D=2,5$  дптр;  $d=20$  см.  $f$  – ?

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{|f|} = D; \frac{1}{|f|} = \frac{1}{d} - D; |f| = \frac{1}{\frac{1}{d} - D}; |f| = \frac{1}{\frac{1}{0,2} - 2,5} = 40 \text{ (см)}.$$

Так как линза рассеивающая, то  $f=40$  (см).

**1499.**  $d=60$  см;  $f=30$  см.  $F$  – ?; Так как линза рассеивающая, то

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{|F|}, F < 0. \frac{1}{|F|} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d}; |F| = \frac{1}{\frac{1}{f} - \frac{1}{d}}; |F| = \frac{1}{\frac{1}{30} - \frac{1}{60}} = 60 \text{ (см)}.$$

**1500.**  $D=-2$  дптр;  $f=150$  см.  $d$  – ?

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{|F|}, |F| = \frac{1}{|D|}; \frac{1}{d} = \frac{1}{f} - \frac{1}{|F|} = \frac{1}{f} - |D|; d = \frac{1}{\frac{1}{f} - |D|};$$

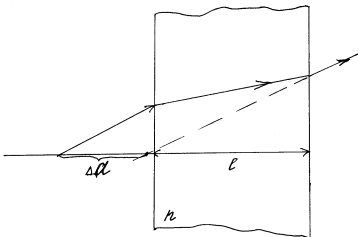
$$d = \frac{1}{\frac{1}{150} - 2} = -0,75 \text{ (см)} - \text{если бы точки пересечения лучей и их}$$

продолжений лежали бы по одну сторону от линзы. Но так как по условию они лежат по разные стороны от линзы, то  $d=75$  (см).

**1501.**  $l, F, a, \frac{l_1}{l}$  – ?

$$\frac{l_1}{l} = \frac{F^2}{(a - F)^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2}.$$

**1502.**  $d_0=30$  см;  $D=5$  дптр;  $l=15$  см;  $n=1,5$ .  $\Delta f$  – ?



Когда пластины нет:

$$\frac{1}{d_0} - \frac{1}{f_0} = \frac{1}{F} = D; \quad f_0 = \frac{1}{D - \frac{1}{d_0}}; \quad f_0 = \frac{1}{5 - \frac{1}{0,3}} = 0,6 \text{ (м)}.$$

Когда поместим пленку, то

$$\frac{1}{d_0 - \Delta d} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} = D;$$

из рисунка можно найти, что  $\Delta d = l(1 - \frac{1}{n})$ .

$$\Delta d = 15(1 - \frac{1}{1,5}) = 5 \text{ (см)}.$$

$$\frac{1}{25} + \frac{1}{f_1} = 5 \cdot 10^{-2}, \Rightarrow f_1 = 100 \text{ (см)}.$$

$$\Delta f = f_1 - f_0 = 100 - 60 = 40 \text{ (см)}.$$

**1503.**  $R_1 = R_2 = R = 30 \text{ см}$ ;  $n = 1,6$ ;  $n_{\text{возд}} = 1$ .  $D = ?$

$$\frac{1}{F} = (\frac{n}{n_{\text{возд}}} - 1)(\frac{1}{R} + \frac{1}{R}); \quad D = \frac{1}{F} = (1,6 - 1)(2 \cdot \frac{1}{30 \cdot 10^{-2}}) = 4 \text{ (дптр)}.$$

**1504.**  $D = 1 \text{ дптр}$ ;  $n = 1,6$ ;  $R = ?$

$$D = (\frac{n}{n_{\text{возд}}} - 1)(\frac{1}{R}), \text{ где } n_{\text{возд}} = 1.$$

$$R = (\frac{n}{n_{\text{возд}}} - 1)(\frac{1}{D}). \quad R = (1,6 - 1) \frac{1}{1} = 0,6 \text{ (м)}.$$

**1505.**  $n = 1,6$ ;  $F = 25 \text{ см}$ ;  $n_{\text{воды}} = 1,33$ ;  $n_{\text{возд}} = 1$ .  $F_1 = ?$

$$\frac{1}{F} = (\frac{n}{n_{\text{возд}}} - 1)(\frac{1}{R} + \frac{1}{R}); \quad R = (\frac{n}{n_{\text{возд}}} - 1)2F;$$

$$\frac{1}{F_1} = (\frac{n}{n_{\text{воды}}} - 1) \frac{2}{R} = (\frac{n}{n_{\text{воды}}} - 1) (\frac{1}{(\frac{n}{n_{\text{воды}}} - 1) \cdot F}). \quad F_1 = \frac{25(\frac{1,6}{1} - 1)}{(\frac{1,6}{1,33} - 1)} = 74 \text{ (см)}.$$

**1506.**  $D_0 = 5 \text{ дптр}$ ;  $F_1 = 100 \text{ см}$ ;  $n_{\text{линзы}} = 1,5$ .  $n = ?$

$$D_0 = (\frac{n_{\text{линзы}}}{n_{\text{воздуха}}} - 1) \frac{2}{R}.$$

$$R = \frac{2}{D_0} (\frac{n_{\text{линзы}}}{n_{\text{воздуха}}} - 1) = \frac{2}{5} (\frac{1,5}{1} - 1) = 0,2 \text{ (м)}.$$

$$\frac{1}{F_1} = (\frac{n}{n_{\text{линзы}}} - 1) \frac{2}{R}; \quad n = n_{\text{линзы}} (\frac{R}{F_1} + 1); \quad n = 1,5 (\frac{0,2}{2 \cdot 1} + 1) = 1,65.$$

**1507.**  $F_0=10$  см;  $F_1=55$  см;  $n=1,44$ .  $n_{\text{ст}}=?$

В воздухе:  $\frac{1}{F_0}=(\frac{n_{\text{ст}}}{1}-1)\frac{2}{R}$ ;  $R=2F_0(n_{\text{ст}}-1)$ .

В жидкости:  $\frac{1}{F_1}=(\frac{n_{\text{ст}}}{n}-1)\frac{2}{R}$ ;  $\frac{1}{F_1}=(\frac{n_{\text{ст}}}{n}-1)\frac{1}{F_0(n_{\text{ст}}-1)}$ ;

откуда  $n=1,6$ .

**1508.**  $n=1,61$ ;  $R_1=R_2=R$ ;  $D'=1,6$  дптр;  $n_{\text{воды}}=1,33$ .  $R=?$

$$\frac{1}{F'}=D'=\frac{2}{R}(\frac{n}{n_{\text{воды}}}-1); R=\frac{2}{D'}(\frac{n}{n_{\text{воды}}}-1); R=\frac{2}{1,6}(\frac{1,61}{1,33}-1)=0,26 \text{ (м)}.$$

п. 61. Оптические приборы. Глаз.

**1509.** а) Да; б) Нет.

**1510** На снимке получился белый осел.

**1511.** У фотоаппарата с коротким фокусом выдержка должна быть меньше.

**1512.** Близорук.

**1513.** Близорукий.

**1514.**  $h=12$  см;  $h'=80$  см;  $d=20,5$  см.  $D=?$

$$\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=D; \frac{f}{d}=\frac{h'}{h}; f=\frac{h'}{h}d;$$

$$D=\frac{1}{d}+\frac{h}{h'd}=\frac{1}{d}(1+\frac{h}{h'}). D=\frac{1}{20,5 \cdot 10^{-2}}(1+\frac{2 \cdot 10^{-2}}{80 \cdot 10^{-2}})=5 \text{ (дптр)}.$$

**1515.**  $F=15$  см;  $d=15,6$  см.

$$\frac{h'}{h}=?$$

$$\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}; \frac{1}{f}=\frac{1}{F}-\frac{1}{d}; f=\frac{1}{\frac{1}{F}-\frac{1}{d}}; \frac{h'}{h}=\frac{f}{d}; \frac{h'}{h}=\frac{1}{d(\frac{1}{F}-\frac{1}{d})};$$

$$\frac{h'}{h}=\frac{1}{15,6(\frac{1}{15}-\frac{1}{15,6})}=25.$$

**1516.**

$$\frac{h'}{h}=25; d=20,8 \text{ см.}$$

$D=?$

$$D=\frac{1}{f}+\frac{1}{d}; \frac{f}{d}=\frac{h'}{h}; f=\frac{h'}{h}d; D=\frac{1}{\frac{h'}{h}d}+\frac{1}{d};$$

$$D=(\frac{1}{25 \cdot 20,8}+\frac{1}{20,8}) \cdot 10^2=5 \text{ (дптр)}.$$

**1517.**  $D=5,4$  дптр;  $f=4$  см;  $S=6 \times 9$  (см<sup>2</sup>).  $S_1=ab - ?$

$$\frac{1}{d} = D - \frac{1}{f}; d = \frac{1}{D - \frac{1}{f}}; d = \frac{1}{5,4 - \frac{1}{4}} = 0,194 \text{ (м)}.$$

$$\frac{h'}{h} = \frac{f}{d}; \frac{h'}{h} = \frac{4}{0,194} = 20,6.$$

$$\frac{a}{b \cdot 10^{-2}} = \frac{h'}{h}; \frac{b}{9 \cdot 10^{-2}} = \frac{h'}{h}; a = 0,06 \frac{h'}{h}; b = 0,09 \frac{h'}{h}.$$

$a = 0,06 \cdot 20,6 = 1,24$  (м);  $b = 0,09 \cdot 20,6 = 1,85$  (м).

**1518.**  $d_0=15$  м;  $h_0=30$  мм;  $d_1=9$  м;  $h_1=51$  мм.  $F - ?$

$$\begin{cases} \frac{1}{d_0} + \frac{1}{f_0} = \frac{1}{F} \\ \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} \end{cases}$$

$$\frac{f_0}{d_0} = \frac{h_0}{h}, \frac{f_1}{d_1} = \frac{h'}{h}, h - \text{истинное изображение предмета.}$$

$$\frac{f_0}{f_1} = \frac{d_0 h_0}{d_1 h_1} \cdot \begin{cases} \frac{1}{f_0} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d_0} \\ \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d_1} \end{cases}; \frac{f_0}{f_1} = \left( \frac{1}{F} - \frac{1}{d_1} \right) \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{d_0}} = \frac{d_0 h_0}{d_1 h_1}.$$

$$\frac{d_1 h_1}{F} - h_1 = \frac{d_0 h_0}{F} - h_0; \frac{d_1 h_1 - d_0 h_0}{F} = h_1 - h_0.$$

$$F = \frac{d_1 h_1 - d_0 h_0}{h_1 - h_0}; F = \frac{9 \cdot 51 \cdot 10^{-3} - 15 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{(51 - 30) \cdot 10^{-3}} = 0,43 \text{ (м)}.$$

**1519.**  $d_0=8,5$  м;  $h_0=13,5$  мм;  $d_1=2$  м;  $h_1=60$  мм.  $F - ?$

$$F = \frac{d_1 h_1 - d_0 h_0}{h_1 - h_0} \text{ (см. 1518).}$$

$$F = \frac{2 \cdot 60 \cdot 10^{-3} - 8,5 \cdot 13,5 \cdot 10^{-3}}{(60 - 13,5) \cdot 10^{-3}} = 0,114 \text{ (м)}.$$

**1520.**  $d=100$  км;  $F=40$  см;  $h_{\min}=10^{-2}$  мм. а)  $h'_{\min} - ?$ ; б)  $t - ?$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}; \frac{f}{d} = \frac{h_{\min}}{h'_{\min}}; f = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{d}};$$



$$h'_{\min} = h_{\min} d \frac{1}{f} = d h_{\min} \left( \frac{1}{F} - \frac{1}{d} \right) = h_{\min} \left( \frac{d}{F} - 1 \right); \quad h'_{\min} = 10^{-2} \cdot 10^{-3} \left( \frac{100 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-2}} - 1 \right) = 10$$

(м);

б) за время экспозиции  $t$  изображение смещается на снимке на расстояние  $r_c$ , а на орбите – на расстояние  $r = vt$ , где  $v = 8$  км/с,  $r_c = h_{\min} = 10^{-2}$  мм.

$$\frac{r}{r_c} = \frac{d}{f} = d \left( \frac{1}{F} - \frac{1}{d} \right) = \frac{d}{F} - 1; \quad \frac{vt}{r_c} = \frac{d}{F} - 1; \quad t = \frac{r_c}{v} \left( \frac{1}{F} - 1 \right) = \frac{h_{\min}}{v} \left( \frac{d}{F} - 1 \right);$$

$$t = \frac{10^{-2} \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 10^3} \left( \frac{10^5}{10^{-1}} - 1 \right) = 0,00125 \text{ с} = 1,25 \text{ (мс)}.$$

**1521.**  $v = 10$  м/с;  $r = 0,2$  мм;  $F = 10$  см;  $d = 5$  м.

$$t = \frac{r}{v} \left( \frac{d}{F} - 1 \right) \text{ (см. задачу 1520, б)}; \quad t = \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{10} \left( \frac{5}{10^{-1}} - 1 \right) = 0,001 \text{ (с)}.$$

**1522.**  $h = 5$  м;  $d = 10$  м;  $F = 10$  см;  $t = 0,5$  мм.

$$h = \frac{v^2}{2g}; \quad v - \text{скорость, с которой прыгун входит в воду.}$$

$$v = \sqrt{2gh}; \quad t = \frac{r}{v} \left( \frac{d}{F} - 1 \right) = \frac{r}{\sqrt{2gh}} \left( \frac{d}{F} - 1 \right) \text{ (см. задачу 1520, б)}.$$

$$t = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 5}} \left( \frac{10}{10^{-1}} - 1 \right) = 0,005 \text{ (с)}.$$

**1523.**  $F = 8$  см; расстояние наилучшего зрения  $f = 25$  см.  $d = ?$

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}; \quad d = \frac{1}{\frac{1}{f} + \frac{1}{F}}; \quad d = \frac{1}{\frac{1}{25} + \frac{1}{8}} = 6,06 \text{ (см)}.$$

**1524.**  $d = 16$  см;  $f = 25$  см.  $D = ?$

Так как линзы у очков рассеивающие, то

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -D; \quad D = \frac{1}{f} - \frac{1}{d}; \quad D = \frac{1}{25 \cdot 10^{-2}} - \frac{1}{16 \cdot 10^{-2}} = -2,25 \text{ (дптр)}.$$

**1525.**  $d = 15$  см;  $f = 25$  см.  $D = ?$

$$D = \frac{1}{f} - \frac{1}{d} \text{ (см. задачу 1524)};$$

$$D = \frac{1}{25 \cdot 10^{-2}} - \frac{1}{15 \cdot 10^{-2}} = -2,67 \text{ (дптр)}.$$

$$\textbf{1526. } D = -4 \text{ дптр; } F = 25 \text{ см. } d_{\max} = ?; \quad \frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -D; \quad d = \frac{1}{\frac{1}{f} - D}.$$

Но  $F = \frac{1}{|D|} = \frac{1}{4} = 25$  (см) – это расстояние наилучшего зрения, т. е.  $d_{\max} = 25$  см.

**1527.**  $f = 50$ ;  $d = 25$  см.  $F = ?$   $D = ?$

$$F = \frac{1}{\frac{1}{d} - \frac{1}{f}}; D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}.$$

$$F = \frac{1}{\frac{1}{25 \cdot 10^{-2}} - \frac{1}{50 \cdot 10^{-2}}} = 0,5 \text{ (м)}; D = \frac{1}{25 \cdot 10^{-2}} - \frac{1}{50 \cdot 10^{-2}} = 2 \text{ (дптр)}.$$

**1528.**  $D = 2,5$  дптр;  $d = 0,2$  м.  $f = ?$

$$D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}; f = \frac{1}{\frac{1}{d} - D}; f = \frac{1}{\frac{1}{0,2} - 2,5} = 0,4 \text{ (м)}.$$

**1529.**  $f_1 = 10$  см;  $f_2 = 25$  см;  $D = -4$  дптр.  $d_1 = ?$   $d_2 = ?$

$$d_1 = \frac{1}{\frac{1}{f_1} - |D|}; d_1 = \frac{1}{\frac{1}{10 \cdot 10^{-2}} - 4} = \frac{1}{6} = 0,167 \text{ (м)}.$$

Когда  $f_2 = 25$  см – расстояние наилучшего зрения, то очки не нужны.

**1530.**  $h_{\max} = 30$  см;  $n = 1,3$ .  $D = ?$

В воде предмет кажется погруженным на глубину в  $n$  раз меньше, чем на самом деле, из-за преломления света на границе воздух-вода, т. е. на глубину  $h = \frac{h_{\max}}{n}$ ;  $d = 25$  см; расстояние наилучшего зрения –

$$|D| = \frac{1}{d} - \frac{n}{R_{\max}}; |D| = \frac{n}{R_{\max}} - \frac{1}{d}; |D| = \frac{1,3}{30 \cdot 10^{-2}} - \frac{1}{25 \cdot 10^{-2}} = 0,4 \text{ (дптр)},$$

но линза рассеивающая, поэтому

**1531.**  $r = 3,84 \cdot 10^5$  км;  $t = 1,28$  с.

$$v = \frac{r}{t}; v = \frac{3,84 \cdot 10^5 \cdot 10^3}{1,28} = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}.$$

**1532.** Частота не меняется, длина волны меняется.

**1533.**  $4 \cdot 10^{14}$  Гц  $< \nu < 7,5 \cdot 10^{14}$  Гц;  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с.

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{14}} \text{ (нм)} > \lambda > \frac{3 \cdot 10^8}{7,5 \cdot 10^{14}} \text{ (нм)}. 400 \text{ нм} < \lambda < 750 \text{ нм}.$$

**1534.**  $\nu = 9,5 \cdot 10^{14}$  Гц.  $\lambda = ?$

$$\lambda = \frac{c}{\nu};$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{9,5 \cdot 10^4} = 316 \text{ нм} < 400 \text{ нм} - \text{такое излучение глазом не воспринимается.}$$

$$1535. \lambda = 0,589 \text{ мкм.}$$

$$v = \frac{c}{\lambda}; v = \frac{3 \cdot 10^8}{0,589 \cdot 10^{-6}} = 5,09 \cdot 10^{14} \text{ (Гц).}$$

$$1536. n_k = 1,329; n_\phi = 1,344. v_k - ? v_\phi - ? v_k - v_\phi - ?$$

$$v = \frac{c}{n}; v_k = \frac{c}{n_k}; v_\phi = \frac{c}{n_\phi}.$$

$$v_k = \frac{3 \cdot 10^8}{1,329} = 2,26 \cdot 10^8 \text{ (м/с). } v_\phi = \frac{3 \cdot 10^8}{1,344} = 2,23 \cdot 10^8 \text{ (м/с).}$$

$$v_k - v_\phi = 0,03 \cdot 10^8 \text{ (м/с)} = 3 \cdot 10^6 \text{ (м/с).}$$

$$1537. v = 7,5 \cdot 10^{14} \text{ Гц; } v = 2,23 \cdot 10^3 \text{ (км/с). } \Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2 - ?$$

$$\lambda_1 = \frac{c}{v}; \lambda_1 = \frac{3 \cdot 10^8}{7,5 \cdot 10^{14}} = 400 \text{ (нм); } \lambda_2 = \frac{v}{v}; \lambda_2 = \frac{2,23 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{7,5 \cdot 10^{14}} = 297 \text{ (нм);}$$

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2; \Delta\lambda = 103 \text{ (нм).}$$

$$1538. \lambda_1 = 0,6 \text{ мкм; } \lambda_2 = 0,4 \text{ мкм.}$$

$$\text{Не может, так как } \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{0,6}{0,4} = 1,5 - \text{ где } n_1 \text{ и } n_2 - \text{ показатели}$$

преломления среды для света с длинами волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ . Не существует среды, у которой показатель преломления меняется в таких широких пределах (от  $n_1$  до  $n_2 = 1,5n_1$ ) для данных волн.

1539. Дисперсия стекла для красных и синих лучей разная. Показатель преломления меняется быстрее там, где короче длина волны. В спектре, полученной с помощью стеклянной призмы, красная линия уже синей.

1540. Не совпадают; а) фокус для красных лучей больше; б) фокус для красных лучей меньше.

1541. Зеленым.

1542. Через стекло красного цвета.

1543. Зелеными кажутся тела, отражающие зеленый цвет, а черными – не отражающие зеленый цвет.

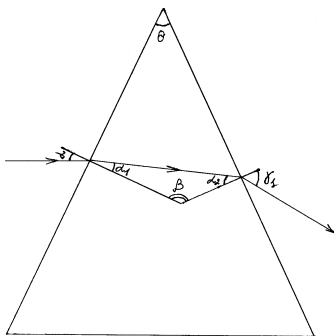
1544. Так как синяя и фиолетовая части спектра рассеиваются сильнее остальных, то небо, стекло, бумага приобретают синий цвет.

1545. Так как красные лучи рассеиваются меньше лучей других цветов, проходя через матовую поверхность, то раскаленная часть имеет красноватый оттенок.

1546. Потому что красный цвет рассеивается меньше всего, поэтому видны с наибольшего расстояния.

1547. Фокус оптической системы глаза для красных лучей больше.

$$1548. \alpha = 30^\circ; \Theta = 45^\circ; n_1 = 1,52; n_2 = 1,67. \gamma - ?$$



$$\beta + \Theta = 180^\circ; \beta = 180^\circ - \Theta; \alpha_1 + \alpha_2 = 180^\circ - \beta; \alpha_1 + \alpha_2 = \Theta;$$

$$\frac{\sin \gamma_1}{\sin \gamma_2} = n_k - \text{для красного луча.}$$

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha} = \frac{l}{n_k}; \gamma_1 = \arcsin(n_k \sin \alpha_2) > (n_k \sin(\Theta - \alpha_1))$$

$$\alpha_1 = \arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{n_k}\right); \gamma_1 = \arcsin[n_k \sin(\Theta - \arcsin(\frac{\sin \alpha}{n_k}))];$$

$$\gamma_1 = \arcsin[1,52 \cdot \sin(45 - \arcsin(\frac{\sin 30^\circ}{1,52}))] \approx 44^\circ.$$

Аналогично для фиолетового луча  $\gamma_2 = 50^\circ$ .  $\gamma = \gamma_2 - \gamma_1 = 6^\circ$ .

**1549.** Нельзя.

**1550.** В тонких пленках их нижние и верхние поверхности, отражающие свет, дают когерентные волны.

**1551.** Толщина пленки в разных местах неодинаковая.

**1552.** В тонком слое масляного пятна происходит интерференция света.

**1553.** Толщина пленки различна.

**1554.** Цвет пленки в зависимости от ее поворота будет либо голубым, либо синим, либо фиолетовым.

**1555.** Под действием силы тяжести раствор масла будет стекать вниз, изменяя толщину пленки, тем самым меняя условия максимумов и минимумов интерференционных полос. Поэтому ширина полос уменьшается. Когда разность хода лучей в пленке станет меньше, чем  $\frac{\lambda}{\phi}$  ( $\lambda$

– длина волны света), то образуется темное пятно.

**1556.** Нельзя.

**1557.** Нельзя.

**1558.** Форма пленки – клинообразная.

**1559.** На экране будут видны чередующиеся темные и светлые полосы. Яркость будет уменьшаться при удалении от центра экрана.

**1560.** Ширина полос уменьшится в  $n$  раз, где  $n$  – показатель преломления воды.

**1561.** Для того, чтобы свет, дифрагируя на отверстии экрана А, попадал в отверстия экрана В.

**1562.** На экране С интерференционной картины не будет.

**1563.** Потому что лучи 2 и 3, пройдя через линзу, при выходе из нее приобретают разность хода, а луч 4 – нет.

**1564.** а) темное пятно; б) светлое пятно.

**1565.** Чтобы разность лучей была равна  $\frac{\lambda}{\alpha}$ , так как в этом случае в результате интерференции лучи, отраженные от внешней и внутренней поверхностей пленки, полностью гасят друг друга.

**1566.** Линза пропускает среднюю часть спектра и отражает крайние его части. Поэтому линза кажется фиолетовой.

**1567.**  $d=0,5$  мкм;  $\lambda=590$  нм;  $n=1,48$

$2dn=m\frac{\lambda}{\alpha}$ ,  $m$  – целое число полуволен.

$m=\frac{4dn}{\lambda}$ ;  $m=\frac{4 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1,48}{590 \cdot 10^{-9}}=5$  – нечетное число полуволен. Значит, в

проходящем свете пленка будет черной. Если пленку наклонять, то она будет приобретать то желтый, то снова черный цвета.

**1568.**  $n=1,54$ ;  $\lambda=750$  нм; а) красная; б) черная.  $d_{\min}=?$

а)  $2nd_{\min}=m\frac{\lambda}{2}$ ;  $m=1$  – для отраженного света.

$d_{\min}=\frac{\lambda}{4n}=122$  (нм);

б)  $m=2$ ;  $d_{\min}=\frac{\lambda}{2n}=244$  (нм).

**1569.**  $\Delta d=2$  мкм. а)  $\lambda=760$  нм; б)  $\lambda=600$  нм; в)  $\lambda=400$  нм.

а)  $\Delta d=m\frac{\lambda}{2}$ ;  $m=\frac{2\Delta d}{\lambda}$ .  $m=\frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{0,76 \cdot 10^{-6}} \cong 5$  – ослабление;

б)  $m=\frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{0,6 \cdot 10^{-6}} \cong 7$  – ослабление;

в)  $m=\frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{0,4 \cdot 10^{-6}}=10$  – усиление.

**1570.**  $\Delta d=1,2$  мкм;  $\lambda=600$  мкм. а)  $n=1$ ; б)  $n=1,33$ ; в)  $n=1,5$ ;

$$a) n\Delta d = m \frac{\lambda}{2}; m = \frac{2\Delta d \cdot n}{\lambda}; m = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{0,6 \cdot 10^{-6}} = 4 - \text{свет усилится};$$

$$б) m = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,33}{0,6 \cdot 10^{-6}} \approx 5 - \text{свет ослабится};$$

$$в) m = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5}{0,6 \cdot 10^{-6}} = 6 - \text{свет усилится}.$$

$$1571. \lambda_0 = 480 \text{ нм}; \Delta d = 120 \text{ мкм}; S = 3,6 \text{ м}; \lambda_1 = 650 \text{ нм}. d_0 - ? d_1 - ?$$

$$d = \frac{\lambda \cdot S}{\Delta d}; d_0 = \frac{\lambda_0 S}{\Delta d}; d_1 = \frac{\lambda_1 S}{\Delta d}.$$

$$d_0 = \frac{480 \cdot 10^{-9} \cdot 3,6}{120 \cdot 10^{-6}} = 14,4 \text{ (мм)}; d_1 = \frac{650 \cdot 10^{-9} \cdot 3,6}{120 \cdot 10^{-6}} = 19,5 \text{ (мм)}.$$

$$1572. \Delta d = 0,32 \text{ мм}; S = 3,2 \text{ м}; \lambda_k = 760 \text{ нм}; \lambda_\phi = 400 \text{ нм}.$$

$$\Delta x - ? m = 2.$$

$$\Delta x = x_1 - x_2, \text{ где } x_1 = \frac{m\lambda_k S}{\Delta d}; x_2 = \frac{m\lambda_\phi S}{\Delta d}; \Delta x = \frac{mS}{\Delta d} (\lambda_k - \lambda_\phi);$$

$$\Delta x = \frac{2 \cdot 3,2}{0,32 \cdot 10^{-3}} (760 - 400) \cdot 10^{-9} = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}.$$

$$1573. \lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}; S = 4 \text{ м}; \Delta x = 2 \text{ см}; \Delta d - ?$$

$$\Delta d = \frac{\lambda S}{\Delta x}; \Delta d = \frac{5 \cdot 10^{-7} \cdot 4}{2 \cdot 10^{-2}} = 10^{-4} \text{ (м)}.$$

$$1574. \lambda = 520 \text{ нм}; l = 4 \text{ см}; N = 8,5; S = 2,75. \Delta d - ?$$

$$\text{Ширина одной полосы } \Delta x = \frac{l}{N}.$$

$$\Delta d = \frac{\lambda S}{\Delta x} = \frac{N\lambda S}{l}. \Delta d = \frac{8,5 \cdot 520 \cdot 10^{-9} \cdot 2,75}{4 \cdot 10^{-2}} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ (м)}.$$

$$1575. \Delta d = 0,02 \text{ мм}; \lambda_r = 400 \text{ нм}; \lambda_{\text{ж}} = 600 \text{ нм}. S = 2 \text{ м}; k_r.$$

$$k_{\text{ж}} - ? \Delta x - ?$$

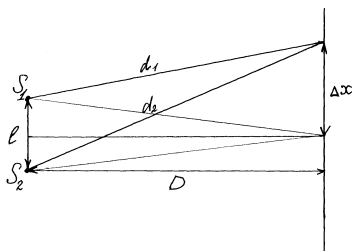
$$x_r = \frac{k_r \lambda_r S}{\Delta d} = k_r \cdot \frac{400 \cdot 10^{-9} \cdot 2}{0,02 \cdot 10^{-3}} = 0,04 k_r \text{ (м)}.$$

$$x_{\text{ж}} = \frac{k_{\text{ж}} \lambda_{\text{ж}} S}{\Delta d} = k_{\text{ж}} \cdot \frac{0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 2}{0,02 \cdot 10^{-3}} = 0,06 k_{\text{ж}} \text{ (м)}.$$

$$x_r = x_{\text{ж}}: 0,04k = 0,06k,$$

значит  $k_r = 3m$ ,  $k_{\text{ж}} = 2m$ ,  $m$  — целое число. Линии будут совмещаться на расстояниях 12 см, 24 см, 36 см и т. д.

$$1576. l, D \gg l, \lambda. \Delta x - ?$$



Условие максимума:  $d_2 - d_1 = k\lambda$ .

$$d_1^2 = \left(\Delta x - \frac{l}{2}\right)^2 + D^2$$

$$d_2^2 = \left(\Delta x + \frac{l}{2}\right)^2 + D^2;$$

$$d_1^2 - d_2^2 = (d_1 - d_2)(d_1 + d_2) \approx -k\lambda \cdot 2D.$$

Т. к.  $D \gg l$ ,  $(d_1 + d_2 \approx 2D)$ .

$$d_1^2 - d_2^2 \approx -1.2\Delta x;$$

$$2k\lambda D \approx 2l\Delta x;$$

для соседних полос  $k=1$ , поэтому

$$\Delta x = \frac{\lambda D}{l}.$$

**1577.**  $\alpha = 180^\circ$ ;  $d_1 = d_2 = d$ ;  $AO = a$ ;  $\lambda$ .  $\Delta x$  — ?

Расстояние от источника  $S$  до зеркала обозначим через  $b$ , угол  $S'SS^4$  через  $\beta$ , причем  $\beta$  — мал, т. к. между зеркалами угол близок к  $180^\circ$ . Расстояние между мнимыми изображениями  $S$  и  $S^4$   $\frac{\Delta d}{2} = 2b \sin \frac{\beta}{2} \approx 2b \frac{\beta}{2} = b\beta$ ,  $\Delta d = 2b\beta$ ,

тогда  $\Delta x = \frac{\lambda D}{\Delta d}$  (см. 1576), где  $D = a + b$  — расстояние мнимых изображений  $S_1$  и  $S_2$  до экрана  $MN$ .

Таким образом,  $\Delta x = \frac{\lambda(a+b)}{2b \cdot \beta}$ .

**1578.** Изображение будет сдвинуто на ширину одной интерференционной полосы.

**1579.**  $a = 1$  м;  $b = 4$  м;  $\alpha = 0,002$  рад;  $n = 1,5$ ;  $\lambda = 600$  нм;  $\Delta x$  — ?

$\Delta x = \frac{\lambda(a+b)}{\Delta d}$ ; где  $\Delta d$  — расстояние между мнимыми источниками  $S_1$  и  $S_2$ .

$$S_1 S_2 = \Delta d; SS_1 = SS_2 = \frac{\Delta d}{2}.$$

$$S_1 S_2 = \frac{\Delta d}{2} + a \operatorname{tg} \alpha = a(n \operatorname{tg} \alpha), \text{ откуда } \Delta d = 2a(n-1) \operatorname{tg} \alpha \approx 2a(n-1)\alpha.$$

(Здесь учтено, что угол  $\alpha$  мал и углы падения и преломления при переходе через призму также малы).

$$\Delta x = \frac{\lambda(a+b)}{1a(n-1)\alpha}; \Delta x = \frac{600 \cdot 10^{-9}(1+4)}{2 \cdot 1 \cdot (1,5-1) \cdot 0,002} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}.$$

**1580.**  $\lambda = 600$  нм;  $\Delta d = 1$  мм;  $S = 3$  м;  $m = 1, 2, 3$ .  $x_1$  — ?  $x_2$  — ?  $x_3$  — ?

$$x = \frac{\lambda S}{\Delta d}; x_1 = \frac{\lambda S}{\Delta d}; x_2 = \frac{2\lambda S}{\Delta d} = 2x_1; x_3 = \frac{3\lambda S}{\Delta d} = 3x_1; x_1 = \frac{600 \cdot 10^{-9} \cdot 3}{10^{-3}} = 1,8 \text{ (мм)};$$

$$x_2 = 3,6 \text{ (мм)};$$

$$x_3=5,4 \text{ (мм)}.$$

$$\mathbf{1581.} \ R=8,6 \text{ м; } m=4; \ r_4=4,5 \text{ мм. } \lambda - ?$$

Для темных колец в отраженном свете:

$$r_m = \sqrt{m\lambda R}; \lambda = \frac{r_m^2}{mR}; \lambda = \frac{(4,5 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 8,6} = 589 \text{ (нм)}.$$

$$\mathbf{1582.} \ \lambda=600 \text{ нм; } m=4; \ d - ?$$

Условие минимума освещенности в отраженном свете:  $2d=m\lambda$ ;

$$d = \frac{m\lambda}{2}; d = \frac{4}{2} \cdot 600 \cdot 10^{-9} = 1,2 \text{ (мкм)}.$$

$$\mathbf{1583.} \ r=5,3 \text{ мм; } R=18 \text{ м; } \lambda=450 \text{ нм; } n=1,36. \ m - ? \ r_n - ?$$

Радиус светлого кольца в отраженном свете.

$$r_m = \sqrt{(2m-1)R \frac{\lambda}{2}}; (2m-1) = \frac{2r_m^2}{r\lambda} (2m-1) = \frac{2 \cdot (5,3 \cdot 10^{-3})^2}{18 \cdot 450 \cdot 10^{-9}} = 6,94;$$

$$\lambda_m = 7,94.$$

$m=3,96 \approx 4$  – кольцо на самом деле светлое, так  $m \approx 4$  – целое число. При помещении в зазор этилового спирта

$$r_n = \frac{5,3}{\sqrt{1,36}} = 4,5 \text{ (мм)}.$$

$$\mathbf{1584.} \ \frac{r_2}{r_1} = \frac{1}{1,25}. \ n - ?$$

Для темных колец в отраженном свете

$$r_1 = \sqrt{m\lambda R}.$$

При заполнении жидкостью

$$r_2 = \sqrt{m \frac{\lambda}{n} R}; \frac{r_1^2}{r_2^2} = 1,25^2 = 1,5625; \frac{r_1^2}{r_2^2} = n, n = 1,5625.$$

$$\mathbf{1585.} \ R=15 \text{ м; } m_1=5; \ m_2=25; \ \Delta d=9 \text{ мм. } \lambda - ?$$

Для световых колец в отраженном свете

$$r_m = \sqrt{(2m-1) \frac{\lambda R}{2}};$$

$$\Delta d = r_{m_2} - r_{m_1} = \sqrt{(2m_2-1) \frac{\lambda}{2} R} - \sqrt{(2m_1-1) \frac{\lambda}{2} R} = 7 \sqrt{\frac{\lambda}{2} R} - 3 \sqrt{\frac{\lambda}{2} R} = 4 \sqrt{\frac{\lambda}{2} R};$$

$$\lambda = \frac{(\Delta d)^2}{8R}. \lambda = \frac{(9 \cdot 10^{-3})^2}{8 \cdot 15} = 675 \text{ (нм)}.$$

$$\mathbf{1586.} \ r_m=4,0 \text{ мм; } r_{m+1}=4,38 \text{ мм; } R=6,4 \text{ м. } m - ? \ x - ?$$

$$r_m = \sqrt{m\lambda R};$$



$$\left(\frac{r_{m+1}}{r_m}\right)^2 = \frac{m+1}{m} = 1 + \frac{1}{m}; m = \frac{1}{\left(\frac{r_{m+1}}{r_m}\right)^2 - 1}; m = \frac{1}{\left(\frac{4,38}{4,0}\right)^2 - 1} \cong 5.$$

$$\lambda = \frac{r_m^2}{mR}; \lambda = \frac{(4 \cdot 10^{-3})^2}{5 \cdot 6,4} = 500 \text{ (нм)}.$$

Кольца имеют 5 и 6 порядковые номера.

**1587.**  $R=5 \text{ м}$ ;  $m_c=4$ ;  $\lambda=400 \text{ нм}$ ;  $m_k=3$ ;  $\lambda=630 \text{ нм}$ .  $r_c - ?$   $r_k - ?$

$$r_m = \sqrt{m\lambda R}.$$

Радиус среднего кольца

$$r_c = \sqrt{4 \cdot 400 \cdot 10^{-9} \cdot 5} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ (м)};$$

$$\text{красного} - r_k = \sqrt{3 \cdot 630 \cdot 10^{-9} \cdot 5} = 3,07 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}.$$

**1588.** Ошибка в условии: следует писать:  $20''$  вместо  $20^\circ$ .

$\lambda=582 \text{ нм}$ ;  $\alpha=20''$ ;  $n=1,5$ .  $N - ?$

Для клина условие минимума (т.е. темной полосы)  $2dn=N\lambda$ , где  $d$  – толщина клина,  $d=a \cdot \operatorname{tg} \alpha$ ,  $a=1 \text{ см}$  – единица длины.

$$N = \frac{2 \operatorname{arctg} \alpha}{\lambda};$$

$$N = \frac{2 \cdot 10^{-2} \cdot 1,5 \cdot \operatorname{tg} 20''}{582 \cdot 10^{-9}} \approx 5 \text{ (полос)}.$$

**1589.**  $S=20 \text{ см}$ ;  $\lambda=750 \text{ нм}$ ;  $N=8 \text{ полос/см}$ .

Здесь используется модель «воздушного» клина, т. е.  $n=1$ .

Если  $d$  – толщина полосы, то:

$2dn=N'\lambda$ , где  $N'=N \cdot S$

$$d = \frac{N'\lambda}{2n} = \frac{NS\lambda}{2}; d = \frac{8 \cdot 20 \cdot 750 \cdot 10^{-9}}{2} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ (м)}.$$

**1590.**  $\lambda_1=631 \text{ нм}$ ;  $\Delta d_1=3 \text{ мм}$ ;  $\lambda_2=400 \text{ нм}$ .  $\Delta d_2 - ?$ ; Для клина  $2n\Delta d=m\lambda$ ;

$$2\Delta d_1 = \frac{m\lambda_1}{n}; 2\Delta d_2 = \frac{m\lambda_2}{n}; \Delta d_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \Delta d; \Delta d_2 = \frac{400}{631} \cdot 3 = 1,9 \text{ (мм)}.$$

**1591.**  $\lambda=546 \text{ нм}$ ;  $\Delta d=2 \text{ см}$ ;  $m=5$ ;  $n=1,33$ .  $\alpha - ?$

$2n\Delta d \operatorname{tg} \alpha = m\lambda$ ;

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{m\lambda}{2n\Delta d}; \alpha = \operatorname{arctg} \frac{m\lambda}{2n\Delta d}; \alpha = \operatorname{arctg} \frac{5 \cdot 546 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 1,33 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 11'.$$

**1592.** Потому что длины радиоволн сравнимы с размерами зданий (в диапазоне  $10^{-4}$ – $10^{-4}$  м), а длина световых волн (400–750 нм) существенно меньше размеров зданий.

**1593.** Так как у красного цвета длина волны в видимом спектре наибольшая, то красный цвет частично огибает капельки тумана, испытывая меньшее рассеяние на них.

**1594.** Потому что в центральной части спектра присутствуют все цвета.

**1595.** Вторая.

**1596.** Расстояние между дифракционными максимумами увеличивается.

**1597.** Из-за дифракции.

**1598.** Пластика играет роль дифракционной решетки, и свет, отражаясь от нее, интерферирует.

**1599.** Пуговица играет роль дифракционной решетки, отражаясь от нее, свет интерферирует, давая эффект радужной окраски.

**1600.** Поляризующий материал пропускает только свет со строго фиксированным колебанием вектора напряженности электрического поля, а не весь свет, как обычные материалы. Поэтому в очках из поляризующего материала не слепит глаза.

**1601.** Смотреть на воду через поляроид, поворачивая его, пока изображение не исчезнет.

**1602.** Посмотреть на воду через поляроид.

**1603.** Свет, идущий от неба, частично поляризован. Свет, рассеянный облаком, не является поляризованным.

**1604.** Будет.

**1605.**  $d=0,02$  мм;  $\Delta x=3,6$  см;  $S=1,8$  м;  $\lambda - ?$

$$d \sin \varphi = m \lambda; \sin \varphi \approx \tan \varphi = \frac{\Delta x}{S}. m=1; \lambda = d \frac{\Delta x}{S}. \lambda = 0,02 \cdot 10^{-3} \frac{3,6 \cdot 10^{-2}}{1,8} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}.$$

**1606.**  $N=125$  (штрихов/мм);  $S=2,5$  м;  $\lambda=420$  нм;  $m=1$ .  $\Delta x - ?$

$$\Delta x = \frac{m \lambda S}{d} = m \lambda S \cdot N; \Delta x = 420 \cdot 10^{-9} \cdot 2,5 \cdot 125 \cdot 10^3 = 0,13 \text{ (м)}.$$

**1607.**  $d=0,004$  мм;  $\lambda=687$  нм.  $m=2$ ;  $\varphi - ?$

$$d \sin \varphi = m \lambda; \sin \varphi = \frac{m \lambda}{d}; \varphi = \arcsin \frac{m \lambda}{d}; \varphi = \arcsin \frac{2 \cdot 687 \cdot 10^{-9}}{0,004 \cdot 10^{-3}} \approx 20^\circ.$$

**1608.**  $\lambda=656$  нм;  $m=2$ ;  $\alpha=15^\circ$ .  $d - ?$

$$d = \frac{m \lambda}{\sin \varphi}; d = \frac{2 \cdot 656 \cdot 10^{-9}}{\sin 15^\circ} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ (м)}.$$

**1609.**  $\lambda=627$  нм;  $\Delta x=39,6$  см;  $S=120$  см.  $d - ?$

$$d \sin \varphi = m \lambda; m=1; d = \frac{m \lambda}{\sin \varphi}; \tan \varphi = \frac{\Delta x}{S}; \sin \varphi = \frac{\tan \varphi}{\sqrt{1 + \tan^2 \varphi}};$$

$$d = \frac{m \lambda}{\frac{\tan \varphi}{\sqrt{1 + \tan^2 \varphi}}} \sqrt{1 + \left(\frac{\Delta x}{S}\right)^2} = \frac{m \lambda S}{\Delta x} \sqrt{1 + \left(\frac{\Delta x}{S}\right)^2};$$

$$d = \frac{1 \cdot 627 \cdot 10^{-9} \cdot 120 \cdot 10^{-2}}{39,6 \cdot 10^{-2}} \sqrt{1 + \left(\frac{39,6}{120}\right)^2} = 0,002 \text{ (мкм)}.$$

**1610.**  $\lambda=546,1$  нм;  $m=1$ ;  $\varphi=19^\circ 8'$ .  $N - ?$

$$d \sin \varphi = m \lambda; d = \frac{\lambda}{\sin \varphi}; d = \frac{546,1 \cdot 10^{-9}}{\sin 19^\circ 8'} = 0,0017 \text{ (мм)}.$$

$$N = \frac{1}{d} = \frac{1}{0,0017} = 600 \text{ (штрихов/мм)}.$$

**1611.**  $\lambda = 700 \text{ нм}$ ;  $m = 2$ ;  $\varphi = 30^\circ$ .  $d - ?$   $N - ?$

$$d = \frac{m \lambda}{\sin \varphi}; d = \frac{2 \cdot 700 \cdot 10^{-9}}{\sin 30^\circ} = 2,8 \cdot 10^{-6} \text{ (м)} = 0,0028 \text{ (мм)}.$$

$$N = \frac{1}{d}; N = \frac{1}{0,0028} = 357 \text{ (мм}^{-1}\text{)}.$$

**1612.**  $\lambda = 589 \text{ нм}$ ;  $d = 2 \text{ мкм}$ .  $m_{\max} - ?$

$$d \sin \varphi = m \lambda; d = m_{\max} \lambda;$$

$$m_{\max} = \frac{d}{\lambda}; m_{\max} = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{589 \cdot 10^{-9}} \approx 3.$$

**1613.**  $N = 500 \text{ мм}^{-1}$ ;  $x = 500 \text{ нм}$ ;  $\varphi = 90^\circ$ .  $m_{\max} - ?$

$$d \sin \varphi = m_{\max} \lambda; m_{\max} = \frac{d}{\lambda}; m_{\max} = \frac{1}{x N}; m_{\max} = \frac{1}{500 \cdot 10^{-9} \cdot 500 \cdot 10^3} = 4.$$

**1614.**  $N = 500 \text{ мм}^{-1}$ ;  $\lambda = 720 \text{ нм}$ .  $m_{\max} - ?$

$$\sin \varphi = \frac{m \lambda}{d} \leq 1.$$

$$m_{\max} \leq \frac{d}{\lambda} = \frac{1}{x N}; m_{\max} \leq \frac{1}{500 \cdot 10^3 \cdot 500 \cdot 10^{-9}} = 2,77.$$

$$m_{\max} = 2.$$

**1615.**  $\lambda_1 = 0,38 \text{ мкм}$ ;  $\lambda_2 = 0,76 \text{ мкм}$ ;  $S = 3 \text{ м}$ ;  $d = 0,01 \text{ мм}$ .  $\Delta d - ?$

$$\Delta d = d_2 - d_1$$

$$\begin{cases} d \sin \varphi_1 = m \lambda_1 \\ d \sin \varphi_2 = m \lambda_2 \end{cases}, m = 1; \sin \varphi_1 \approx \operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{d_1}{S}, \sin \varphi_2 = \frac{d_2}{S}.$$

$$\begin{cases} d \frac{d_1}{S} = \lambda_1 \\ d \frac{d_2}{S} = \lambda_2 \end{cases}$$

$$\Delta d = d_2 - d_1 = \frac{S}{d} (\lambda_2 - \lambda_1); \Delta d = \frac{3}{0,01 \cdot 10^{-3}} (0,76 - 0,38) \cdot 10^{-6} = 0,144 \text{ (м)}.$$

**1616.**  $\lambda_1 = 500 \text{ нм}$ ;  $m_1 = 3$ ;  $\varphi_1 = 10^\circ 12'$ ;  $m_2 = 2$ ;  $\varphi_2 = 6^\circ 18'$ .

$$d \sin \varphi_1 = m_1 \lambda_1; d \sin \varphi_2 = m_2 \lambda_2;$$

$$\lambda_2 = \frac{d \sin \varphi_2}{m_2}.$$

$$d = \frac{m_1 \lambda_1}{\sin \varphi_1}; \lambda_2 = \frac{m_1 \lambda_1 \sin \varphi_2}{m_2 \sin \varphi_1}; \lambda_2 = \frac{3}{2} \frac{590 \cdot 10^{-9} \cdot \sin 6^\circ 18'}{\sin 10^\circ 12'} = 550 \text{ (нм)}.$$

$$\mathbf{1617.} \lambda_1 = 589 \text{ нм}; m_1 = 1; \varphi_1 = 17^\circ 8'; m_2 = 2; \varphi_2 = 24^\circ 12'. x_2 = ? \text{ N} - ?$$

$$d \sin \varphi_1 = m_1 \lambda_1; d = \frac{m_1 \lambda_1}{\sin \varphi_1}; d = \frac{589 \cdot 10^{-9}}{\sin 17^\circ 82} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ (м)}.$$

$$N = \frac{1}{d} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-6}} \cdot 10^{-3} = 500 \text{ (штрихов/мм)}.$$

$$\frac{d \sin \varphi_2}{m_2} = \lambda_2; \lambda_2 = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot \sin 24^\circ 128}{2} = 410 \text{ (нм)}.$$

$$\mathbf{1618.} m_1 = 2; m_2 = 3; \lambda_1 = 700 \text{ нм}; \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi. \lambda_2 = ?$$

$$d \sin \varphi = m_1 \lambda_1; d \sin \varphi = m_2 \lambda_2; m_1 \lambda_1 = m_2 \lambda_2; \lambda_2 = \frac{m_1}{m_2} \lambda_1$$

$$\lambda_2 = \frac{2}{3} 700 \cdot 10^{-9} = 467 \text{ (нм)}.$$

$$\mathbf{1619.} d = 2 \text{ мкм}; \lambda_1 = 500 \text{ нм}; \lambda_2 = 600 \text{ нм}.$$

Условие перекрытия:  $m_1 \lambda_1 = m_2 \lambda_2$ ;

$$1) m_1 = 2; m_2 = 1;$$

$$2 \cdot 500 \neq 1 \cdot 600 \text{ (нм)}.$$

Спектры 1-го и 2-го порядков не перекрываются.

$$2) m_1 = 3; m_2 = 2;$$

$$3 \cdot 500 \neq 2 \cdot 600 \text{ (нм)}.$$

Также не перекрываются.

$$5) m_1 = 6; m_2 = 5;$$

$$6 \cdot 500 = 5 \cdot 600 \text{ (нм)}.$$

Границы спектров 6-го и 5-го порядка совпадают.

При более высоких порядках спектры начинают перекрываться.

$$6) m_1 = 7; m_2 = 6;$$

$$7 \cdot 500 < 6 \cdot 600 \text{ (нм)}.$$

**1620.** Чем выше частота, тем короче длина волны, и, следовательно, меньше размер системы, генерирующей излучение.

**1621.** Кипяток.

**1622.** Черный остынет быстрее, так как черное тело излучает больше тепла, нежели другое за то же время.

**1623.** Первый.

**1624.** Минимальная площадь поверхности с заданными размерами у тела есть сфера, следовательно, животные стараются принять форму клубка, чтобы терять как можно меньше тепла.

**1625.** Прозрачное тело не излучает.

**1626.** Угли излучают тепло гораздо интенсивнее, нежели мел.

**1627.** Так как рисунок черный, то он излучает сильнее, чем светлое керамическое изделие.

**1628.** а), в) – тепловое излучение; б), г) – люминесцентное излучение.

**1629.** а) Бомбардировка экрана электронами – катода люминесценция.

б) Ионизация газа.

в) Фотолюминесценция.

г) Хемилюминесценция (за счет химических реакций).

**1630.**  $T_1 > T_2$ .

**1631.** Чтобы тело человека не перегревалось.

**1632.** Стекло не выпускает из парника тепло, излучаемое нагретой землей.

**1633.** Нет.

**1634.** При уменьшении напряжения согласно закону Джоуля–Ленца нить лампы накаливания нагревается меньше, излучение ослабевает и его максимум смещается в сторону длинных волн.

**1635.** При облучении ультрафиолетом такого изделия оно излучает в видимом диапазоне в зависимости от количества раствора люминесцентного вещества на нем, давая на экране картину с разной освещенностью.

**1636.** Ультрафиолетовое излучение, возникающее при сварке, вредно для глаз. Темное стекло не пропускает ультрафиолет и поглощает часть излучения, делая его для глаза менее ярким.

**1637.** Потому что в горах больше ультрафиолетового излучения.

**1638.** Кварцевое стекло пропускает ультрафиолетовое излучение.

**1639.** Чтобы получить линейчатый спектр (при нагреве отдельные атомы возбуждаются, излучая линейчатый спектр).

**1640.** Пламя свечи, нить электрической лампы, спираль электроплитки дают сплошной спектр. Остальные – линейчатый.

**1641.** Концентрацию элементов, входящих в состав сплава.

**1642.** Чтобы происходило поглощение света, имеющего более высокую температуру.

**1643.** Призматический спектр растянут в коротковолновой части спектра, а дифракционный спектр равномерен в случае длинноволнового излучения.

**1644.** Возникающее рентгеновское излучение поглощается стеклом. Нет, не опасно.

**1645.** Медь.

**1646.** Барий поглощает рентгеновские лучи.

**1647.** Для защиты от рентгеновского излучения.

**1648.**  $U=30, 40, 50$  кВ.  $\lambda_{\text{гр}} - ?$

$$eU = h\nu_{\text{гр}} = h \frac{c}{\lambda_{\text{гр}}}, \quad e - \text{заряд электрона.}$$

$$\lambda_{\text{гр}} = \frac{hc}{eU}.$$

$$\lambda_{\text{гр}(1)} = \frac{hc}{eU_1} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 30 \cdot 10^3} = 0,41 \cdot 10^{-10} \text{ (м)} = 0,41 \text{ \AA}.$$

$$\lambda_{\text{гр}(2)} = 0,31 \text{ \AA};$$

$$\lambda_{\text{гр}(3)} = 0,31 \text{ \AA}.$$

**1649.**  $\Delta U = 23$  кВ;  $\lambda_2 = 2\lambda_1$ .  $\lambda - ?$

$$eU_1 = h \frac{c}{\lambda_1}; \quad eU_2 = h \frac{c}{\lambda_2} = \frac{hc}{2\lambda_1}; \quad e(U_1 - U_2) = hc \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{2\lambda_1} \right) = \frac{h\tilde{\nu}}{2\lambda_1};$$

$$\Delta U = U_1 - U_2; \quad \lambda_1 = \frac{hc}{2e\Delta U}; \quad \lambda_1 = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 23 \cdot 10^3} = 0,27 (\text{\AA}).$$

**1650.**  $\lambda = 1,6$  нм;  $U - ?$

$$eU = \frac{hc}{\lambda}; \quad U = \frac{hc}{e\lambda}; \quad U = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,6 \cdot 10^{-12}} = 7,76 \cdot 10^5 \text{ В} = 776 \text{ (кВ)}.$$

**1651.**  $U = 60$  кВ;  $\lambda_{\text{min}} = 20,6$  нм.  $h - ?$

$$eU = \frac{hc}{\lambda_{\text{min}}}; \quad h = \frac{eU\lambda_{\text{min}}}{c}; \quad h = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 60 \cdot 10^3 \cdot 20,6 \cdot 10^{-12}}{3 \cdot 10^8} = 6,59 \cdot 10^{-34} \text{ (Дж}\cdot\text{с)}.$$

**1652.** а) Нет; б) период решетки для косого падения лучей уменьшается.

**1653.** Такое быть может, т. к. скорость записи осциллографа – это скорость, с которой перемещается точка пересечения электронного луча и экрана, а это не скорость реального физического перемещения, связанного с перемещением энергии.

**1654.** 1) Максимальной скоростью движения стало бы 50 км/ч.

2) Стали бы заметны эффекты увеличения массы, увеличения длины, замедления времени и т. д.

3) Каждый человек жил бы в собственном времени.

**1655.** Электрический заряд  $q$  не меняется при переходе от одной системы отсчета к другой.

$$\mathbf{1656.} \quad n = \frac{c}{u}; \quad u' = \frac{u+v}{1 + \frac{vu}{c^2}}; \quad u' = \frac{c}{u'} = \frac{c(1 + \frac{vu}{c^2})}{u+v} = \frac{1 + \frac{\beta}{u}}{\frac{1}{n} + \beta} = \frac{u+\beta}{1+\beta u'}.$$

**1657.**  $v=2 \cdot 10^5$  км/с.  $\Delta v - ?$ .

Примечание: в задачнике  $v=2 \cdot 10^5$  м/с, но по ответу видно, что речь идет именно о  $2 \cdot 10^5$  км/с.  $v_r=2v$ ;

$$v_p = \frac{2v}{1 + \frac{v^2}{c^2}};$$

$$\Delta v = v_k - v_p = 2v \left( 1 - \frac{1}{1 + \frac{v^2}{c^2}} \right) = \frac{2}{c^2} \frac{v^3}{1 + \frac{v^2}{c^2}} = \frac{2}{3^2 \cdot 10^{10} \text{ км}^2 / \text{с}^2} \frac{2^3 \cdot 10^{15} \text{ км}^3 / \text{с}^3}{1 + \frac{2^2 \cdot 10^{10} \text{ м}^2 / \text{с}^2}{3^2 \cdot 10^{10} \text{ м}^2 / \text{с}^2}} \approx$$

$$\approx 1,23 \cdot 10^5 \text{ км/с.}$$

**1658.**  $v=1,5 \cdot 10^8$  м/с;  $u'=2,5 \cdot 10^8$  м /с.  $u-?$

$$u = \frac{u' - v}{1 - \frac{u'v}{c^2}} = \frac{2,5 \cdot 10^8 \text{ м / с} - 1,5 \cdot 10^8 \text{ м / с}}{1 - \frac{1,5 \cdot 10^8 \text{ м / с} \cdot 2,5 \cdot 10^8 \text{ м / с}}{3^2 \cdot 10^{16} \text{ м}^2 / \text{с}^2}} \approx 1,7 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

**1659.**  $v' = \frac{2 \cdot 0,8\tilde{h}}{1 + \frac{(0,8)^2 c^2}{c^2}} = 0,98 \text{ с.}$

**1660.** Не будут.

**1661.** а) Нет, т.к. сигналы приходят в II и III в разное время.

б) Для наблюдателей, находящихся на прямой, перпендикулярной II-III, проходящей через I, перпендикулярной плоскости задачника.

**1662.** В неподвижной системе отсчета, связанной с Землей, пассажир увидит вспышку раньше, а в системе отсчета, связанной с поездом, позже.

**1663.** Нет.

**1664.** а) В; б) В; в) А.

На расстоянии  $\frac{l}{2} \frac{v}{c}$ , где  $l$  – длина перрона.

**1665.**  $l_0=1$  м;  $v=0,6$  с.  $l-?$

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 1 \text{ м} \sqrt{1 - \frac{(0,6)^2 c^2}{c^2}} \approx 70 \text{ лет.}$$

**№ 1666.**  $t_3 = \frac{t_p}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} = \frac{10}{\sqrt{1 - \frac{0,99^2}{1^2}}} \approx 71 \text{ год.}$

**1667.**  $t=1$  г; а)  $m=3000$  км/с; б)  $v=10\,000$  км/с; в)  $v=250\,000$  км/с.  $r-?$

$$r = t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}; \text{ а) } r = 1 \text{ г} \sqrt{1 - \frac{3000 \text{ км}^2 / \text{с}^2}{300000 \text{ км}^2 / \text{с}^2}} \approx 1 \text{ г;}$$

$$\text{б) } r = 1r \sqrt{1 - \frac{10^{10} \text{ км}^2 / c^2}{3 \cdot 10^{10} \text{ км}^2 / c^2}} \approx 0,94 r; \text{ в) } r = 1r \sqrt{1 - \frac{2,5^2 \cdot 10^{10} \text{ км}^2 / c^2}{3^2 \cdot 10^{10} \text{ км}^2 / c^2}} \approx 0,55 r.$$

$$1668. l = 5 \text{ км}; r = 2,21 \cdot 10^{-6} \text{ с. } v - ?$$

$$\frac{l}{v} = \frac{r}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{5}{\sqrt{2,21^2 c^2 \cdot 10^{-12} c^2 + \frac{5^2 \text{ км}^2}{3^2 \cdot 10^{10} \text{ км}^2 / c^2}}} \approx 2,97 \cdot 10^5 \text{ км/с.}$$

$$1669. r = 2,21 \cdot 10^{-6} \text{ с}; v = 0,99 c;$$

$$l = \frac{vr}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{0,99 \cdot 3 \cdot 10^5 \text{ км} / c \cdot 2,21 \cdot 10^6 c}{\sqrt{1 - \frac{0,99^2 c^2}{c^2}}} \approx 5 \text{ км.}$$

$\mu$ -мезоны рождаются в атмосфере Земли.

$$1670. \frac{r}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \geq \frac{R}{c} + t_n + t_c$$

$$t_n = \frac{R}{v} - \frac{r}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \frac{2r}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - R \left( \frac{1}{v} + \frac{1}{c} \right) \geq t_c,$$

где  $R$  – расстояние от станции до базы.

$$1671. \frac{cT}{2} = \frac{vr_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; v = \frac{cT}{\sqrt{4r_0^2 + T^2}}.$$

$$1672. v = \frac{4}{5} c. p - ?$$

$$p = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{4}{5} \frac{mc}{\sqrt{1 - \frac{u^2 c^2}{5^2}}} = \frac{4}{3} mc = \frac{4}{3} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} = 3,64 \cdot 10^{-22} \text{ м/с} \cdot \text{кг.}$$

$$1673. m = 1r = 10^{-3} \text{ кг. } E - ?$$

$$E = mc^2 = 10^{-3} \text{ кг} \cdot 3^2 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2 = 9 \cdot 10^{13} \text{ Дж.}$$

$$1674. v = \frac{4}{5} c. E_k - ?$$

1) По классической формуле

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{8mc^2}{25} = \frac{8 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 3^2 \cdot 10^{16} \text{ м}^2 / c^2}{25} = 2,6 \cdot 10^{-14} \text{ Дж.}$$



2) По релятивистской формуле

$$E_k = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - mc^2 =$$

$$= \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 3^2 \cdot 10^{16} \text{ м}^2 / \text{с}^2}{\sqrt{1 - \frac{(\frac{4}{5}c)^2}{c^2}}} - 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 3^2 \cdot 10^{16} \text{ м}^2 / \text{с}^2 = 5,46 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}.$$

$$1675. mc^2 = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - mc^2; 2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; v = \frac{\sqrt{3}}{2} c \approx 0,87 c.$$

1676.  $E_{\pi} 0,51 \text{ МэВ U} - ?$

$$eU = 10E_{\pi}; U = \frac{10E_{\pi}}{e} = \frac{0,51 \text{ МэВ}}{1e} = 0,51 \text{ МВ}.$$

1677.  $E_k = 7,0 \cdot 10^{10} = 1,12 \cdot 10^{-8} \text{ Дж}.$   $v - ?$

$$E_k = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - mc^2; v = c \sqrt{1 - \left( \frac{mc^2}{E_k + mc^2} \right)^2}$$

По табличным данным находим, что энергия покоя протона

$$E_0 = mc^2 = 1,503 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}.$$

$$v = c \sqrt{1 - \left( \frac{E_0}{E_k + E_0} \right)^2} = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$\sqrt{1 - \left( \frac{1,503 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}}{1,12 \cdot 10^{-8} \text{ Дж} + 1,503 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}} \right)^2} \approx 2,999 \cdot 10^8 \text{ м/с}.$$

1678.  $\frac{\Delta m}{m} = 10^{-4} \%$ ;  $t_1 = 0^\circ \text{C}$ ;  $t_2 = 3300^\circ \text{C}$ ;  $C_B = 120 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ \text{C}.$

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{c_B m \Delta t}{mc^2} = \frac{c_B}{c^2} t_2.$$

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{120}{(3 \cdot 10^8)^2} \cdot 3300 = 4,4 \cdot 10^{-12} \text{ или } \frac{\Delta m}{m} = 4,4 \cdot 10^{-10} \% < 10^{-4} \%,$$

поэтому нельзя.

1679.  $C = 10^{-10} \text{ Дж}$ ;  $d = 0,01 \text{ м}$ ;  $E = 3 \frac{\text{МВ}}{\text{м}}.$

$$\Delta m = \frac{E_k}{c^2}, E_k = \frac{qU}{2} - \text{энергия заряженного конденсатора.}$$

$$E_k = \frac{qU}{2} = \frac{ECdU}{2} = \frac{d^2 E^2 C}{2c^2}; \Delta m = \frac{d^2 E^2 C}{2c^2}$$

$$\Delta m = \frac{(0,01)^2 \cdot (3 \cdot 10^6)^2 \cdot 10^{-10}}{2 \cdot (3 \cdot 10^8)^2} = 5 \cdot 10^{-17} \text{ (кг)} - \text{такое изменение массы}$$

измерить обычными методами нельзя.

$$\mathbf{1680.} \text{ Скорость света } c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с; } \lambda = 0,72 \text{ мкм} = 0,72 \cdot 10^{-6} \text{ м. } E = ?$$

$$\text{Решение: } E = h\nu, \text{ где } h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с} - \text{постоянная Планка, } \nu = \frac{c}{\lambda} - \text{частота.}$$

$$E = h \frac{c}{\lambda}. E = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{0,72 \cdot 10^6} = 2,76 \cdot 10^{-19} \text{ (Дж).}$$

$$\mathbf{1681.} \nu = 5 \cdot 10^{14} \text{ Гц. } p = ? \text{ м} - ?$$

$$\text{Решение: } p = mc. E = mc^2. p = \frac{E}{c}; E = h\nu.$$

$$p = \frac{h\nu}{c}. m = \frac{p}{c} = \frac{h\nu}{c^2}. p = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 5 \cdot 10^{14}}{3 \cdot 10^8} = 1,1 \cdot 10^{-27} \text{ (кг}\cdot\text{м/с)}$$

$$m = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 5 \cdot 10^{14}}{(3 \cdot 10^8)^2} = 3,68 \cdot 10^{-36} \text{ (кг).}$$

$$\mathbf{1682.} \lambda = 600 \text{ нм} = 600 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

$$\text{Решение: } p = mc = \frac{E}{c}, \text{ где } E = mc^2 - \text{энергия фотона.}$$

$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}. p = \frac{h}{\lambda}. p = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{6 \cdot 10^{-7}} = 1,1 \cdot 10^{-27} \text{ (кг}\cdot\text{м/с)}$$

$$m = \frac{p}{c}; m = \frac{1,1 \cdot 10^{-27}}{3 \cdot 10^8} = 3,7 \cdot 10^{-36} \text{ (кг).}$$

$$\mathbf{1683.} \text{ а) } \lambda = 700 \text{ нм; б) } \lambda = 25 \text{ нм; в) } \lambda = 1,24 \text{ нм. } m = ?$$

$$\text{Решение: } m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c^2} \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{h}{c\lambda}.$$

$$\text{а) } m = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{3 \cdot 10^8 \cdot 700 \cdot 10^{-9}} = 3,2 \cdot 10^{-36} \text{ (кг);}$$

$$\text{б) } m = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{3 \cdot 10^8 \cdot 25 \cdot 10^{-12}} = 8,8 \cdot 10^{-32} \text{ (кг);}$$

$$\text{в) } m = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{3 \cdot 10^8 \cdot 1,24 \cdot 10^{-12}} = 1,8 \cdot 10^{-30} \text{ (кг)}. \quad \mathbf{1684.} \quad \lambda = 6 \cdot 10^{-5} \text{ см} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ м};$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}.$$

Решение:  $m = \frac{h}{c\lambda}$  (см. задачу 1683).

$$m = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{3 \cdot 10^8 \cdot 6 \cdot 10^{-7}} = 3,7 \cdot 10^{-36} \text{ (кг)}; \quad N \frac{m_e}{m}; \quad N = \frac{9,1 \cdot 10^{-31}}{3,7 \cdot 10^{-36}} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ (фотонов)}.$$

**1685.**  $\lambda = 1,6 \text{ нм}$ .  $E = ?$   $m = ?$   $p = ?$

Решение:  $E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$ ;  $m = \frac{h}{c\lambda}$ ;  $p = mc = \frac{h}{\lambda}$ .

$$E = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{3 \cdot 10^8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-12}} = 1,38 \cdot 10^{-30} \text{ (кг)}.$$

$$p = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{1,6 \cdot 10^{-12}} = 4,14 \cdot 10^{-22} \text{ (кг·м/с)}.$$

**1686.**  $\lambda = 520 \text{ нм}$ ;  $p_\phi = p_e$ ;  $E_\phi = E_e$   $v_e = ?$

Решение: а)  $p_\phi = p_e$ .  $p_\phi = \frac{h}{\lambda}$ ,  $p_e = m_e v_e$ .  $\frac{h}{\lambda} = m_e v_e$ .

$$v_e = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{520 \cdot 10^{-9} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}} = 1,4 \cdot 10^{13} \text{ (м/с)};$$

б)  $E_\phi = E_e$ .  $E_\phi = h \frac{c}{\lambda}$ ;  $E_e = \frac{m_e v_e^2}{2}$ .  $\frac{h}{c\lambda} = \frac{m_e v_e^2}{2}$ ;  $v_e = \sqrt{\frac{2hc}{\lambda m_e}}$ ;

$$v_e = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{520 \cdot 10^{-9} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}} = 9,2 \cdot 10^5 \text{ (м/с)}.$$

**1687.**  $t = 20^\circ\text{C}$ .  $p_\phi = p_B$ .  $m_\phi = ?$

Решение:  $p_B = m_B v_B$ , где  $m_B = \frac{\mu}{N_A}$  – масса молекулы водорода,  $v_B = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$  –

скорость (средняя квадратичная) молекулы водорода,  $\mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$  – молекулярная масса водорода,  $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$  – число Авогадро,  $k = 8,31 \text{ Дж/моль·К}$  – газовая постоянная,  $T = t + 273$ .

Тогда импульс молекулы водорода

$$p_B = \frac{\mu}{N_A} \sqrt{\frac{3R(t+273)}{\mu}} = \sqrt{\frac{3R(t+273)\mu}{N_A}}; \quad p_\phi = m_\phi c = p_B.$$

$$m_\phi = \sqrt{\frac{3R(t+273)\mu}{cN_A}}. \quad m_\phi = \frac{\sqrt{3 \cdot 8,31 \cdot 293 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}}{3 \cdot 10^8 \cdot 6 \cdot 10^{23}} = 2,1 \cdot 10^{-32} \text{ (кг)}.$$

**1688.**  $N=50$ ,  $t=1\text{ с}$ ,  $\lambda=500\text{ нм}$ .  $P=?$

Решение:  $E=h\frac{c}{\lambda}$  – энергия одного фотона.

$P_{\phi}=\frac{E}{t}$  – мощность одного фотона,  $P_{\phi}=\frac{hc}{\lambda t}$ .

$$P=P_{\phi}N=\frac{hcN}{\lambda t}. P=\frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 50}{500 \cdot 10^{-9} \cdot 1}=2 \cdot 10^{-17} \text{ (Вт)}.$$

**1689.**  $P=125\text{ Вт}$ ,  $\lambda_1=612,3\text{ нм}$   $E_1=0,02E_{\text{изл}}$

$\lambda_2=579,1\text{ нм}$   $E_2=0,04E_{\text{изл}}$ ;  $\lambda_3=546,1\text{ нм}$   $E_3=0,04E_{\text{изл}}$

$\lambda_4=404,7\text{ нм}$   $E_4=0,029E_{\text{изл}}$ ;  $\lambda_5=365,5\text{ нм}$   $E_5=0,025E_{\text{изл}}$

$\lambda_6=253,7\text{ нм}$   $E_1=0,04E_{\text{изл}}$

$N=?$

Решение:  $E=P \cdot t$  – энергия дуги.

$E_{\text{изл}}=\eta E=\eta Pt$  – энергия, излучаемая дугой.

$N_1=\frac{E_1}{E_{\phi}}$  – число фотонов в единицу времени, где  $E_{\phi}=h\frac{c}{\lambda_1}$  – энергия

фотона на данной длине волны  $\lambda_1$ .  $N_1=\frac{0,02 \cdot \eta Pt}{hc} \lambda_1$ .

$$N_1=\frac{0,02 \cdot 0,8 \cdot 125 \cdot 1}{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} \cdot 612,3 \cdot 10^{-9}=6,17 \cdot 10^{18} \text{ (фотонов/с)}.$$

Аналогично:

$$N_2=\frac{0,04 \cdot 0,8 \cdot 125}{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} \cdot 529,1 \cdot 10^{-9}=1,17 \cdot 10^{19} \text{ (фотонов/с)}.$$

$$N_3=\frac{0,04 \cdot 0,8 \cdot 125}{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} \cdot 546,1 \cdot 10^{-9}=1,1 \cdot 10^{19} \text{ (фотонов/с)}.$$

$$N_4=\frac{0,029 \cdot 0,8 \cdot 125}{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} \cdot 404,7 \cdot 10^{-9}=5,9 \cdot 10^{18} \text{ (фотонов/с)}.$$

$$N_5=\frac{0,025 \cdot 0,8 \cdot 125}{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} \cdot 365,5 \cdot 10^{-9}=4,6 \cdot 10^{18} \text{ (фотонов/с)}.$$

$$N_6=\frac{0,04 \cdot 0,8 \cdot 125}{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} \cdot 253,7 \cdot 10^{-9}=5,11 \cdot 10^{18} \text{ (фотонов/с)}.$$

**1690.**  $U=50\text{ кВ}$ ,  $J=2\text{ мА}$ ,  $N=5 \cdot 10^{13}\text{ с}^{-1}$ ,  $\lambda=0,1\text{ нм}$ .  $\eta=?$

Решение:  $\eta=\frac{P_{\text{полезн}}}{P_{\text{затр}}}$ .  $P_{\text{затр}}=JU$ .

$P_{\text{полезн}}=P_{\phi} \cdot N$ ,  $P_{\phi}=\frac{E_{\phi}}{t}=\frac{hc}{\lambda t}$  – мощность одного фотона.

$$\eta = \frac{hcN}{\lambda tU} ; \eta = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 5 \cdot 10^{13}}{0,1 \cdot 10^{-9} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 10^3} = 9,93 \cdot 10^{-4} = 0,99 \cdot 10^{-3} \text{ или}$$

$$\eta = 0,99 \cdot 10^{-3} \cdot 100\% \approx 0,1\%.$$

**1691.**  $m=1460 \text{ кг}$ ,  $P=10^4 \text{ Вт}$ ,  $t=24 \text{ г}$ .  $v=?$

Решение: По закону сохранения импульса  $P_k=P_\phi$ , где

$P_k=mv$  – импульс корабля.

$$P_\phi = \frac{E}{c} = \frac{P \cdot t}{c} - \text{импульс всех фотонов, испускаемых прожектором.}$$

$$\frac{P \cdot t}{c} = mv, \quad v = \frac{P \cdot t}{c \cdot m} ; \quad v = \frac{10^4 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60}{3 \cdot 10^8 \cdot 1460} = 1,98 \cdot 10^{-3} \text{ (м/с).}$$

**1692.** С точки зрения волновой теории, энергия поглощается электронами непрерывно, и при любой сколь угодно малой частоте существует время, за которое электрон накопит энергию, необходимую для вырывания из вещества. Поэтому с точки зрения волновой теории не существует минимальной частоты  $\nu_{\min}$ , т. е. красной границы (противоречие).

С точки зрения корпускулярной теории электроны поглощают энергию отдельными порциями – квантами с определенной частотой. Если частота будет меньше некоторой  $\nu_{\min}$ , то электрон не будет получать ту минимальную энергию, необходимую для его вырывания. Таким образом, только свет с частотой  $\nu > \nu_{\min}$  может выбить электрон.

**1693.** Так как при освещении металла возникает внешний фотоэффект – электроны вырываются из металла, то металлическая пластинка зарядится положительно. При освещении полупроводника имеет место внутренний фотоэффект – электроны не вырываются, а остаются в веществе. Следовательно, пластинка из полупроводника останется электрически нейтральной.

**1694.** а) Если лучи падают на пластину под углом, то поток света, падающий на пластину, уменьшается. Следовательно, для вырывания электронов с пластины требуется больше времени, поэтому время разрядки электрометра увеличится.

б) Если электрометр приблизить к источнику света, то фотоны будут достигать пластины за меньшее время, следовательно, время разрядки электрометра уменьшится.

в) При закрытии непрозрачным экраном части пластины ее освещаемая площадь уменьшается, а для разрядки электрометра (вырывания с пластины электронов с поверхностного слоя пластины) требуется большее время.

г) Так как освещенность увеличилась, то скорость вырывания электронов из пластины увеличивается. Значит, время разрядки уменьшается.

Так как при падении света, излучаемого электрической дугой, на цинковую пластину внешний фотоэффект создает только ультрафиолетовая часть спектра дуги, то имеем: д) не изменится; е) увеличится.

**1695.**  $A_{\text{вых}}=2\text{эВ}$ .  $E_e=2\text{эВ}$ .  $E=?$

Решение:  $E = E_e + A_{\text{вых}}$  – энергия фотона.  $E = 2 + 2 = 4$  (эВ).

**1696.**  $\lambda_1 = 530$  нм.  $A_{\text{вых}} = ?$ ; Решение:  $A_{\text{вых}} = h\nu_0 = h \frac{c}{\lambda_0}$ .

$$A_{\text{вых}} = 6,62 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{530 \cdot 10^{-9}} = 3,75 \cdot 10^{-19} \text{ (Дж)}.$$

**1697.**  $A_{\text{вых}} = 4,76$  эВ.  $\lambda_0 = ?$

$$A_{\text{вых}} = h \frac{c}{\lambda_0}; \lambda_0 = \frac{hc}{A_{\text{вых}}}, \lambda_0 = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4,76 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,6 \cdot 10^{-7} \text{ (м)} = 260 \text{ (нм)}.$$

**1698.** а)  $A_{\text{вых(Li)}} = 2,38$  эВ; б)  $A_{\text{вых(Na)}} = 2,35$  эВ; в)  $A_{\text{вых(K)}} = 2,2$  эВ;

г)  $A_{\text{вых(Cs)}} = 1,81$  эВ.  $\lambda_0 = ?$

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A_{\text{вых}}}.$$

$$\text{а) } \lambda_{0(\text{Li})} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{2,38 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 5,22 \cdot 10^{-7} \text{ (м)} = 522 \text{ (нм)};$$

$$\text{б) } \lambda_{0(\text{Na})} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{2,35 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 5,28 \cdot 10^{-7} \text{ (м)} = 528 \text{ (нм)};$$

$$\text{в) } \lambda_{0(\text{K})} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{2,2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 5,64 \cdot 10^{-7} \text{ (м)} = 564 \text{ (нм)};$$

$$\text{г) } \lambda_{0(\text{Cs})} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,81 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,86 \cdot 10^{-7} \text{ (м)} = 686 \text{ (нм)}.$$

**1699.**  $A_{\text{вых(Ag)}} = 4,53$  эВ. Возникнет ли фотоэффект, если на поверхность ртути направить видимый свет?

Решение: Видимый свет лежит в диапазоне от  $\lambda_1 = 400$  нм до  $\lambda_2 = 700$  нм.

$$A_{\text{вых(1)}} = \frac{hc}{\lambda_1}$$

$$A_{\text{вых(1)}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{400 \cdot 10^{-9}} \cdot \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,1 \text{ (эВ)} < A_{\text{вых(Hg)}} = 4,53 \text{ (эВ)};$$

$$A_{\text{вых(2)}} = \frac{hc}{\lambda_2} < \frac{hc}{\lambda_1} = A_{\text{вых(1)}} = 3,1 \text{ (эВ)}, \text{ т.к. } \lambda_2 > \lambda_1.$$

$A_{\text{вых(2)}} < A_{\text{вых(1)}} < A_{\text{вых(Hg)}}$ , поэтому фотоэффект не возникнет.

**1700.**  $A_{\text{вых(Cd)}} = 4,08$  эВ.  $v_{\text{max}} = 7,2 \cdot 10^5$  м/с.

$v = ?$

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2}, \text{ где } m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг – масса электрона.}$$

$$v = \frac{1}{h} (A_{\text{вых}} + \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2})$$

$$v = \frac{1}{6,62 \cdot 10^{-34}} (4,08 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} + \frac{1}{2} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (7,2 \cdot 10^5)^2) = 1,34 \cdot 10^{15} \text{ (Гц)}$$

$$\mathbf{1701.} \lambda = 345 \text{ нм. } A_{\text{вых}} = 2,26 \text{ эВ. } E_{\text{кин(макс)}} - ?$$

$$h\nu = A_{\text{вых}} + E_{\text{кин(макс)}};$$

$$E_{\text{кин(макс)}} = A_{\text{вых}} - h \frac{c}{\lambda}.$$

$$E_{\text{кин(макс)}} = 2,26 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} - \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{345 \cdot 10^{-9}} = 2,14 \cdot 10^{-19} \text{ (Дж)}.$$

$$\mathbf{1702.} \lambda = 317 \text{ нм; } E_{\text{max}} = 2,84 \cdot 10^{-19} \text{ (Дж)}.$$

$$A_{\text{вых(Rb)}} - ? \lambda_{\text{(Rb)}} - ?$$

$$h\nu = A_{\text{вых(Rb)}} + E_{\text{max}}; A_{\text{вых(Rb)}} = h \frac{c}{\lambda_{\text{Rb}}}; \lambda_{\text{Rb}} = \frac{hc}{A_{\text{вых(Rb)}}}.$$

$$A_{\text{вых(Rb)}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{317 \cdot 10^{-9}} - 2,84 \cdot 10^{-19} = 3,42 \cdot 10^{-19} \text{ (Дж)}.$$

$$\lambda_{\text{Rb}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,42 \cdot 10^{-19}} = 5,81 \cdot 10^{-7} \text{ (м)} = 581 \text{ (нм)}.$$

$$\mathbf{1703.} \lambda_{\text{max(K)}} = 450 \text{ нм; } \lambda = 300 \text{ нм. } v - ?$$

$$h\nu = A_{\text{вых(K)}} + \frac{mv^2}{2}; A_{\text{вых(K)}} = h \frac{c}{\lambda_{\text{max(K)}}}.$$

$$\frac{mv^2}{2} = hc \cdot (\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\text{max(K)}}}). v = \sqrt{\frac{2hc}{m}} \sqrt{\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\text{max(K)}}}};$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \sqrt{\frac{1}{300 \cdot 10^{-9}} - \sqrt{\frac{1}{450 \cdot 10^{-9}}}} = 6,96 \cdot 10^5 \text{ (м/с)}.$$

$$\mathbf{1704.} \lambda_0 = 275 \text{ нм; } \lambda = 180 \text{ нм. } A_{\text{вых}} - ? E_{\text{max}} - ? v_{\text{max}} - ?$$

$$\text{Решение: } A_{\text{вых}} = h \frac{c}{\lambda_0}; h\nu = A_{\text{вых}} + E_{\text{max}} = h \frac{c}{\lambda_0} + E_{\text{max}};$$

$$E_{\text{max}} = h \frac{c}{\lambda} - h \frac{c}{\lambda_0} = hc (\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}).$$

$$\frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = E_{\text{max}}; v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2E_{\text{max}}}{m}} = \sqrt{\frac{2hc}{m} (\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0})}.$$

$$A_{\text{вых}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{275 \cdot 10^{-19}} = 7,22 \cdot 10^{-19} \text{ (Дж)}.$$

$$E_{\text{max}} = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \left( \frac{1}{180 \cdot 10^{-9}} - \frac{1}{275 \cdot 10^{-9}} \right) = 3,81 \cdot 10^{-19} \text{ (Дж)}.$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{9,1 \cdot 10^{-31}} \left( \frac{1}{180 \cdot 10^{-9}} - \frac{1}{275 \cdot 10^{-9}} \right)} = 9,15 \cdot 10^5 \text{ (м/с)}.$$

**1705.**  $E_{\phi} = 4,9 \text{ эВ}$ ;  $A_{\text{вых}} = 4,5 \text{ эВ}$ .  $p_{\text{max}} - ?$

Решение:

$$p_{\text{max}} = mv_{\text{max}} \quad E_{\phi} = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2};$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2(E_{\phi} - A_{\text{вых}})}{m}}; \quad p_{\text{max}} = \sqrt{2m(E_{\phi} - A_{\text{вых}})}.$$

$$p_{\text{max}} = \sqrt{\lambda \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} (4,9 - 4,5) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,41 \cdot 10^{-25} \text{ (нм/с)}.$$

**1706.**  $\lambda = 200 \text{ нм}$ ;  $A_{\text{вых}} = 4,5 \text{ эВ}$ .  $U - ?$

Решение:  $eU = \frac{mv^2}{2} = E_{\text{кин}}$  – условие того, чтобы в цели пластины фототока

$$\text{не возникало, } E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2} = A_{\text{вых}} + E_{\text{кин}}.$$

$$E_{\text{кин}} = h \frac{c}{\lambda} - A_{\text{вых}}; \quad U = \frac{E_{\text{кин}}}{e} = \frac{1}{e} \left( h \frac{c}{\lambda} - A_{\text{вых}} \right).$$

$$U = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} \cdot \left( \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{200 \cdot 10^{-9}} - 4,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \right) = 1,7 \text{ (В)}.$$

**1707.**  $\lambda_0 = 275 \text{ нм}$ ;  $\lambda = 175 \text{ нм}$ .  $U - ?$

$$hv = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}; \quad \frac{mv^2}{2} = eU;$$

$$U = \frac{1}{e} \frac{mv^2}{2} = \frac{1}{e} (hv - A_{\text{вых}}) = \frac{1}{e} hc \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right).$$

$$U = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} \cdot 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \left( \frac{1}{17 \cdot 10^{-9}} - \frac{1}{275 \cdot 10^{-9}} \right) = 2,58 \text{ (В)}.$$

**1708.**  $\lambda = 210 \text{ нм}$ ;  $U = 2,7 \text{ В}$ .  $A_{\text{вых}} - ?$

$$hv = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}; \quad \frac{mv^2}{2} = eU = hv - A_{\text{вых}};$$

$$A_{\text{вых}} = hv - eU = h \frac{c}{\lambda} - eU.$$



$$A_{\text{вых}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{210 \cdot 10^{-9}} - 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2,7 = 5,14 \cdot 10^{-19} \text{ (Дж)}.$$

**1709.**  $v_0 = 6 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ ;  $U = 3 \text{ В}$ .  $v - ?$   $A - ?$

$$h\nu = h\nu_0 + E_{\text{кин}}; E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2} = eU; h\nu = h\nu_0 + eU; A_{\text{вых}} = h\nu_0. v = v_0 + \frac{eU}{h};$$

$$A_{\text{вых}} = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 6 \cdot 10^{14} = 3,97 \cdot 10^{-19} \text{ (Дж)}$$

$$v = 6 \cdot 10^{14} + \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3}{6,62 \cdot 10^{-39}} = 1,33 \cdot 10^{15} \text{ (Гц)}.$$

**1710.**  $U = 0,8 \text{ В}$ ,  $A_{\text{вых(РГ)}} = 5,3 \text{ эВ}$ .  $\lambda_{\text{max}} - ?$   $\lambda - ?$

$$h\nu = A_{\text{вых(РГ)}} + E_{\text{кин}}; E_{\text{кин}} = eU.$$

$$h \frac{c}{\lambda} = A_{\text{вых(РГ)}} + eU; \lambda = \frac{hc}{A_{\text{вых(РГ)}} + eU}; \lambda_{\text{max}} = \frac{hc}{A_{\text{вых}}};$$

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,34 \cdot 10^{-7} \text{ (м)} = 234 \text{ (нм)};$$

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} + 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,8} = 2,03 \cdot 10^{-7} \text{ (м)} = 203 \text{ (нм)}.$$

**1711.**  $U_{\text{min}} = 1,7 \text{ В}$ .

**1712.**  $A_{\text{вых(Ли)}} = 2,48 \text{ эВ}$ .  $U_3(v) - ?$   $h - ?$

$\lambda, \text{ (нм)}$	253,6	313,2	366,3	435,8	577,0
$\nu, \text{ (Гц} \cdot 10^{14} \text{)}$	11,8	9,6	8,2	6,9	5,2
$U, \text{ (В)}$	2,4	1,5	0,9	0,35	0

$$v = \frac{c}{\lambda}. h\nu = A_{\text{вых}} + eU; h = \frac{1}{\lambda} (A_{\text{вых}} + eU).$$

При  $v = 11,8 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$  ( $U = 2,4 \text{ В}$ )

$$h = \frac{1}{11,8 \cdot 10^{14}} (2,48 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} + 2,4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}) = 6,617 \cdot 10^{-34} \text{ (Дж} \cdot \text{с)}.$$

**1713.**  $\nu_1 = 1,2 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$ ;  $U_1 = 3,1 \text{ В}$ ;  $\lambda_2 = 125 \text{ нм}$ ;  $U_2 = 8,1 \text{ В}$ .  $h - ?$

$$\begin{cases} h\nu_1 = A_{\text{вых}} + eU_1, \\ h \frac{c}{\lambda_2} = A_{\text{вых}} + eU_2. \end{cases}$$

$$\Rightarrow h(v_1 - \frac{c}{\lambda_2}) = e(U_1 - U_2).$$

$$h = \frac{e(U_1 - U_2)}{v_1 - \frac{c}{\lambda_2}}; h = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} (3,1 - 8,1)}{1,2 \cdot 10^{15} - \frac{3 \cdot 10^8}{1,25 \cdot 10^{-7}}} = 6,67 \text{ (Дж} \cdot \text{с)}.$$

**1714.** Нет, нельзя. Фотоны, попадающие на черную сторону лепестков, поглощаются ею, и по закону сохранения импульса на черную сторону лепестков действует импульс  $\frac{h}{\lambda}$ ,  $\lambda$  – длина волны падающего света.

Фотоны, падающие на зеркальную сторону лепестков, практически полностью (если коэффициент отражения зеркала близок к 1) отражаются от нее, придавая ей импульс  $\frac{h}{\lambda} - (-\frac{h}{\lambda}) = \frac{2h}{\lambda}$ .

Видно, что на зеркальную поверхность действует импульс в два раза больше, чем на черную, т. е. давление света на зеркальную поверхность больше. Значит, зеркальная поверхность двигалась по направлению лучей, т. е. в направлении, обратном наблюдаемому в опыте.

**1715.**  $S=1 \text{ м}^2$ ;  $N=10^5$ ;  $t=1 \text{ с}$ ,  $\lambda=500 \text{ нм}$ ;  $R=0$  – коэффициент отражения.

$$P = \frac{J}{C} (1+R) = \frac{J}{C}.$$

$J = \frac{h\nu \cdot N}{S \cdot t}$  – интенсивность падающего света.

$$P = \frac{hN}{\lambda St}; P = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 10^5}{5 \cdot 10^{-7}} = 1,324 \cdot 10^{-22} \text{ (н/м}^2\text{)}.$$

**1716.**  $S=1 \text{ м}^2$ ;  $t=1 \text{ с}$ ;  $N=10^5$ ;  $\lambda=500 \text{ нм}$ ;  $R=1$ .

$$P = \frac{J}{C} (1+R) = \frac{h\nu N}{cSt} (1+R) = \frac{hN}{\lambda St} (1+R).$$

$$P = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 10^5}{5 \cdot 10^{-7}} \cdot 2 = 2,648 \cdot 10^{-22} \text{ (н/м}^2\text{)}.$$

**1717.**  $m=1460 \text{ кг}$ ;  $F_{\text{дав}}=F_T$ ,  $R=1$ .

Солнечная постоянная  $J=1,4 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2$ .

$S = ?$

$F_{\text{дав}} = p \cdot S$  – сила давления света.

$$S = \frac{F_{\text{дав}}}{p} = \frac{F_T}{p}; p = \frac{J}{C} (1+R).$$

$$F_T = G \frac{mM_{\odot}}{(R_{\odot} + h)^2} \cdot \frac{C}{J(1+R)}$$

$$S = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1460 \cdot 1,98 \cdot 10^{30} \cdot 3 \cdot 10^8}{(6,95 \cdot 10^8 + 1,49 \cdot 10^{11})^2 \cdot 1,4 \cdot 10^3 \cdot 2} = 0,92 \text{ (км}^2\text{)}.$$

**1718.** Нет.

Для первой орбиты  $n=1$ :  $v=6 \cdot 10^{15}$  Гц;  $T=1,7 \cdot 10^{-16}$  с.

Для второй орбиты  $n=2$ :  $v=7,5 \cdot 10^{14}$  Гц;  $T=1,3 \cdot 10^{-15}$  с.

**1719.** По теории Бора, атомы поглощают и излучают свет одинаковой частоты.

**1720.** Да, зависит.

**1721.** Может.

**1722.**  $v_2=1,9 \cdot 10^7$  м/с;  $m_{\alpha}=6,6 \cdot 10^{-27}$  кг;  $q_{\alpha}=3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл;  $q_{Au}=1,3 \cdot 10^{-17}$  Кл.

$r_{\min} - ?$

В начальный момент времени кинетическая энергия  $\alpha$ -частицы

$E_{\text{кин}} = \frac{m_{\alpha} v_{\alpha}^2}{2}$ . Когда  $\alpha$ -частица приблизится к ядру золота на минимальное

расстояние, то ее кинетическая энергия будет равна нулю, а потенциальная энергия электростатического взаимодействия в этот момент будет равна

$U = k \frac{q_{\alpha} q_{Au}}{r_{\min}}$ . По закону сохранения энергии  $E_{\text{кин}} = U_1 \Rightarrow \frac{m_2 v_2^2}{2} = k \frac{q_{\alpha} q_{Au}}{r_{\min}}$ .

$$r_{\min} = \frac{2 q_{\alpha} q_{Au} k}{m_{\alpha} v_{\alpha}^2}. \quad r_{\min} = \frac{2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-19} \cdot 1,3 \cdot 10^{-17} \cdot 9 \cdot 10^9}{6,6 \cdot 10^{-27} \cdot (1,9 \cdot 10^7)^2} = 3,1 \cdot 10^{-14} \text{ (м)}.$$

**1723.** Находясь на третьем возбужденном уровне, электроны могут перейти на 2-й уровень, излучив одну порцию. Со 2-го уровня могут перейти на 1-й уровень, излучив другую порцию энергии. Также возможен переход с 3-го на 1-й энергетический уровень, при этом излучается третья порция энергии. Таким образом, атомы водорода в данной задаче могут испускать кванты с тремя различными энергиями.

**1724.**  $n_1=1$ ,  $n_2=2$ .  $v - ?$

При переходе электронов с одной орбиты на другую длина волны излучения атома

$$\lambda = \frac{1}{R \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)}, \quad R = 1,1 \cdot 10^{17} \text{ м}^{-1} - \text{постоянная Ридберга}.$$

$n_1$  – номер орбиты, на которую переходит электрон,  $n_2$  – номер орбиты, на которой находится электрон.

$$v = \frac{c}{\lambda}. \quad v = cR \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right). \quad v = 3 \cdot 10^8 \cdot 1,1 \cdot 10^7 \left( \frac{1}{1} - \frac{1}{4} \right) = 2,475 \cdot 10^{15} \text{ (Гц)}.$$

**1725.**  $\varphi=13,56$  В.

**1726.**  $E_{\text{кин}}=1,892$  эВ.  $\lambda - ?$

$$E_{\text{кин}} = h \frac{c}{\lambda}. \quad \lambda = \frac{hc}{E_{\text{кин}}}$$

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,892 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,56 \cdot 10^{-7} \text{ (м)} = 656 \text{ (нм)} - \text{соответствует длине волны}$$

красного цвета, т.е. получим в спектре красную линию.

$$\mathbf{1727.} \quad n_1=2; n_2=4, R=1,1 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}. \lambda - ?$$

$$\lambda = \frac{1}{R(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2})}; \lambda = \frac{1}{1,1 \cdot 10^7 (\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2})} = 4,85 \cdot 10^{-7} \text{ (м)} = 485 \text{ (нм)}.$$

Эта длина волны соответствует зелено-голубоватому цвету.

$$\mathbf{1728.} \quad E_2 - E_1 = 3,278 \cdot 10^{-19} \text{ Дж. } \lambda - ?$$

$$E_2 - E_1 = h \frac{c}{\lambda}. \lambda = \frac{hc}{E_2 - E_1}.$$

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,278 \cdot 10^{-19}} = 6,06 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 606 \text{ (нм)} - \text{оранжевый цвет}.$$

$$\mathbf{1729.} \quad \Delta E = 4,9 \text{ эВ. } \lambda - ?$$

$$\Delta E = h \frac{c}{\lambda}. \lambda = \frac{hc}{\Delta E}. \lambda = \frac{14 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,62 \cdot 10^{-34}} = 3,38 \cdot 10^{15} \text{ (Гц)}.$$

$$\mathbf{\text{№ 1730.}} \quad E = hV; V = \frac{E}{h} = \frac{E_{эВ} \cdot e}{h} = \frac{14 \text{ эВ} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}} = 3,4 \cdot 10^{15} \text{ Гц}.$$

$$\mathbf{1731.} \quad E_1 = 21,6 \text{ эВ; } E_2 = 41 \text{ эВ; } E_3 = 64 \text{ эВ.}$$

$$\lambda_{\min} = 25 \text{ нм.}$$

$$E = h \frac{c}{\lambda}. E = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{25 \cdot 10^{-9}} \cdot \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 49,7 \text{ (эВ)}.$$

$$E > E_1, E > E_2, E < E_3.$$

Таким образом, возможны однократная и двукратная ионизации.

$$\mathbf{1732.} \quad \lambda = 10^{-10} \text{ м; } E_{\text{ион}} = 24,5 \text{ эВ; } E_{0(\text{кин})} = 0. v_e - ?$$

Изменение кинетической энергии электрона

$$\Delta E = \frac{mv_e^2}{2} - E_{0(\text{кин})} = \frac{mv_e^2}{2}.$$

По закону сохранения энергии

$$\Delta E = E - E_{\text{ион}}, \text{ где } E = hv = h \frac{c}{\lambda}.$$

$$\frac{mv_e^2}{2} = h \frac{c}{\lambda} - E_{\text{ион}}; v_e = \sqrt{\frac{2}{m} (h \frac{c}{\lambda} - E_{\text{ион}})}.$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2}{9,1 \cdot 10^{-31}} (6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{10^{-10}} - 24,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19})} = 6,6 \cdot 10^7 \text{ (м/с)}.$$

**1733.** Потому что свинец поглощает радиоактивное излучение.

**1734.** Преимущество кобальтовой пушки перед рентгеновской установкой состоит в том, что проникающая способность  $\gamma$ -излучения, излучаемого кобальтовой пушкой, больше, чем у рентгеновского излучения.

**1735.** Нет.

**1736.** Потеря энергии обусловлена ионизацией воздуха.

**1737.** Произошел  $\alpha$ -распад атомных ядер 2-х типов.

**1738.**  ${}_{12}^{24}\text{Mg}$  ,  ${}_{12}^{25}\text{Mg}$  ,  ${}_{12}^{26}\text{Mg}$  .

$N_p - ?$   $N_n - ?$

${}_{12}^{24}\text{Mg}$  :  $N_p = 12$ ;  $N_n = 24$ .  $N_p = 24 - 12 = 12$ ;

${}_{12}^{25}\text{Mg}$  :  $N_p = 12$ ;  $N_n = 24$ .  $N_p = 25 - 12 = 13$ ;

${}_{12}^{26}\text{Mg}$  :  $N_p = 12$ ;  $N_n = 24$ .  $N_p = 26 - 12 = 14$ .

**1739.**  ${}_3^8\text{Li}$  .

$\beta$ -распад:  ${}_3^8\text{Li} \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_4^8\text{Be}$  ;

$\alpha$ -распад:  ${}_4^8\text{Be} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_2^4\text{He}$  .

**1740.**  ${}_{92}^{239}\text{U}$  .

$\beta$ -распад:  ${}_{92}^{239}\text{U} \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_{92}^{239}\text{Np}$  ;

$\beta$ -распад:  ${}_{92}^{239}\text{Np} \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_{94}^{234}\text{Pu}$  ;

$\alpha$ -распад:  ${}_{94}^{234}\text{Pu} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{92}^{235}\text{U}$  .

**1741.**  ${}_{90}^{234}\text{Th}$  .

3 последовательных  $\alpha$ -распада:

1)  ${}_{90}^{234}\text{Th} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{88}^{230}\text{Ra}$  ;

2)  ${}_{88}^{230}\text{Ra} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{86}^{226}\text{Po}$  .

**1742.**  ${}_{81}^{210}\text{Tl}$  .

3 последовательных  $\beta$ -распада:

1)  ${}_{81}^{210}\text{Tl} \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_{82}^{210}\text{Pb}$  ;

2)  ${}_{82}^{210}\text{Pb} \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_{83}^{210}\text{Bi}$  ;

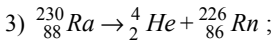
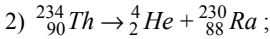
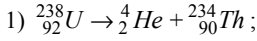
3)  ${}_{83}^{210}\text{Bi} \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_{84}^{210}\text{Po}$  ;

$\alpha$ -распад:

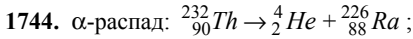
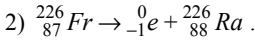
${}_{84}^{210}\text{Po} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{82}^{206}\text{Pb}$  .

**1743.**  ${}_{92}^{238}\text{U}$  .

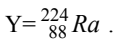
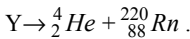
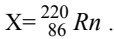
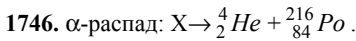
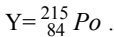
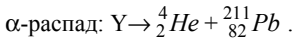
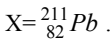
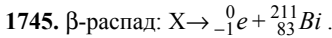
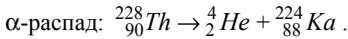
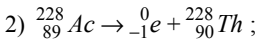
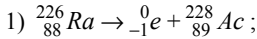
3 последовательных  $\alpha$ -распада:



2 последовательных  $\beta$ -распада: 1)  ${}_{86}^{226}\text{Rn} \rightarrow {}_{-1}^0\text{e} + {}_{87}^{226}\text{Fr}$  ;



2 последовательных  $\beta$ -распада:



**1747.**  $t = \frac{T}{2} \cdot \frac{N_{(p)}}{N_0} - ?$

Закон радиоактивного распада  $N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$  .

$$\frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{T}{2T}} = 2^{-\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} ; N = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot N_0 .$$

$$N_{(p)} = 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,29 .$$

**1748.**  $t - 1$  месяц,  $T = 71$  день.  $\frac{N}{N_0} - ?$

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}. \quad t=30 \text{ дней.}$$

$$N = N_0 2^{-\frac{30}{71}}. \quad \frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{30}{71}} = 0,746 \text{ или } \frac{N}{N_0} = 74,6\%.$$

$$\mathbf{1749.} \quad t=8 \text{ дней. } N_1 = \frac{N_0}{4}.$$

$$N_1 = N_0 2^{-\frac{t}{T}}. \quad \frac{N_0}{4} = N_0 2^{-\frac{t}{T}}. \quad \frac{1}{4} = 2^{-\frac{8}{T}}. \quad \frac{8}{T} = 2.$$

$$T=4 \text{ дня.}$$

$$\mathbf{1750.} \quad {}_{27}^{58}\text{Co} : t_1=20 \text{ суток, } T_1=72 \text{ суток.}$$

$$\frac{N_{1(p)}}{N_{1(0)}} - ?$$

$${}_{27}^{60}\text{Co} : T_2=5,3 \text{ года; } \frac{N_{2(p)}}{N_{2(0)}} = \frac{N_{1(p)}}{N_{1(0)}}.$$

$$t_2 - ?$$

$$1) \quad N_1 = N_{0(1)} 2^{-\frac{t_1}{T_1}}. \quad N_{1(p)} = N_{1(0)} - N_1 = N_{1(0)} \left(1 - 2^{-\frac{t_1}{T_1}}\right).$$

$$\frac{N_{1(p)}}{N_{1(0)}} = 1 - 2^{-\frac{t_1}{T_1}}.$$

$$2) \quad \frac{N_{2(p)}}{N_{2(0)}} = \frac{N_{1(p)}}{N_{1(0)}}; \quad 1 - 2^{-\frac{t_2}{T_2}} = 1 - 2^{-\frac{t_1}{T_1}}.$$

$$\frac{t_2}{T_2} = \frac{t_1}{T_1}. \quad t_2 = t_1 \frac{T_2}{T_1}.$$

Расчеты:

$$\frac{N_{1(p)}}{N_{1(0)}} = 1 - 2^{-\frac{20}{72}} = 0,175 \text{ или } 17,5\%$$

$$t_2 = 20 \frac{5,3}{72} = 1,5 \text{ (года).}$$

$$\mathbf{1751.} \quad t=1 \text{ сутки, } N_0=10^6; \quad T_{Rn}=3,3 \cdot 10^5 \text{ с.}$$

$$N_{(p)} = N_0 - N_0 2^{-\frac{t_1}{T_{Rn}}}$$

$$N_{(p)} = 10^6 \left(1 - 2^{-\frac{24 \cdot 60 \cdot 60}{3,3 \cdot 10^5}}\right) = 1,67 \cdot 10^5 \text{ атомов.}$$

$$\mathbf{1752.} \quad {}_{53}^{131}\text{J}, \quad {}_{53}^{133}\text{J}, \quad {}_{53}^{135}\text{J}. \quad T_1=8 \text{ суток, } T_2=20 \text{ ч., } T_3=7 \text{ ч. } t=1 \text{ месяц.}$$

$$\frac{N_{1(p)}}{N_{1(0)}} - ? \quad \frac{N_{2(p)}}{N_{2(0)}} - ? \quad \frac{N_{3(p)}}{N_{3(0)}} - ?$$

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} \cdot N_{(p)} = N_0 - N_0 2^{-\frac{t}{T}}$$

$$\frac{N_{1(p)}}{N_{1(0)}} = 1 - 2^{-\frac{30}{8}} = 0,93 \text{ или } 93\%;$$

$$\frac{N_{2(p)}}{N_{2(0)}} = 1 - 2^{-\frac{30 \cdot 24}{20}} \approx 1; \quad \frac{N_{3(p)}}{N_{3(0)}} = 1 - 2^{-\frac{30 \cdot 24}{7}} \approx 1.$$

$$\mathbf{1753.} \quad T(^{90}_{38}\text{Sr}) = T_1 = 28 \text{ лет}, \quad T(^{137}_{55}\text{Cs}) = T_2 = 30 \text{ лет}, \quad \frac{N}{N_0} = \frac{1}{10}$$

$$t_1 - ? \quad t_2 - ?$$

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}, \quad \frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T}}$$

$$2^{-\frac{t_1}{T_1}} = 10^{-1}; \quad 2^{\frac{t_1}{T_1}} = 10$$

$$\frac{t_1}{T_1} = \log_2 10.$$

$$t_1 = T_1 \log_2 10 = 28 \cdot 3,33 = 93,3 \text{ (года)}$$

$$t_2 = T_2 \cdot 3,33 = 30 \cdot 3,33 = 100 \text{ (лет)}.$$

**1754.** Т.к. в верхних слоях атмосферы ее плотность ниже, чем у поверхности Земли, то длина пробега  $\alpha$ -частицы больше в верхних слоях атмосферы.

**1755.**  $\beta$ -излучение и  $\gamma$ -излучение.

**1756.**  $C = 24 \text{ мФ}$ ,  $\Delta U = 20 \text{ В}$ .  $N = ?$

Количество пар ионов, образовавшихся в счетчике Гейгера, определяется количеством электронов  $N$ , движущихся в цепи (рис. 245). Количество электронов есть отношение заряда, протекшего в цепи, к заряду одного электрона:

$$N = \frac{Q}{e} = \frac{C \Delta U}{e} \cdot N = \frac{24 \cdot 10^{-12} \cdot 20}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 3 \cdot 10^9 \text{ (пар ионов)}.$$

**1757.** Если уменьшить сопротивление  $R$  в цепи (рис. 245), то счетчику будет требоваться меньшее время для того, чтобы принять новый сигнал.

**1758.** Индукция магнитного поля должна быть направлена за плоскость чертежа перпендикулярно ей.

**1759.** Из рисунка видно, что сила Лоренца действовала в направлении, показанном на рисунке. По правилу левой руки, учитывая, что заряд электрона отрицательный, делаем вывод, что электрон двигался снизу вверх.



**1760.** (Начало решения – см. 1759).

Правый трек – отрицательно заряженная частица, соответственно левый трек принадлежит положительно заряженной частице. Массы частиц разные, так как толщина треков разная.

**1761.** Так как масса  $\alpha$ -частицы во много раз больше массы  $\beta$ -частицы, то траектория  $\alpha$ -частицы короткая вследствие ее трения при движении в парах воды.  $\beta$ -частица не успевает затормозить, поэтому ее треки полностью не умещаются в камере. Под действием силы Лоренца, действующей на  $\alpha$ -частицу, траектория последней искривляется.

**1762.** Так как свинец поглощает радиоактивное излучение, то треки частиц будут больше закреплены. Следовательно, можно определить знак заряда частицы и направление ее движения.

**1763.** Из рисунка видно (по толщине треков), что частица, пройдя через слой АВ, потеряла скорость (трек в нижней части от АВ толще). Треки частиц быстро исчезают, потому что сконденсировавшиеся капли насыщенного пара воды при возвращении начальных условий вновь превращаются в молекулы пара, и туман рассеивается.

**1765.** Нейтрон будет испытывать больше столкновений с ядрами элементов, атомная масса которых меньше, т. е. с ядрами углерода, т. е.  $m_c = 12$  а.е.м.  $< m_0 =$  а.е.м.

**1766.** Так как нейтрон электрически нейтрален, то при проникновении в ядра атомов между ними и ядрами не возникает сил электрического взаимодействия, нежели с другими частицами, имеющими заряд. Поэтому нейтроны легче проникают в ядра атомов, чем другие частицы.

**1767.**  ${}^4_2\text{He}$ ;  ${}^7_3\text{Li}$ ;  ${}^{27}_{13}\text{Al}$ .  $E_{\text{св}} - ?$

Дефект масс  $\Delta M = Z \cdot m_p + (A - Z) m_n - \mu_{\text{ядра}}$ , где  $Z$  – заряд ядра,  $A$  – атомная масса элемента,  $\mu_{\text{ядра}}$  – масса ядра.

$m_n = 1,00866$  а.е.м. – масса нейтрона

$m_p = 1,00783$  а.е.м. – масса протона.

1)  ${}^4_2\text{He}$ .  $\mu_{\text{He}} = 4,0026$  а.е.м.

$\Delta M = 2 \cdot 1,00783 + (4 - 2) \cdot 1,00866 - 4,0026 = 0,03038$  (а.е.м.)

$E_{\text{св}} = E_0 \Delta M$ ,  $E_0 = 931$  МэВ – энергия связи одной атомной единицы массы.

$\Delta E_{\text{св}} = E_0 \Delta M$ .

$\Delta E_{\text{св}} = 931 \cdot 0,03038 = 28,28$  (МэВ).

2)  ${}^7_3\text{Li}$ :  $Z = 3$   $A = 7$ .

$\mu_{\text{Li}} = 7,01601$  а.е.м.

$\Delta M = 3 \cdot 1,00783 + (7 - 3) \cdot 1,00866 - 7,01601 = 0,04212$  (а.е.м.).

$E_{\text{св}} = 931 \cdot 0,04212 = 39,2$  (МэВ).

3)  ${}^{27}_{13}\text{Al}$ ;  $Z = 13$ ;  $A = 27$ ,  $\mu_{\text{Al}} = 26,98146$ .

$\Delta M = 13 \cdot 1,00783 + (27 - 13) \cdot 1,00866 - 26,98146 = 0,24157$ .

$E_{\text{св}} = 0,24157 \cdot 931 = 224,9$  (МэВ).

**1768.**  ${}^3_1H : {}^3_2He$  .  $E_{св}$  – ?

$${}^3_1H : Z=1, A=3. \mu_H=3,01605$$

$$\Delta M_H = Z \cdot m_p + (A-Z)m_n - \mu_H.$$

$$\Delta M_H = 1,00783 \cdot (3-1) \cdot 1,01605 = 0,0091 \text{ (а.е. м.)}$$

$$E_{св(H)} = 931 \cdot 0,0091 = 8,47 \text{ (МэВ)}.$$

$${}^3_2He : Z=2; A=3; \mu_{{}^3_2He} = 3,01602 \text{ (а.е. м.)}$$

$$\Delta M_{(He)} = 21,00783 + 1,00866 - 3,01602 = 0,0083 \text{ (а.е. м.)}$$

$$E_{св\, {}^3_2He} = 931 \cdot 0,0083 = 7,72 \text{ (МэВ)}$$

$$\text{т.к. } \frac{E_{св({}^3_1H)}}{A({}^3_1H)} = \frac{8,47}{3} > \frac{7,72}{3} = \frac{E_{св({}^3_2He)}}{A({}^3_2He)} \text{ [МэВ/нуклон]},$$

то ядро  ${}^3_1H$  более устойчиво. (Удельная энергия связи  $\frac{E_{св}}{A}$  у  ${}^3_1H$  больше,

чем у  ${}^3_2He$ ).

**1769.**  ${}^2_1H$  .  $E_{св}$  – ?

$$Z=1, A=2, \mu_{{}^2_1H} = 2,0141$$

$$\Delta M_{{}^2_1H} = (1,00783 + 1,00866 - 2,0141) = 0,00239 \text{ (а. е. м.)}$$

$$\text{Удельная энергия связи: } \frac{E_{св}}{A} = \frac{931 \cdot 0,00239}{2} = 1,11 \text{ (МэВ/нуклон)}.$$

**1770.**  ${}^7_3Li$  ,  ${}^{14}_7N$  ,  ${}^{16}_8O$  ,  ${}^{27}_{13}Al$  ,  ${}^{40}_{20}Ca$  ,  ${}^{63}_{29}Cu$  ,  ${}^{113}_{48}Cd$  ,  ${}^{200}_{80}Hg$  ,  ${}^{238}_{92}U$  .

$$\frac{E_{св}}{A} (A) - ?$$

$$E_{св} = E_0 \Delta M; \Delta M = Z \cdot m_p + (A-Z)m_n - \mu_{\text{ядра}}.$$

$$\text{Для ядра } {}^7_3Li : E_{св} = E_0 \Delta M.$$

$$E_{св} = 931(3 \cdot 1,00783 + (7-3)1,00866 - 7,01601) = 39,2 \text{ (МэВ)}.$$

$$\frac{E_{св}}{A} = \frac{39,2}{7} = 5,6 \text{ (МэВ/нуклон)}.$$

Аналогично для других ядер:

Ядро	${}^{14}_7N$	${}^{16}_8O$	${}^{27}_{13}Al$	${}^{40}_{20}Ca$	${}^{63}_{29}Cu$	${}^{113}_{48}Cd$	${}^{200}_{80}Hg$	${}^{238}_{92}U$
$\frac{E_{св}}{A}$ (МэВ/нуклон)	7,23	7,71	8,33	5,8	0,36	12,6	5,0	7,65

$$1771. {}^4_5B + {}^4_2He \rightarrow {}^{14}_7N + {}^1_0n.$$

$$1772. {}^{27}_{13}Al + {}^4_2He \rightarrow {}^{30}_{15}P + {}^1_0n;$$

распад с выделением позитрона:  ${}^{30}_{15}P \rightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^0_1e.$

$$1773. 1) {}^{36}_{26}Fe + {}^1_0n = {}^{56}_{25}Mn + {}^1_1H;$$

$$2) {}^{56}_{25}Mn \rightarrow {}^{36}_{26}Fe + {}^0_{-1}e.$$

$$1774. 1) {}^{10}_5B + {}^4_2He = {}^{13}_7N + {}^1_0n;$$

$$2) {}^{13}_7N \rightarrow {}^{13}_8O + {}^0_1e.$$

$$1775. {}^{11}_5B + {}^1_1H \rightarrow 3 {}^4_2He.$$

$$1776. 1) {}^{14}_7N + ? \rightarrow {}^{17}_8O + {}^1_1H; {}^A_ZX: A=(17+1)-14=4, Z=(8+1)-7=2.$$

$${}^A_ZX = {}^4_2He;$$

$$2) {}^{14}_7N + ? \rightarrow {}^{15}_8O + \gamma; {}^A_ZX: A=15-14=1, Z=8-7=1.$$

$${}^A_ZX = {}^1_1H;$$

$$3) {}^{14}_7N + ? \rightarrow {}^4_5B + {}^4_2He; {}^A_ZX: A=(11+4)-14=1, Z=(3+2)-7=0.$$

$${}^A_ZX = {}^1_0n.$$

$$1777. 1) {}^{27}_{13}Al (n, 2) X: {}^{27}_{13}Al + {}^1_0n = {}^4_2He + {}^{24}_{11}Na. X = {}^{24}_{11}Na.$$

$$2) {}^{55}_{25}Mn (x, n) {}^{55}_{26}Fe: {}^{55}_{25}Mn + {}^1_1H = {}^1_0n + {}^{55}_{26}Fe; x = {}^1_1H.$$

$$3) {}^{14}_7N + {}^1_0n = {}^1_1H + {}^{14}_6C, x = {}^1_1H; {}^{14}_7N (n, x) {}^{14}_6C;$$

$$4) {}^{19}_9Fe (p, x) {}^{16}_8O: {}^{19}_9Fe + {}^1_1p = {}^4_2He + {}^{16}_8O; x = {}^4_2He;$$

$$5) {}^{27}_{13}Ac (\alpha, p) X: {}^{27}_{13}Al + {}^4_2He = {}^1_1p + {}^{30}_{14}Si; X = {}^{30}_{14}Si;$$

$$6) X (p, \alpha) {}^{24}_{11}Na: {}^{25}_{12}Mg + {}^1_1p = {}^4_2He + {}^{24}_{11}Na; X = {}^{25}_{12}Mg.$$

$$1778. 1) {}^{14}_7N + {}^4_2He = {}^1_1H + {}^{17}_8O.$$

$$E=|\Delta\mu|E_0=931|\Delta\mu| \text{ (МэВ)}.$$

$$\Delta\mu=\mu_1+\mu_2-(\mu_3+\mu_4).$$

$$\mu_{{}^{14}_7N}=14,0037 \text{ (a. e. m.)}, \mu_{{}^4_2He}=4,0026 \text{ (a. e. m.)};$$

$$\mu_{({}^1_1H)}=1,00783+4,0026-(1,00783+16,99913)=-0,00129 \text{ (a. e. m.)};$$

$$E=0,00129 \cdot 931=1,2 \text{ (МэВ)};$$

$$2) {}^9_4Be + {}^2_1H = {}^{10}_5B + {}^1_0n.$$

$$\mu_{{}^9_4Be}=9,01219 \text{ (a. e. m.)}, \mu_{{}^2_1H}=2,0141 \text{ (a. e. m.)},$$

$$\mu_{10B} = 10,01294 \text{ (а. е. м.)}, \mu_{on} = 1,00866 \text{ (а. е. м.)}.$$

Аналогично пункту 1),  $E=4,35$  (МэВ)

3)  $E=15$  МэВ; 4)  $E=17,3$  МэВ.

**1779.**  $10_5B + 1_1H = 8_4Be + 2_2He$  — ядра  $2_2He$  получаются, кроме ядер  $8_4Be$ .

$E=931$  (Δμ) (МэВ).

$$\mu_{11B} = 11,0093 \text{ (а. е. м.)} \quad \mu_{1H} = 1,00783 \text{ (а. е. м.)}$$

$$\mu_{8He} = 8,02168 \text{ (а. е. м.)} \quad \mu_{(2He)} = 4,0026 \text{ (а. е. м.)}.$$

$$\Delta\mu = 11,0093 + 1,00783 - (8,02168 + 4,0026) = -0,00715 \text{ (а. е. м.)}.$$

$$E = 0,00715 \cdot 931 = 6,66 \text{ (МэВ)}.$$

$$\mathbf{1780.} \quad 7_3Li + 1_1H = 4_2He + 4_2He$$

$$\mu_{7Li} = 7,016 \text{ (а. е. м.)}; \mu_{(1H)} = 1,00783 \text{ (а. е. м.)}$$

$$\mu_{(2He)} = 4,0026 \text{ (а. е. м.)}.$$

$$\Delta\mu = 7,016 + 1,00783 - 2 \cdot 4,0026 = 0,01863 \text{ (а. е. м.)}.$$

$$E = 931 |\Delta\mu|; E = 931 \cdot 0,01863 = 17,34 \text{ (МэВ)}$$

$$E = 17,34 \cdot 10^6 \text{ эВ} = 2,78 \cdot 10^{-12} \text{ (Дж)}.$$

$$E = 2 \cdot \frac{m_2 v^2}{2}, v = \sqrt{\frac{E}{m_\alpha}}.$$

$$v = \sqrt{\frac{2,78 \cdot 10^{-12}}{4,0026 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}}} = 2,05 \cdot 10^7 \text{ (м/с)}.$$

$$\mathbf{1781.} \quad r = 10^{-12} \text{ см. } U - ?$$

$$U = k \frac{q^2}{r}; U = 9 \cdot 10^9 \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{10^{-12} \cdot 10^{-2}} = 2,3 \cdot 10^{-14} \text{ (Дж)} = 0,84 \text{ (МэВ)}.$$

$$\mathbf{1782.} \quad 1_1H : \overline{W}_{\text{кин}} = 0,14 \text{ МэВ. } T - ?$$

$$\overline{W}_{\text{кин}} = \frac{3}{2} kT; T = \frac{2\overline{W}_{\text{кин}}}{3k}.$$

$$T = \frac{2 \cdot 0,14 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23}} = 1,1 \cdot 10^9 \text{ (К)}.$$

$$\mathbf{1783.} \quad 1) \quad 2_1H + 2_1H \rightarrow 1_1H + 3_1H$$

$$\mu_{(1H)} = 1,00783 \text{ (а. е. м.)};$$

$$\mu_{(2H)} = 2,01410 \text{ (а. е. м.)};$$

$$\mu_{(3H)} = 3,01543 \text{ (а. е. м.)}$$

$$E=931 \cdot \Delta\mu=931 \cdot (2 \cdot 2,01410 - 1,00783 - 3,01543) = 4,6 \text{ (МэВ)};$$

$$2) {}^2_1H + {}^2_1H = {}^3_2He + {}^1_0n;$$

$$\mu({}^3_2He) = 3,01605 \text{ (а. е. м.)};$$

$$\mu({}^1_0n) = 1,00866 \text{ (а. е. м.)};$$

аналогично пункту 1),  $E=3,25 \text{ (МэВ)}$ .

$$\mu({}^3_1H) = 3,01543 \text{ (а. е. м.)}$$

$$E=931 \cdot \Delta\mu=931 \cdot (2 \cdot 2,01410 - 1,00783 - 3,01543) = 4,6 \text{ (МэВ)}.$$

$$\mathbf{1784.} \quad {}^7_3Li + {}^1_1H \rightarrow 2 {}^4_2He, E_\alpha = 9,15 \text{ МэВ}.$$

$$E_{{}^1_1H} - ?$$

По закону сохранения энергии

$$E + E_{{}^1_1H} = 2E_\alpha, \text{ где } E - \text{ выделившаяся энергия,}$$

$$E = 931 \cdot (-2 \cdot 4,0026 + 1,00783 + 7,016) = 17,3 \text{ (МэВ)}.$$

$$E_{{}^1_1H} = 2E_\alpha - E,$$

$$E_{{}^1_1H} = 2 \cdot 9,15 - 17,3 = 1 \text{ (МэВ)}.$$

$$\mathbf{1785.} \quad {}^{24}_{12}Mg (\gamma, n): {}^{24}_{12}Mg + \gamma = {}^1_0n + {}^{23}_{12}Mg.$$

$$\mu({}^{24}_{12}Mg) = 24,305 \text{ (а. е. м.)}$$

$$\mu({}^{23}_{12}Mg) = 23,3142 \text{ (а. е. м.)}$$

$$E = |\mu({}^{24}_{12}Mg) - \mu({}^1_0n) - \mu({}^{23}_{12}Mg)| \cdot 931;$$

$$E = |24,305 - 1,00866 - 23,3142| \cdot 931 = 16,6 \text{ (МэВ)}.$$

$$\mathbf{1786.} \quad {}^2_1H + \gamma = {}^1_0n + {}^1_1H.$$

$$E_\gamma - ?$$

По закону сохранения энергии  $E_\gamma = 931 \cdot x$

$$x(1,00783 + 1,00866 - 2,0141) = 2,2 \text{ (МэВ)}.$$

$$\mathbf{1787.} \quad t_1 = 0^\circ\text{C}, t_2 = 100^\circ\text{C}; {}^7_3Li (p, {}^4_2He) m_{Li} = 12.$$

$$m_{H_2O} - ?$$

$${}^7_3Li + {}^1_1H = {}^4_2He + {}^4_2He,$$

$$Q = E;$$

$$Q = C_{H_2O} m_{H_2O} (t_2 - t_1); E = 931 \left| \Delta\mu \right| \frac{m_{Li}}{M_{Li}} N_A \text{ (МэВ)},$$

где  $\Delta\mu$  – дефект масс,  $M_{Li} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$  – молярная масса лития,  
 $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль}$ .

$$m_{H_2O} = \frac{Q}{C_{H_2O}(t_2 - t_1)} = \frac{931 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} |\Delta\mu| m_{Li} N_A}{C_{H_2O}(t_2 - t_1) M_{Li}},$$

$$m_{H_2O} = \frac{931 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot (7,016 + 1,007832 - 2 \cdot 4,0026) \cdot 10^{-3} \cdot 6,12 \cdot 10^{23}}{4200 \cdot 100 \cdot 7 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 5,68 \cdot 10^5 \text{ (кг)}.$$

**1788.**  ${}_{13}^{27}Al + {}_2^4He = {}_{14}^{30}Si + {}_1^1H$ .  $m_{Al}=1$  г.  $E_\alpha=8$  МэВ.

$E - ?$   $E_{затр} - ?$

$$E = 931 \cdot [\mu({}_{13}^{27}Al) + \mu({}_2^4He) - \mu({}_{14}^{30}Si) - \mu({}_1^1H)] \cdot \frac{m_{Al}}{M_{Al}} \cdot N_A$$

$$E = 931 \cdot 10^6 \cdot (26,9815 + 4,0026 -$$

$$- 29,97365 - 1,00783) \cdot \frac{10^{-3}}{27 \cdot 10^{-3}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 5,35 \cdot 10^{22} \text{ (МэВ)}.$$

Количество  $\alpha$ -частиц, необходимое для осуществления данной реакции,

определяется количеством атомов алюминия:  $N_{\alpha(0)} = N_{Al} = \frac{m_{Al}}{M_{Al}} \cdot N_A$  - если

бы каждая  $\alpha$ -частица вызывала превращение. Но так как только одна  $\alpha$ -частица из  $2 \cdot 10^6$  частиц вызывает превращение, то общее количество  $\alpha$ -частиц  $N = 2 \cdot 10^6 \cdot N_{\alpha(0)}$ .

Тогда энергия, требуемая для осуществления превращения, равна

$$E_{затр} = E_\alpha \cdot N = 2 \cdot 10^6 \cdot E_\alpha \cdot \frac{m_{AC}}{M_{AC}} \cdot N_A.$$

$$E_{затр} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{27 \cdot 10^{-3}} = 3,6 \cdot 10^{29} \text{ (МэВ)}.$$

$$\frac{E_{затр}}{A} = \frac{3,6 \cdot 10^{29}}{5,35 \cdot 10^{22}} = 6,73 \cdot 10^6.$$

**1789.**  $t=24$  часа,  $m_{235U}=220$  г,  $\eta=25\%$ .  $P - ?$

$E_U=200$  МэВ.

$$\eta = \frac{A_{\text{полезн}}}{A_{\text{затр}}}, \text{ где } A_{\text{полезн}} = P \cdot t - \text{полезная работа,}$$

$A_{\text{затр}} = Q - \text{затраченная работа.}$

$$Q = E_U \cdot N = E_U \cdot \frac{m_U}{M_U} N_A.$$

$$\eta = \frac{P t M_U}{E_U m_U N_A},$$

$$P = \frac{\eta E_U m_U N_A}{t \cdot M_U};$$

$$P = \frac{0,25 \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,22 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 0,235} = 53 \cdot 10^6 \text{ (Вт)}.$$