

# **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

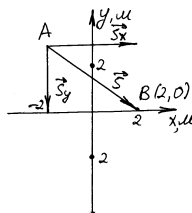
$$|S_i| = \sqrt{(S_{i0x} - S_{i1x})^2 + (S_{i0y} - S_{i1y})^2}$$

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

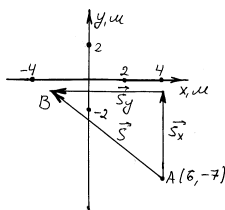
$$S_{ix} = S_{i1x} - S_{i0x},$$

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

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



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

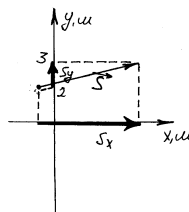


13.

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

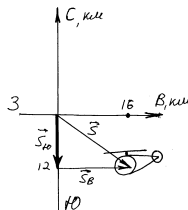
$$S_x = S - (-1) = 6$$

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



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

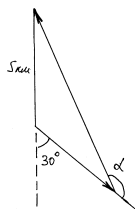
$$|\vec{S}| = \sqrt{12^2 + 16^2} = 20 \text{ км.}$$



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

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

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

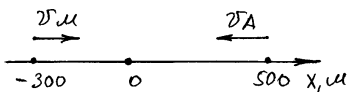
20.  $x = 20t$  – Движение равномерное и прямолинейное

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

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

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

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



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

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

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

$$t = 25 \text{ с}$$

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

$$t = 30 \text{ с.}$$

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

$$30t = 800 \quad t = \frac{80}{3} \approx 26,7 \text{ с} \quad x_{\text{встречи}} = \frac{80}{3} \cdot 10 - 300 =$$

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

$$1,5 \text{ мин} = 90\text{с}$$

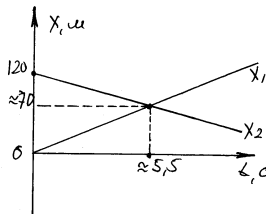
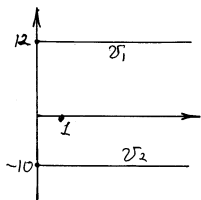
$$r(90) = |x_a(90) - x_m(90)| = |500 - 20 \cdot 90 - (-300) - 10 \cdot 90| = |-1900| = 1900\text{м.}$$

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

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

$$v_A = 12 \text{ м/с}$$

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



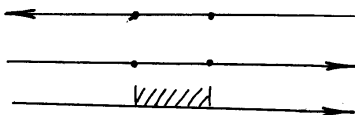
$$12t = 120 - 10t$$

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

$$t \approx 5,45\text{с}$$

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

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



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

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

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

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

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

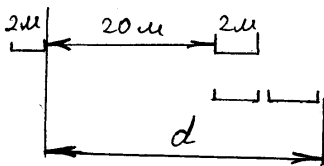
$$t_{20} = \frac{70 - 41,75}{54} = \frac{29,25}{54} \text{ ч}$$

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

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

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

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

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.

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

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

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

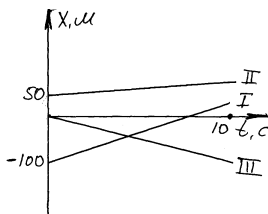
$$x_1 = x_2 \quad 200 - 40t = 120 - 20t \quad 20t = 80 \quad t = 4\text{с}$$

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

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

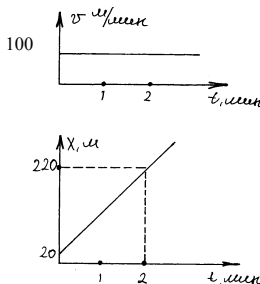
28.  $x_I = -100 + 15t$

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



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

$$x = 20 + 100t$$



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

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

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

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

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

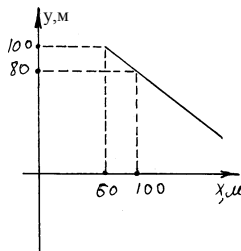
водитель превысил скорость.

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

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

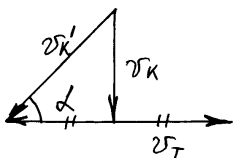


46. Нет,

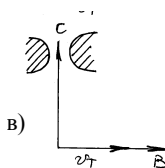
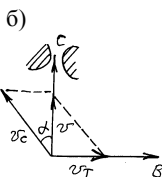
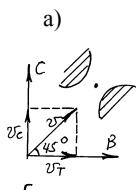
$$S' = S \cos \alpha \quad v_{\text{наполнения}} = v'_k = \frac{v_k}{\cos \alpha} = A v_k S$$

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

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



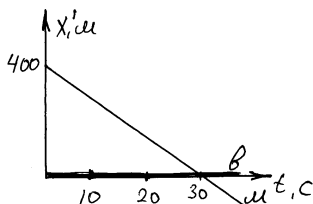
б)  $\sin \alpha = \frac{v_m}{v_c} = \frac{5}{9} \quad \alpha = \arcsin \frac{5}{9} \approx 33,7^\circ$

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

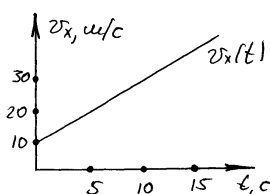
60. а) движение равноускоренное;

б)  $v_0 = 10 \text{ м/с}$

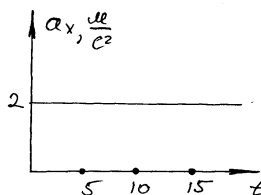
в)  $a = 2 \text{ м/с}^2$

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

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



д)



е)

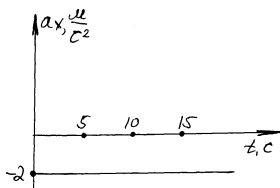
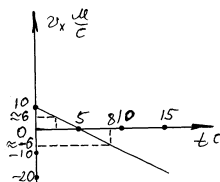
61. а) движение равноускоренное;

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

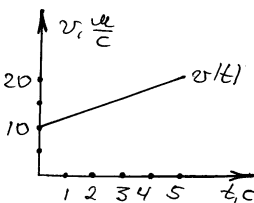


Рис 66

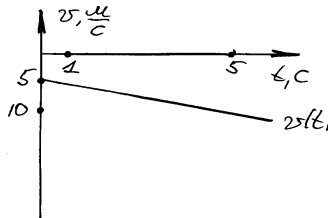
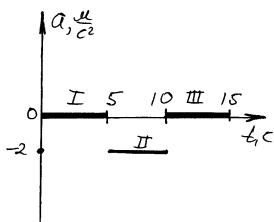


Рис 67

**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>  $v = 5 - 2(t-5) = 15 - 2t$

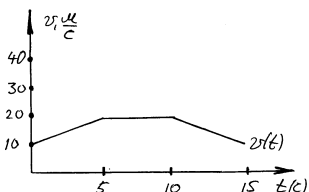
III.  $a = 0$   $v = -5$  м/с

**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>  
 $v = 20 - 2(t-10) = 40 - 2t$



**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

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

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

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

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

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

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

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

$$76. S(4) - S(3) = 7 \text{ м}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

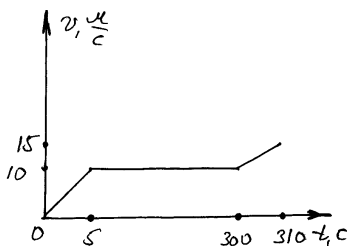
$$78. S = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad a = \frac{v-v_0}{t} \quad S = v_0 t + \frac{(v-v_0)t^2}{2}$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

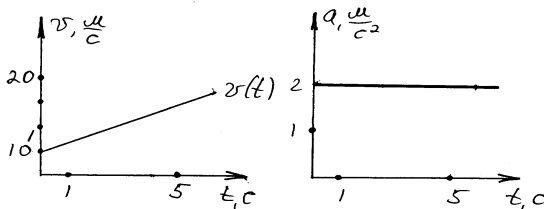
81. а) равноускоренное;

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)

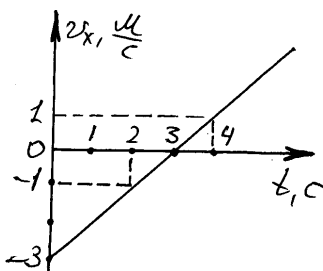


е)  $X(3) = 20 + 5 \cdot 3 + \frac{2 \cdot 3^2}{2} = 44\text{м};$

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)  $V_0 = 10 \text{ м/с}$

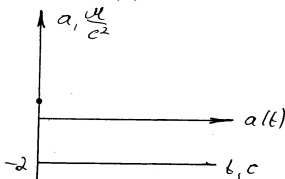
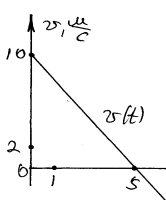
г)  $a = -2 \text{ м/с}^2$

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  $V=0$

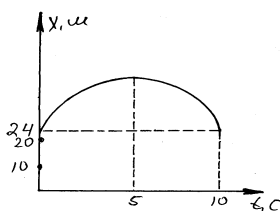
$V = V_0 + at = 10 - 2t$   $10 - 2t = 0$ ,  $t = 5 \text{ с}$

$\ell(5) = S(5) = |X(5) - X(6)| = 24 + 10 \cdot 5 - 5^2 - 24 = 25 \text{ м}$

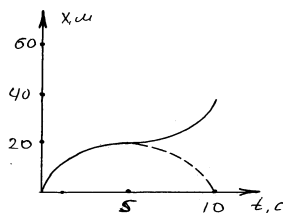
$\ell(\text{от } 8 \text{ до } 10) = |S(10) - S(5)| = |0 - 25| = 25 \text{ м}$

$\ell(10) = 25 + 25 = 50 \text{ м}$

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.

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

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

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

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

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

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

$$2\ell = 1200 - 300$$

$$2\ell = 900$$

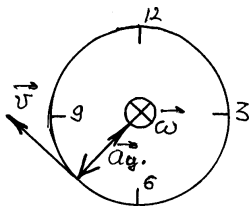
$$\ell = 450\text{м}$$

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



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

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

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

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

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

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

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.

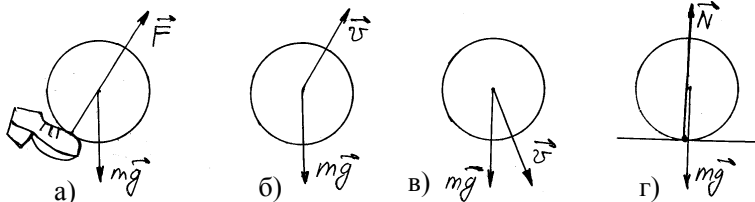
107. Мяч упадет на пол вертикально вниз – на него не действуют силы,двигающие его относительно вертикали, т.к. поезд движется равномерно и прямолинейно.

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.

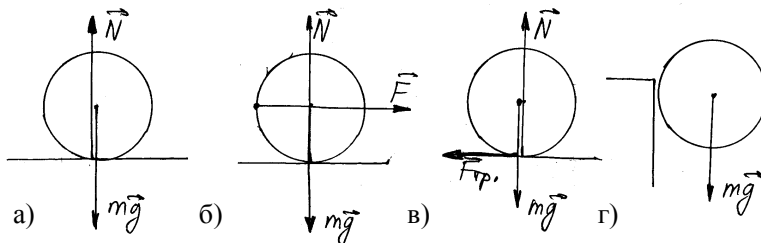
109. Для изменения направления движения бревен требуется большая сила, направленная перпендикулярно скорости, но как известно, сила взаимодействия воды и бревна очень мала (жидкое трение), поэтому бревна прибывает к берегу.

110. Поезд затормозил и мяч покатился по инерции вперед.

111.



112.



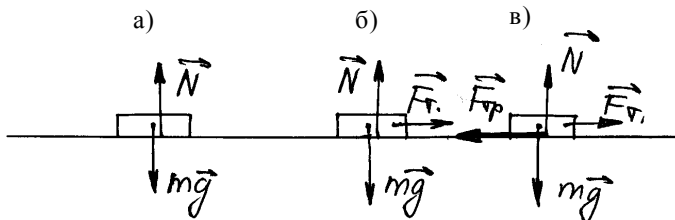
113. а) на человека действует сила тяжести и реакция опоры – пол лифта  $|\overline{mg}| = |\overline{N}|$ ;

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.

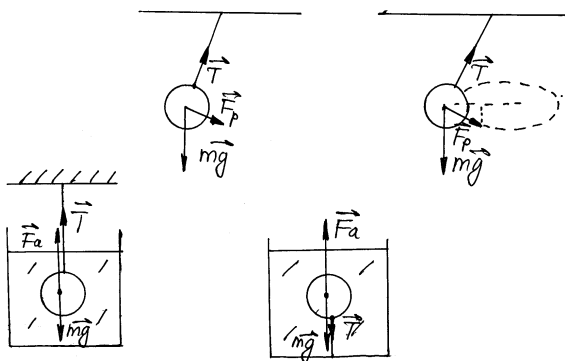


115. а)  $\vec{F}_p$  – равнодействующая

$T$  – натяжение нити

пад – сила тяжести

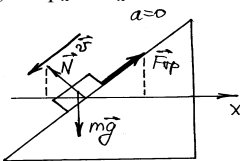
б) аналогично а)



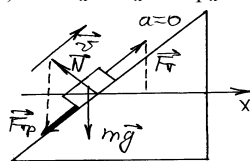
в)  $\overline{F_a}$  – сила Архимеда

116.

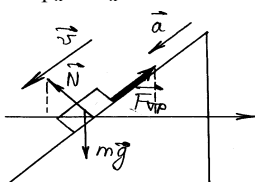
а)  $F_{\text{тр}x} = N_x$



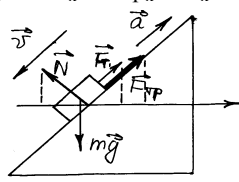
б)  $F_{\text{тяг}x} - N_x - F_{\text{тр}x} = 0$



в)  $F_{\text{тр}x} - N_x < 0$

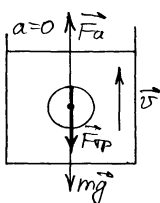


г)  $F_{\text{тяг}x} + F_{\text{тр}x} - N_x > 0$

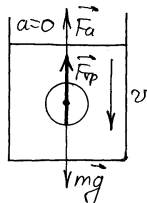


117.

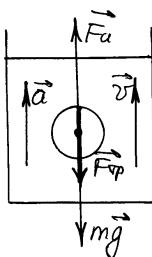
а)  $\overline{F_a} = \overline{F_{\text{тр}}} + \overline{mg}$



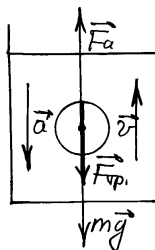
б)  $\overline{F_a} + \overline{F_{\text{тр}}} = \overline{mg}$



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.

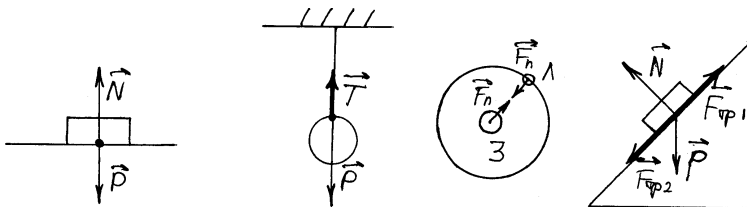
131. Так как ускорение вертолета равно 0, то сила, с которой он действует на землю равна  $mg$ , т.е. одинакова при а) и б).

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

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

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

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

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

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

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

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

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  $g_{\otimes}$ .

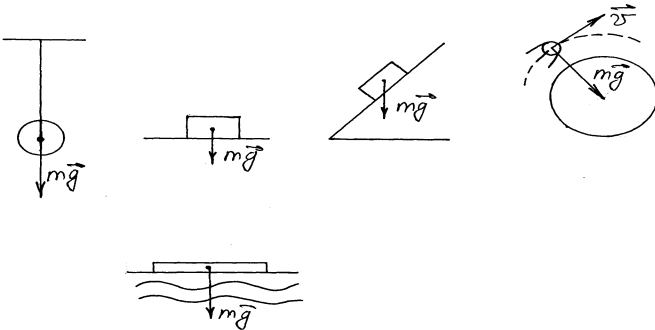
$$148. \quad F = \frac{GMm}{R^2} \quad F_3 = \frac{GM_3 m}{r_3^2} \quad F_{\text{л}} = \frac{GM_{\text{л}} m}{r_{\text{л}}^2}$$

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

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

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

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

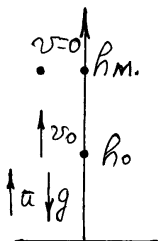
$$y = y_0 + V_0t - \frac{gt^2}{2} = 25 + 10t - \frac{9,8t^2}{2} = 25 + 10t - 5t^2$$

$$t_1 = 3,5\text{с,}$$

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

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

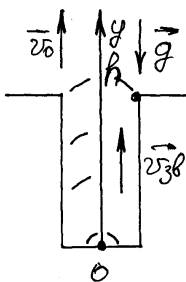
$$h_m = h_0 + V_0t' - \frac{gt'^2}{2}, \text{ где}$$

$V_0 = at = 5 \cdot 10 = 50\text{м/с}$ , 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,  $t_n = 4,2\text{с}$

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

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



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

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

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

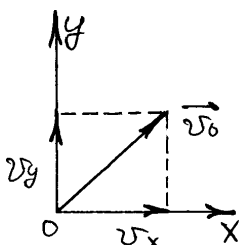
$$б) V_0 = 2h \sqrt{\frac{g}{2h}} = \sqrt{\frac{4h^2 g}{2h}} = \sqrt{2hg} \quad S = \frac{(2h)^2}{4h} = \frac{4h^2}{4h} = h$$

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  $-V_y$

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

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

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

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

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

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

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

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

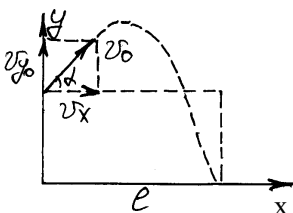
$$V_y = V_0 \sin \alpha \quad \sin \alpha = \frac{V_y}{V_0} = \frac{10}{20} = \frac{1}{2}$$

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

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,

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

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

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

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

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

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

$$t = 1,1 \text{ с}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

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

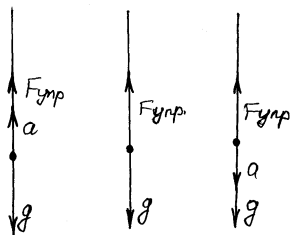
$$212. KX = F \quad F = mg + ma \quad F = m_1 g \quad m = 200 \quad m_1 = 240$$

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

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.



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

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

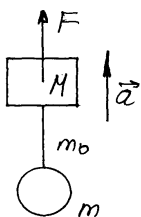
$$2) \quad a = 0 \quad F = 1500(0 - (-9,8)) = 14700 \text{ Н}$$

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

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. Неразведенной 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  $S_{x2}$

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

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

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

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

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

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

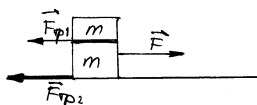
$$S_x = V_{x0}t - \frac{g\mu t^2}{2} \quad a = -\frac{\mu mg}{m} = -\mu g$$

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

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

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

240.



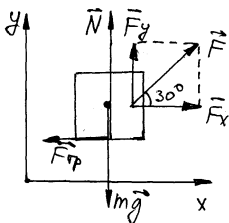
$$F_{Tp} = F_{Tp1} + F_{Tp2} \quad |F| = |F_{Tp}| \quad F_{Tp1} = mg\mu$$

$$F_{Tp2} = (m + m)g\mu = 2mg\mu, \quad F = mg\mu + 2mg\mu = 3mg\mu = 3 \cdot 1 \cdot 9,8 \cdot 0,3 \approx 9\text{H}$$

241.  $F_{Tp} = F_{ynp} \quad F_{Tp} = mg\mu \quad F_{ynp} = Kx$

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

242.



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

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

$$mg = 0$$

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

$$mg = 0$$

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

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

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

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

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.

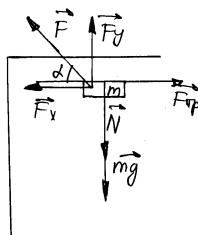
$$\text{OX: } F_{\text{тр}} - F \cos \alpha = 0 \quad \text{OY: } mg + N -$$

$$F \sin \alpha = 0$$

$$\text{т.к. } F_y = F \sin \alpha$$

$$F_x = F \cos \alpha$$

$$N = \frac{F_{\text{тр}}}{\mu}$$



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

вычитая почленно из 2-го 1-ое полу-

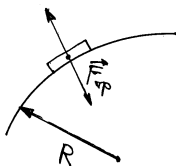
чим

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

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

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

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

затормозить выгоднее.

252. Запишем второй закон Ньютона

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

$F_{трy} = -AV_y$   $F_{т,y} = -mg$  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.

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

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

**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.

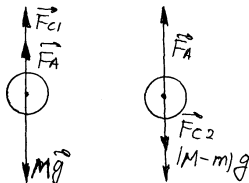
$$\text{В случае а) и б) } \Sigma F = 0$$

$$\text{а) } F_{c1} + F_A - Mg = 0$$

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

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;

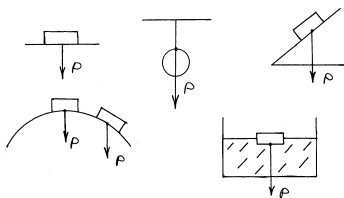
в) вес приложен к опоре или подвесу;

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 20с

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

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

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

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  $a = 0,04 \text{ м/с}^2$ .

268. а)  $a = \frac{P-mg}{m}$      $m = 60 \text{ кг}$      $mg = 600 \text{ Н}$     а

$$= \frac{540-600}{60} = -1 \text{ м/с}^2, \text{ т.е. } |a| = 1 \text{ м/с}^2 \text{ и } \vec{a} \text{ направлено вертикально вниз;}$$

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

о скорости ничего определенного сказать нельзя.

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

кг.

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

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

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

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

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.

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

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

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

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

$$F_{\text{тяг}} = m(g\mu + a) \quad a = 0,7 \text{ м/с}^2; \quad F_{\text{тяг}} = 15000(9,8 \cdot 0,03 + 0,7) = 15000\text{Н.}$$

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

$$m = 3250000 \text{ кг}$$

$$F_{\text{тяг}} = 650000\text{Н}$$

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

$$V = 0,15t$$

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

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

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

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

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

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

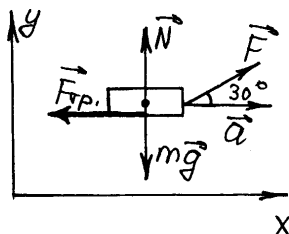
$$2) a = \frac{0-10}{120-40} = -0,125 \text{ м/с}^2 \quad F_{\text{тяги}} = 8000 \cdot (-0,125) + 600 = -400 \text{ Н.}$$

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

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

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

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

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

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

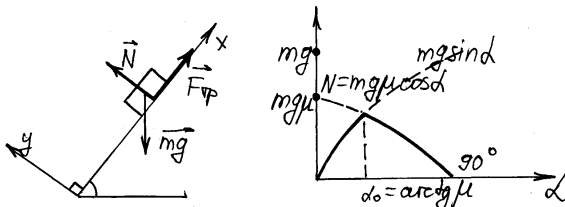
$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \mu \quad \operatorname{tg} \alpha = \mu \quad \alpha = \operatorname{arctg} \mu$$

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

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

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

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:

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

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

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

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

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

$$a_{\text{min}} = 0$$

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

$$F$$

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

$$= 0$$

$$F_{\text{тр}} = N\mu$$

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

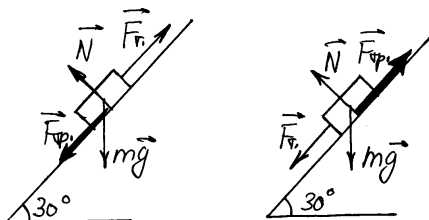
$$F - mg \cos \alpha \mu - mg \sin \alpha = 0$$

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

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



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

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

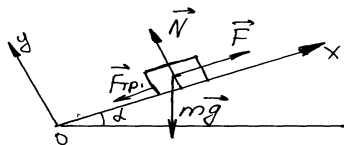
$$F = m(a + g(\cos \alpha \mu + \sin \alpha)) = 50(1 + 9,8(\cos 37^\circ \cdot 0,2 + \sin 37^\circ)) = 430 \text{ Н}$$

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:

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

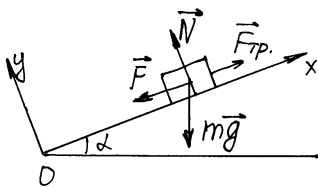
$$\text{У: } 0 = N - mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha \quad F = ma + F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = m(a + \mu mg \cos \alpha + g \sin \alpha)$$

$$F \approx 4 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot (0,2 \text{ м/с}^2 + 0,04 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 1 + 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,02)$$

$$\approx 3,15 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

305.



$$m = 3000 \text{ T} = 3 \cdot 10^6 \text{ кг};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,003; \quad \mu = 0,008$$

$$\text{a) } F = 300 \text{ кН} = 3 \cdot 10^5 \text{ Н};$$

$$\text{б) } F = 150 \text{ кН} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Н};$$

$$\text{в) } F = 90 \text{ кН} = 9 \cdot 10^4 \text{ Н}; \quad \text{a} - ?$$

$$\vec{m}\vec{a} = \vec{F} + \vec{m}\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}.$$

В проекциях на оси координат:

$$X: m\vec{a} = -F - mg \sin \alpha + F_{\text{тр}}$$

$$Y: 0 = N - mg \cos \alpha$$

$$a = -\frac{F}{m} - g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha.$$

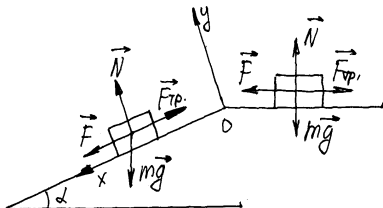
Т.к. угол  $\alpha$  мал, то  $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha$ ,  $\cos \alpha \approx 1$ .

$$1) \quad a \approx -\frac{3 \cdot 10^5 \text{ Н}}{3 \cdot 10^6 \text{ кг}} - 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,003 + 0,008 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 1 \approx -5,1 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$$

$$2) \quad a \approx -\frac{1,5 \cdot 10^5 \text{ Н}}{3 \cdot 10^6 \text{ кг}} - 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,003 + 0,008 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 1 \approx -10^{-3} \text{ м/с}^2$$

$$3) \quad a \approx -\frac{9 \cdot 10^4 \text{ Н}}{3 \cdot 10^6 \text{ кг}} - 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,003 + 0,008 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 1 \approx -1,9 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$$

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.

$$m\bar{a}_2 = \bar{F} + \bar{N} + \bar{F}_{\text{тр}} + m\bar{g}. \quad \text{В проекциях на оси координат:}$$

$$X: ma_2 = F - F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha$$

$$Y: 0 = N - mg \cos \alpha$$

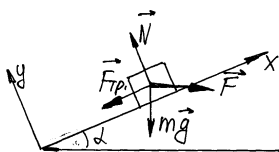
$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha \quad a = \frac{F}{m} - \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$V = V_0 + a_2 \frac{t}{2} = \left( \frac{F}{m} - \mu g \right) \frac{t}{2} + \left( \frac{F}{m} - \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha \right) \frac{t}{2}$$

$$\text{Т.к. } \operatorname{tg} \alpha \text{ мал, } \operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha, \quad \cos \alpha \approx 1.$$

$$V \approx \left( \frac{180H}{300 \text{ кг}} - 0,04 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 1 + 0,02 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \right) \frac{10 \text{ с}}{2} + \\ + \left( \frac{180H}{300 \text{ кг}} - 0,04 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 1 + 0,02 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \right) \frac{10 \text{ с}}{2} = 3,06 \text{ м/с}.$$

307.



$$m = 2 \text{ кг}; \quad \alpha = 30^\circ; \quad \mu = 0,3; \quad F = ?$$

$$0 = \bar{F} + \bar{N} + \bar{F}_{\text{тр}} + m\bar{g}. \quad \text{В проекциях на оси координат:}$$

$$X: 0 = F \cos \alpha - F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha$$

$$Y: 0 = N - mg \cos \alpha - F \sin \alpha$$

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

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

$$F = mg \frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} = 2 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \frac{\frac{1}{2} + 0,3 \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \cdot 0,3} \approx 20,8 \text{ кг}.$$

308.  $\mu = 0,6; \quad \alpha - ?$

$$0 = \vec{mg} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}.$$

В проекциях на оси координат:

$$X: 0 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}$$

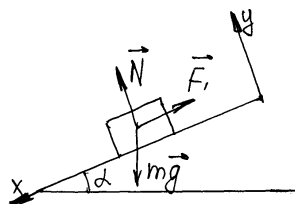
$$Y: 0 = N - mg \cos \alpha$$

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

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

$$\alpha = \arctg \mu = \arctg 0,6 \approx 31^\circ$$

Таким образом наш угол больше  $31^\circ$ .



$$\mu = \operatorname{tg} \alpha$$

309. Будем считать, что масса клина равна нулю (т.е. много меньше  $m$ ).

$$\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{mg} = 0$$

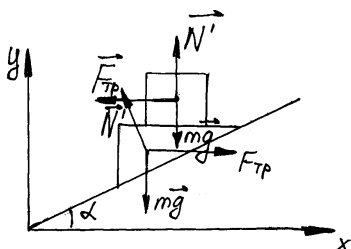
В проекциях на оси координат:

$$X: F_{\text{тр}} = N \sin \alpha$$

$$Y: N \cos \alpha = mg \quad \text{Из геометрических соображений:}$$

$$F_{\text{тр}} \operatorname{tg} \alpha = mg - N \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} \operatorname{tg} \alpha = mg - F_{\text{тр}} \operatorname{ctg} \alpha$$



$$F_{\text{тр}} = \frac{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}{\sin \alpha \cos \alpha} = mg$$

$$F_{\text{тр}} = mg \frac{\sin 2\alpha}{2}$$

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  $\bar{T} = \bar{F}$ .

$$\begin{cases} m_1 \bar{a} = \bar{F}_{\text{вн}} + \bar{F} + \bar{F}_{\text{мр1}} \\ m_2 \bar{a} = -\bar{T} + \bar{F}_{\text{мр2}} \end{cases}$$

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.  $m_1 = 2 \text{ кг}; \quad m_2 = 3 \text{ кг}; \quad m_3 = 10 \text{ кг}; \quad F-? \quad T_1-?$   
 $T_2-?$

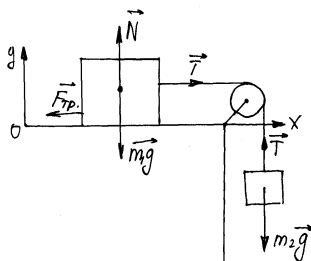
$$\begin{cases} 0 = \bar{F} + m_1 \bar{g} + \bar{T}_1 \\ 0 = -\bar{T}_1 + m_2 \bar{g} + \bar{T}_2 \\ 0 = -\bar{T}_2 + m_3 \bar{g} \end{cases} \quad \text{В проекциях на ось } y \quad \begin{cases} 0 = F - m_1 g - T_1 \\ 0 = T_1 - m_2 g - T_2 \\ 0 = T_2 - m_3 g \end{cases}$$

$T_2 = m_3 g = 10 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 = 98 \text{ Н}$

$T_1 = m_2 g + T_2 = 3 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 + 98 \text{ Н} = 127,4 \text{ Н}$

$F = m_1 g + T_1 = 2 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 + 127,4 \text{ Н} = 147 \text{ Н}.$

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

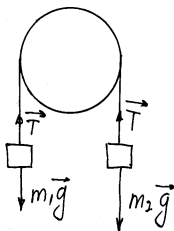
$$\begin{cases} m_1 a = T - \mu mg \\ m_2 a = mg - T \end{cases}$$



$$(m_1 + m_2)a = (m_2 - \mu m_1)g$$

$$a = g \frac{m_2 - \mu m_1}{m_1 + m_2} \quad \ell = \frac{at^2}{2} = \frac{g}{2} \frac{m_2 - \mu m_1}{m_1 + m_2} t^2$$

$$\mu = \frac{m_2}{m_1} - \frac{2\ell}{gt^2} \frac{m_1 + m_2}{m_1} = \frac{0,1\kappa\epsilon}{0,4\kappa\epsilon} - \frac{2 \cdot 0,08\text{м}}{9,8\text{м}/\text{с}^2 \cdot 2^2\text{с}^2} \cdot \frac{0,1\kappa\epsilon + 0,4\kappa\epsilon}{0,4\kappa\epsilon} \approx 0,245$$



$$317. m_1 = 0,3\kappa\Gamma; m_2 = 0,34\kappa\Gamma; \quad t = 2\text{с}; \quad \ell = 1,2\text{м}; \quad g = ?$$

$$\begin{cases} m_2 a = m_2 g - T \\ m_1 a = T - m_1 g \end{cases} \quad m_2 a = m_2 g - m_1 a - m_1 g$$

$$\frac{(m_2 + m_1)a}{m_2 - m_1} = g \quad \ell = \frac{a}{2} t^2 \quad a = \frac{2\ell}{t^2}$$

$$g = \frac{2\ell(m_2 + m_1)}{t^2(m_2 - m_1)} = \frac{2 \cdot 1,2\text{м} \cdot (0,3\kappa\epsilon + 0,34\kappa\epsilon)}{2^2\text{с}^2(0,3\kappa\epsilon - 0,34\kappa\epsilon)} = 9,6$$

$$\text{м}/\text{с}^2.$$

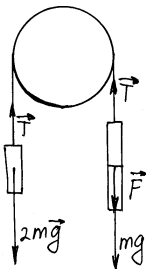
$$318. \begin{cases} (M + m)a = (M + m)g - T \\ Ma = T - Mg \end{cases} \quad (2M + m)a = mg \quad a =$$

$$\frac{mg}{2M + m}$$

$$T = Ma + Mg = \frac{Mmg}{2M + m} + Mg \left( \frac{m}{2M + m} + 1 \right) = 2Mg \frac{M + m}{2M + m}$$

$$N = 2T = 4Mg \frac{M + m}{2M + m}.$$

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)  $\mu = 0$

$$a = \frac{(10\text{кг} - 8\text{кг}) \cdot 9,8\text{м/с}^2}{10\text{кг} + 10\text{кг} + 8\text{кг}} = 0,7 \text{ м/с}^2$$

$$T_1 = 10\text{кг} (9,8 \text{ м/с}^2 - 0,7 \text{ м/с}^2) = 91\text{Н}$$

$$T_2 = 8\text{кг} (9,8 \text{ м/с}^2 + 0,7 \text{ м/с}^2) = 84\text{Н}$$

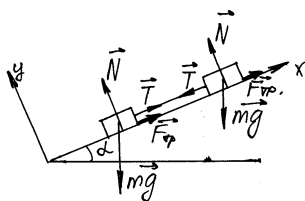
б)  $\mu = 0,2$

$$a = \frac{(10\text{кг} - 0,2 \cdot 10\text{кг} - 8\text{кг}) \cdot 9,8\text{м/с}^2}{10\text{кг} + 10\text{кг} + 8\text{кг}} = 0$$

$$T_1 = 10\text{кг} (9,8\text{ м/с}^2 - 0) = 98\text{Н}$$

$$T_2 = 8\text{кг} (9,8\text{ м/с}^2 + 0) = 78,4\text{Н}.$$

322.  $\alpha = 30^\circ$ ;  $\mu_1 = 0,2$ ;  $\mu_2 = 0,5$ ;  $m = 100\text{г} = 0,1\text{кг}$ ;  $T - ?$



$$\begin{cases} m\bar{a} = \bar{N} + m\bar{g} + \bar{T} + \bar{F}_{mp1} \\ m\bar{a} = \bar{N} + m\bar{g} - \bar{T} + \bar{F}_{mp2} \end{cases}$$

В векторной форме вычтем одно уравнение из другого.

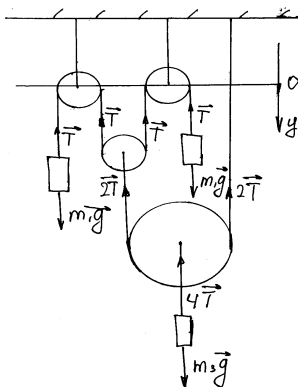
$$0 = 2\bar{T} + \bar{F}_{mp1} - \bar{F}_{mp2}$$

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

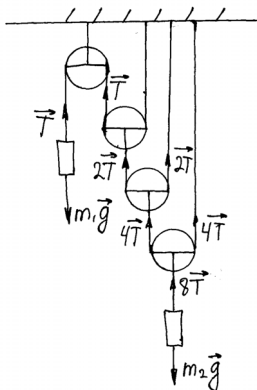
$$\frac{T}{m_1} - g + \frac{8T}{m_3} - 2g = 0 \quad T = 3g \frac{m_1 m_3}{m_1 + m_3}$$

$$a_1 = \frac{T}{m_1} - g = -2g \frac{4m_1 - m_3}{8m_1 + m_3} \quad a_2 = -\frac{a_1}{2} = 2g \frac{4m_1 - m_3}{8m_1 + m_3}$$

$$\text{б) } \begin{cases} m_1 a_1 = m_1 g - T \\ m_2 a_2 = m_2 g - 8T \end{cases}$$

Запишем уравнение связей

$$\begin{cases} y_1 + 2y_3 = \ell_1 \\ 2y_4 - y_3 = \ell_2 \\ 2y_2 - y_4 = \ell_3 \end{cases} \quad y_1 + 8y_2 = \text{const}$$



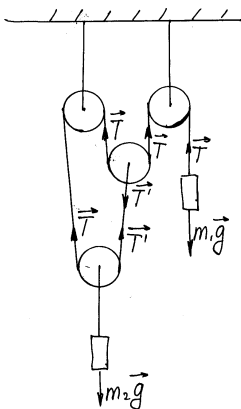
$$a_1 + 8a_2 = 0 \quad g - \frac{T}{m_1} + 8g - \frac{64T}{m_2} = 0$$

$$T = 9g \frac{m_1 m_2}{64m_1 + m_2}$$

$$a_1 = g - \frac{T}{m_1} = 8g \frac{8m_1 - m_2}{64m_1 + m_2}$$

$$a_2 = -\frac{a_1}{8} = -g \frac{8m_1 - m_2}{64m_1 + m_2}$$

в) Из-за того, что нить одна  $T = T' = 2T$ . Значит,  $T = 0$



Раз  $T = 0$ , то можно рассматривать, что нити нет.

Тогда  $a_1 = g$ ,  $a_2 = g$ .

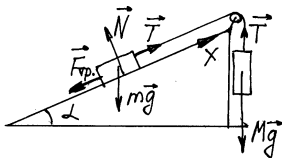
324.  $m = 0,5 \text{ кг}$ ;  $\mu = 0,25$ ;

$h = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м}$ ;  $\ell = 1 \text{ м}$ ;

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  $T = \mu g$

$$F_{тр} = g(\mu - m \sin \alpha)$$

$$a) \quad M = 0,1 \text{ кг} < 0,15 \text{ кг}$$

$$a = \frac{g}{M+m} (M - m \sin \alpha + \mu m \cos \alpha) \approx$$

$$\approx \frac{9,8 \text{ м/с}^2}{0,5 \text{ кг} + 0,1 \text{ кг}} (0,2 \text{ кг} - 0,5 \text{ кг} \cdot 0,51 + 0,25 \cdot 0,5 \text{ кг} \cdot 0,86) \approx 0,8$$

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)  $M = 0,25 \text{ кг}$ ;  $0,15 \text{ кг} < M < 0,36 \text{ кг} \quad a = 0$ ;

$$T = 0,25 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 = 2,4 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}} = 9,8 \text{ м/с}^2 (0,25\text{кг} - 0,5\text{кг} \cdot 0,51) = -0,05\text{Н}$$

$$\text{в) } M = 0,3\text{кг}; \quad 0,15\text{кг} < M < 0,36\text{кг} \quad a = 0;$$

$$T = 0,3\text{кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \approx 2,94 \text{ м/с}^2$$

$$F_{\text{тр}} = 9,8 \text{ м/с}^2 (0,3\text{кг} - 0,5\text{кг} \cdot 0,51) \approx 0,44\text{Н}$$

$$\text{г) } M = 0,35\text{кг}; \quad 0,15\text{кг} < M < 0,36\text{кг} \quad a = 0;$$

$$T = 0,35\text{кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 = 3,43 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}} = 9,8 \text{ м/с}^2 (0,35\text{кг} - 0,5\text{кг} \cdot 0,51) \approx 0,93 \text{ Н}$$

$$\text{д) } M = 0,5\text{кг}; \quad 0,36\text{кг} < M;$$

$$a \approx \frac{9,8\text{м/с}^2}{0,5\text{кг} + 0,5\text{кг}} (0,5\text{кг} - 0,5\text{кг} \cdot 0,51 - 0,25 \cdot 0,5\text{кг} \cdot 0,86) \approx 1,35$$

$$\text{м/с}^2$$

$$T = 0,5\text{кг} (9,8 \text{ м/с}^2 - 1,35 \text{ м/с}^2) \approx 4,2 \text{ Н}$$

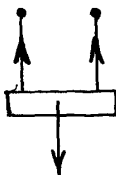
$$F_{\text{тр}} \approx 0,25 \cdot 0,5\text{кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,86 \approx 1,05 \text{ Н}.$$

$$325. F_x = F_{1x} + F_{2x} = 100\cos 60^\circ + 100 = 100 \cdot 0,5 + 100 = 150\text{Н}$$

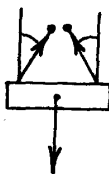
$$F_y = F_3 - F_1 \sin 60^\circ = 100 - 100 \cdot 0,86 \approx 14\text{Н}$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{150^2 + 14^2} \approx 150,6\text{Н}$$

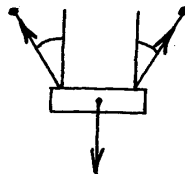
326.



$$\text{a) } 2T = mg$$



$$T = \frac{mg}{2}$$



$$\text{б) } 2T \cos \alpha = mg \quad T = \frac{mg}{2 \cos \alpha} > \frac{mg}{2}$$

$$\text{в) } 2T \cos \beta = mg \quad T = \frac{mg}{2 \cos \beta} > \frac{mg}{2}$$

Меньше в случае а).

$$327. 1) \text{ натянута} \quad T = \frac{mg}{2 \cos \alpha} \quad (\text{№ } 326)$$

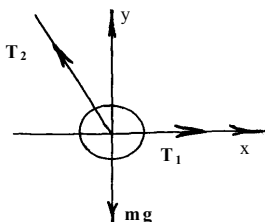
$$2) \text{ ненапряжена} \quad T = \frac{mg}{2 \cos \beta} \quad (\text{№ } 326)$$

$\alpha > \beta$ , 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.**

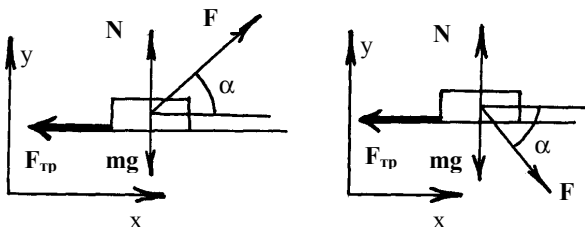


$$T_{2y} = mg \quad T_{2x} = T_1 = 12 \text{ Н}$$

$$T_2 = \sqrt{T_{2y}^2 + T_{2x}^2} = \sqrt{(2 \cdot 9,8)^2 + 12^2} = 23 \text{ Н.}$$



331.



Да, можно.

$$1) \text{ OX: } F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = 0 \quad \text{OY: } F \sin \alpha + N - mg = 0$$

$$N = \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} \quad \begin{cases} \frac{F \cos \alpha}{\mu} - \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} = 0 \\ F \sin \alpha + \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} - mg = 0 \end{cases} \quad \text{складывая почленно}$$

$$F \left( \frac{\cos \alpha}{\mu} + \sin \alpha \right) = mg \quad F = \frac{mg}{\frac{\cos \alpha}{\mu} + \sin \alpha}$$

$$2) \text{ OX: } F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = 0 \quad \text{OY: } N - mg - F \sin \alpha = 0$$

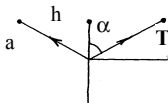
$$N = \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} \quad \begin{cases} \frac{F \cos \alpha}{\mu} - \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} = 0 \\ \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} - mg - F \sin \alpha = 0 \end{cases}$$

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

$$F_2 > F_1,$$

т.е. они не равны.

332.



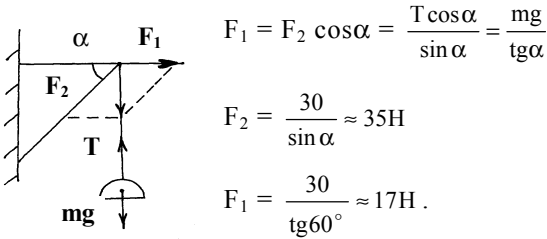
$$10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}; \quad mg = 20 \text{ Н}$$

$$2T \cos \alpha = mg; \quad T = \frac{mg}{2 \cos \alpha}; \quad a = \frac{\ell}{2};$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{a} = \frac{h}{\frac{\ell}{2}} = \frac{2h}{\ell}$$

$$T = \frac{mg}{2 \cos \alpha} = \frac{mg}{2 \cdot 2h/\ell} = \frac{mg\ell}{4h} = \frac{20H \cdot 10M}{4 \cdot 0,1} = 500H.$$

$$333. T = mg = 3\kappa\Gamma \cdot 9,8 \text{ H}/\kappa\Gamma \approx 30\kappa\Gamma \quad F_2 = \frac{T}{\sin \alpha} = \frac{mg}{\sin \alpha}$$

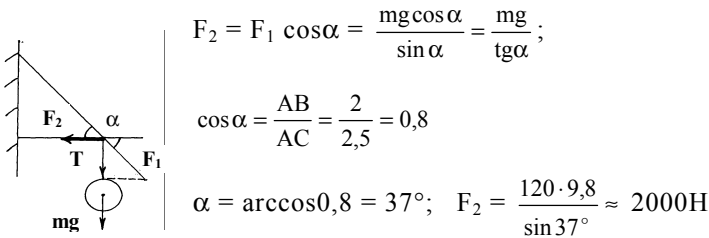


$$F_1 = F_2 \cos \alpha = \frac{T \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{mg}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$F_2 = \frac{30}{\sin \alpha} \approx 35H$$

$$F_1 = \frac{30}{\operatorname{tg} 60^\circ} \approx 17H.$$

$$334. F_1 = \frac{T}{\sin \alpha} = \frac{mg}{\sin \alpha} \quad F_1 - \text{трос}, \quad F_2 - \text{стержень}$$



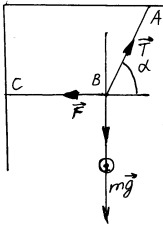
$$F_2 = F_1 \cos \alpha = \frac{mg \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{mg}{\operatorname{tg} \alpha};$$

$$\cos \alpha = \frac{AB}{AC} = \frac{2}{2,5} = 0,8$$

$$\alpha = \arccos 0,8 = 37^\circ; \quad F_2 = \frac{120 \cdot 9,8}{\sin 37^\circ} \approx 2000H$$

$$F_2 = \frac{120 \cdot 9,8}{\operatorname{tg} 37^\circ} = 1560H$$

335.

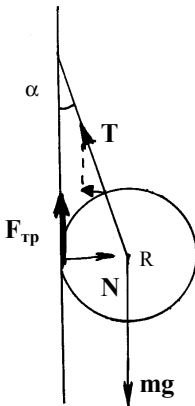


$$T = mg; \quad F_1 = \frac{T}{\sin \alpha} = \frac{mg}{\sin \alpha}; \quad F_2 = F_1$$

$$\cos \alpha = \frac{T}{\text{tg} \alpha} = \frac{mg}{\text{tg} \alpha}$$

$$F_1 = \frac{1 \cdot 9,8}{\sin 60^\circ} = 11,5H,$$

$$F_2 = \frac{1 \cdot 9,8}{\text{tg} 60^\circ} = 5,8H.$$



336.

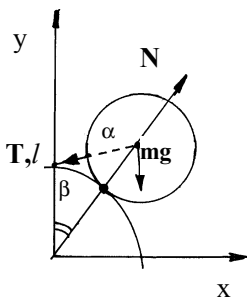
Условие равновесия состоит в том, что суммы всех сил и всех моментов сил равны нулю.

$$\begin{cases} N = T \sin \alpha \\ F_{\text{тр}} + T \cos \alpha = mg \\ RF_{\text{тр}} = RT \sin \alpha \\ F_{\text{тр}} = \mu N = \mu T \sin \alpha \end{cases}$$

$$T \sin \alpha \leq \mu T \sin \alpha$$

$$\mu \geq 1$$

$$337. \vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} = 0$$



В проекциях на оси координат:

$$X: \begin{cases} N \sin \beta - T \cos(\frac{\pi}{2} - \alpha - \beta) = 0 \\ Y: \begin{cases} N \cos \beta - mg - T \sin(\frac{\pi}{2} - \alpha - \beta) = 0 \end{cases} \end{cases}$$

$$\begin{cases} N \sin \beta = T \sin(\alpha + \beta) \\ N \cos \beta = T \cos(\alpha + \beta) + mg \end{cases}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{T \sin(\alpha + \beta)}{T \cos(\alpha + \beta) + mg}$$

$$T \cos(\alpha + \beta) \sin \beta + mg \sin \beta = T \sin(\alpha +$$

$$\beta) \cos \beta$$

$$T (\sin(\alpha + \beta) \cos \beta - \cos(\alpha + \beta) \sin \beta) = mg \sin \beta$$

$$T \sin(\alpha + \beta - \beta) = mg \sin \beta \quad T = mg \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$$

Пользуясь известной из геометрии теоремой синусов, получим

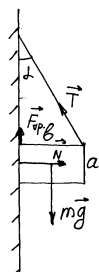
$$\frac{R}{\sin \alpha} = \frac{\ell + r}{\sin \beta}; \quad \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{\ell + r}{R}; \quad T = mg \frac{\ell + r}{R}.$$

**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.**



$$\begin{cases} T \sin \alpha + F_{mp} = mg \\ N = T \cos \alpha \\ F_{mp} \leq \mu N \\ mgb + Na = 2F_{mp}b \end{cases}$$

$$\begin{cases} bN \operatorname{tg} \alpha = bmg - F_{mp}b \\ Na = 2F_{mp}b - mgb \end{cases}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{mg - F_{mp}}{N}$$

$$N(b \operatorname{tg} \alpha + a) = F_{\text{тр}}b \leq \mu Nb$$

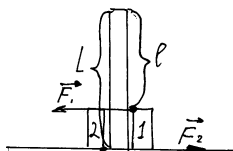
$$b \operatorname{tg} \alpha + a \leq \mu b$$

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.