

---

---

# ФИЗИКА

Решение упражнений к учебнику

А. В. Перышкина, Е. М. Гутник



## ГЛАВА 1

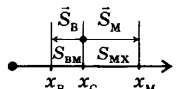
### Упражнение 1

1. В первом случае можно, во втором — нельзя.
2. В зависимости от ситуации.
3. Землю.
4. Правы оба. Мальчик рассматривал движение относительно Земли, девочка — относительно сиденья карусели.
5. Относительно: а) Земли, б) реки, в) Земли, г) оси колеса, д) Земли.

### Упражнение 2

1. Пройденный путь.
2. Прямолинейно.

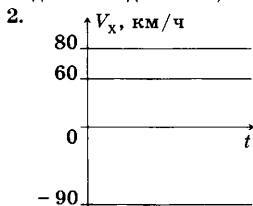
### Упражнение 3

1.   $x_B = x_C + S_{BX} = 10 \text{ км} - 2 \text{ км} = 8 \text{ км}$   
 $x_M = x_C + S_{MX} = 10 \text{ км} + 6 \text{ км} = 16 \text{ км}$   
 $x_M - x_B = 16 \text{ км} - 8 \text{ км} = 8 \text{ км}.$

2. а)  $x_0 = 1 \text{ м};$   
б)  $S_{ix} = S_{1x} + S_{2x} = 2,4 \text{ м} - 1,25 \text{ м} = 1,15 \text{ м};$   
в)  $x_t = x_0 + S_{ix} = 1 \text{ м} + 1,15 \text{ м} = 2,15 \text{ м}.$

### Упражнение 4

1. Модуль вектора скорости положителен, поэтому его график не может находиться под осью  $0t$ . График проекции вектора скорости может находиться под осью  $0t$ , так как это зависит от выбора системы координат.



### Упражнение 5

1. Первый автомобиль двигался с большим ускорением, т. к. за одинаковое со вторым автомобилем время скорость первого возросла сильнее.

2. Дано:

$$V_0 = 10 \text{ м/с};$$

$$V_1 = 55 \text{ м/с};$$

$$t = 30 \text{ с}$$

---

$$a = ?$$

Решение:

$$a = \frac{V_1 - V_0}{t}; \quad a = \frac{55 \text{ м/с} - 10 \text{ м/с}}{30 \text{ с}} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Ответ:  $a = 1,5 \text{ м/с}^2$

3. Дано:

$$\Delta V = 6 \text{ м/с};$$

$$t = 12 \text{ с}$$

$a = ?$

Решение:

$$a = \frac{\Delta V}{t}; \quad a = \frac{6 \text{ м/с}}{12 \text{ с}} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Ответ:  $a = 0,5 \text{ м/с}^2$ .

### Упражнение 6

1. Дано:

$$V_1 = 2 \text{ м/с};$$

$$t = 4 \text{ с};$$

$$a = 0,25 \text{ м/с}^2$$

$V_2 = ?$

Решение:

$$V_2 = V_1 - at; \quad V_2 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 4 \text{ с} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ:  $V_2 = 1 \text{ м/с}$ .

2. Дано:

$$V_0 = 0;$$

$$a = 0,2 \text{ м/с}^2;$$

$$V = 2 \text{ м/с}$$

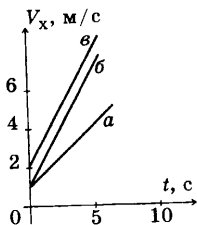
$t = ?$

Решение:

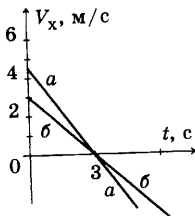
$$V = at; \quad t = \frac{V}{a}; \quad t = \frac{2 \text{ м/с}}{0,2 \text{ м/с}^2} = 10 \text{ с}.$$

Ответ:  $t = 10 \text{ с}$ .

3.



4.



5. I —  $|a| = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ; II —  $|a| = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

### Упражнение 7

1. Дано:

$$t = 5 \text{ с};$$

$$a = 0,5 \text{ м/с}^2;$$

$$V_0 = 18 \text{ км/ч}$$

$S = ?$

Решение:

$$S = V_0 t + \frac{at^2}{2}; \quad V_0 = 18 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{18000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$S = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 5 \text{ с} + \frac{0,5 \text{ м/с}^2 \cdot (5 \text{ с})^2}{2} = 31,25 \text{ м}.$$

Ответ:  $S = 31,25 \text{ м}$ .

2. Дано:

$$V_0 = 15 \text{ м/с};$$

$$t = 20 \text{ с}$$

$S = ?$

Решение:

$$S = \frac{V_0 + V_1}{2} \cdot t; \quad V_1 = 0; \quad S = \frac{V_0 \cdot t}{2};$$

$$S = \frac{15 \text{ м/с} \cdot 20 \text{ с}}{2} = 150 \text{ м}.$$

Ответ:  $S = 150 \text{ м}$ .

## Упражнение 8

1. Дано:

$$s_3 = 2 \text{ м};$$

$$t_1 = 1 \text{ с}$$

---


$$s_3 - ?$$

$$a - ?$$

Решение:

$$\frac{s_1}{s_3} = \frac{1}{5}; \quad s_1 = \frac{s_3}{5}; \quad s_1 = \frac{2 \text{ м}}{5} = 0,4 \text{ м};$$

$$s_1 = \frac{at_1^2}{2}; \quad a = \frac{2s_1}{t_1^2}; \quad a = \frac{2 \cdot 0,4 \text{ м}}{1 \cdot \text{с}^2} = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Ответ:  $s_1 = 0,4 \text{ м}; a = 0,8 \text{ м/с}^2$ .

2. Дано:

$$t_1 = 1 \text{ с};$$

$$s_5 = 6,3 \text{ м};$$

$$t_5 = 5 \text{ с}$$

---


$$s_1 - ?$$

$$a - ?$$

Решение:

$$\frac{s_1}{s_5} = \frac{1}{9}; \quad s_1 = \frac{s_5}{9}; \quad s_1 = \frac{6,3 \text{ м}}{9} = 0,7 \text{ м};$$

$$s_1 = \frac{at_1^2}{2}; \quad a = \frac{2s_1}{t_1^2}; \quad a = \frac{2 \cdot 0,7 \text{ м}}{1 \cdot \text{с}^2} = 1,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$V_5 = at_5; \quad V_5 = 1,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 5 \text{ с} = 7 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ:  $V_5 = 7 \text{ м/с}$ .

## Упражнение 9

1.  $2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  относительно берега; 0 относительно воды.

2. Не противоречит, т. к. обе системы отсчета для скорости одинаковы (связаны с Землей).

3. При условии неподвижности 2 систем отсчета друг относительно друга.

4.  $900 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{900000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 250 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

5. Дано:

$$V_1 = 90 \text{ км/ч} =$$

$$= 25 \text{ м/с};$$

$$V_2 = 223 \text{ м/с}$$

---


$$V_B - ?$$

$$V_3 - ?$$

Решение:

$$V_B = V_1 + V_2; \quad V_B = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 223 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 248 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$V_3 = V_2 - V_1; \quad V_3 = 223 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 25 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 198 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ:  $V_B = 248 \text{ м/с}; V_3 = 198 \text{ м/с}$ .

## Упражнение 10

Закон инерции выполняется в системах отсчета, связанных с Землей и с поездом во время его прямолинейного и равномерного движения, не выполняется в системе отсчета, связанной с поездом во время торможения. Землю можно считать инерциальной системой отсчета, поезд — нельзя.

## Упражнение 11

1. Дано:

$$a = 0,8 \text{ м/с}^2;$$

$$m = 50 \text{ кг}$$

---


$$F - ?$$

Решение:

$$F = ma; \quad F = 50 \text{ кг} \cdot 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 40 \text{ Н}.$$

Ответ:  $F = 40 \text{ Н}$ .

**2. Дано:**

$$\begin{aligned}
 t &= 20 \text{ с;} \\
 V &= 4 \text{ м/с;} \\
 m &= 184 \text{ т} = \\
 &= 1,84 \cdot 10^5 \text{ кг}
 \end{aligned}$$

$$F - ?$$

**Решение:**

$$\begin{aligned}
 F &= ma; \quad a = \frac{V}{t}; \quad F = \frac{mV}{t}; \\
 F &= \frac{1,84 \cdot 10^5 \text{ кг} \cdot 4 \text{ м/с}}{20 \text{ с}} = 36800 \text{ Н} = 36,8 \text{ кН}.
 \end{aligned}$$

$$\text{Ответ: } F = 36,8 \text{ кН}.$$

**3. Дано:**

$$\begin{aligned}
 m_1 &= m_2; \\
 a &= 0,08 \text{ м/с}^2; \\
 a_2 &= 0,64 \text{ м/с}^2; \\
 F_1 &= 1,2 \text{ Н}
 \end{aligned}$$

$$F_2 - ?$$

**Решение:**

$$\begin{aligned}
 F_2 &= m_1 a_2; \quad m_1 = \frac{F_1}{a_1}; \quad F_2 = \frac{F_1 a_2}{a_1}; \\
 F_2 &= \frac{1,2 \text{ Н} \cdot 0,64 \text{ м/с}^2}{0,08 \text{ м/с}^2} = 9,6 \text{ Н}.
 \end{aligned}$$

$$\text{Ответ: } F_2 = 9,6 \text{ Н}.$$

**4. Дано:**

$$\begin{aligned}
 m &= 0,5 \text{ кг;} \\
 F_1 &= 5 \text{ Н;} \\
 F_2 &= 10 \text{ Н;} \\
 F_3 &= 2 \text{ Н}
 \end{aligned}$$

$$a - ?$$

**Решение:**

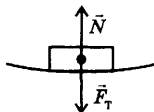
$$\begin{aligned}
 F &= F_2 - F_1 - F_3; \quad F = ma; \quad a = \frac{F}{m}; \\
 a &= \frac{F_2 - F_1 - F_3}{m}; \quad a = \frac{10 \text{ Н} - 5 \text{ Н} - 2 \text{ Н}}{0,5 \text{ кг}} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}
 \end{aligned}$$

$$\text{Ответ: } a = 6 \text{ м/с}^2$$

5. При движении мяча вниз векторы ускорения, скорости и перемещения направлены в сторону вектора силы тяжести; при движении вверх вектор ускорения направлен в сторону вектора силы тяжести, векторы скорости и перемещения — в противоположную.
6. Вектор ускорения всегда сонаправлен с вектором равнодействующей приложенных сил, векторы скорости и перемещения могут быть сонаправлены или противоположны вектору равнодействующей.

### Упражнение 12

1.



$F_T$  — сила тяжести;  
 $N$  — реакция опоры.

2.  $F_D = T = F_T = 80 \text{ Н} < 100 \text{ Н}$ . Предел превышен не будет.

**3. Дано:**

$$\begin{aligned}
 m_1 &= 0,5 \text{ кг;} \\
 m_2 &= 1,5 \text{ кг;} \\
 a &= 0,2 \text{ м/с}^2
 \end{aligned}$$

$$F_{1x} - ?$$

$$F_{2x} - ?$$

$$F_x - ?$$

**Решение:**

$$\text{а) } F_{2x} = m_2 a; \quad F_{2x} = 1,5 \text{ кг} \cdot 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0,3 \text{ Н};$$

$$F_{1x} = -F_{2x} = -0,3 \text{ Н}.$$

$$\text{б) } F_{1x} = m_1 a; \quad F_{1x} = 0,5 \text{ кг} \cdot 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0,1 \text{ Н};$$

$$F_{2x} = -F_{1x} = -0,1 \text{ Н}.$$

В случае а) нить между тележками натянута сильнее; в обоих случаях

$$F_x = (m_1 + m_2)a; \quad F_x = (0,5 \text{ кг} + 1,5 \text{ кг}) \cdot 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0,4 \text{ Н}.$$

Ответ: а)  $F_{1x} = -0,3 \text{ Н}$ ;  $F_{2x} = 0,3 \text{ Н}$ ;

б)  $F_{1x} = 0,1 \text{ Н}$ ;  $F_{2x} = -0,1 \text{ Н}$ ;  $F_x = 0,4 \text{ Н}$ .

### Упражнение 13

1. Дано:

$$\frac{t = 4 \text{ с}}{h - ?}$$

Решение:

$$h = \frac{gt^2}{2}; \quad h = \frac{9,8 \text{ м/с}^2 \cdot (4 \text{ с})^2}{2} = 78,4 \text{ м}.$$

Ответ:  $h = 78,4 \text{ м}$ .

2. Дано:

$$\frac{h = 80 \text{ см} = 0,8 \text{ м}}{t - ?}$$

Решение:

$$h = \frac{gt^2}{2}; \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}; \quad t = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8 \text{ м}}{10 \text{ м/с}^2}} = 0,4 \text{ с}.$$

Ответ:  $t = 0,4 \text{ с}$ .

3. Дано:

$$\frac{h = 45 \text{ м}}{t - ?}$$

$$s_1 - ?$$

$$s_n - ?$$

Решение:

$$h = \frac{gt^2}{2}; \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}; \quad t = \sqrt{\frac{2 \cdot 45 \text{ м}}{10 \text{ м/с}^2}} = 3 \text{ с}; \quad s_1 = \frac{gt^2}{2};$$

$$s_1 = \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (1 \text{ с})^2}{2} = 5 \text{ м}; \quad \frac{s_3}{s_1} = \frac{5}{1}; \quad s_3 = 5 \cdot s_1;$$

$$s_3 = 5 \cdot 5 \text{ м} = 25 \text{ м}; \quad s_n = s_3.$$

Ответ:  $t = 3 \text{ с}$ ;  $s_1 = 5 \text{ м}$ ;  $s_3 = 25 \text{ м}$ .

### Упражнение 14

1. Дано:

$$\frac{V_0 = 9,8 \text{ м/с};}{V_1 = 0}$$

$$t - ?$$

$$s - ?$$

Решение:

$$V_1 = V_0 - gt; \quad V_0 = gt; \quad t = \frac{V_0}{g};$$

$$t = \frac{9,8 \text{ м/с}}{9,8 \text{ м/с}^2} = 1 \text{ с}; \quad s = V_0 t - \frac{gt^2}{2};$$

$$s = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 1 \text{ с} - \frac{9,8 \text{ м/с}^2 \cdot (1 \text{ с})^2}{2} = 4,9 \text{ м}.$$

Ответ:  $t = 1 \text{ с}$ ;  $s = 4,9 \text{ м}$ .

### Упражнение 15

1. Колебания маятника, падение тел на Землю, сход лавин, вращение Луны и т. д.
2. По мере удаления космической станции от Земли сила притяжения ее к Земле уменьшается, а к Луне — увеличивается. На середине пути сила притяжения будет больше, т. к. масса Земли больше массы Луны.

3. Силы притяжения Земли к Солнцу и Солнца к Земле равны, т. к. они пропорциональны произведению масс обеих планет.
4. а) сила притяжения мяча к Земле действовала все время; б) сила тяжести; в) сила тяжести препятствовала и способствовала движению мяча.
5. Притягивается и к Луне, и к Земле, но к Земле гораздо сильнее. Луна также притягивается к человеку.

### Упражнение 16

1. Дано:

$$\begin{aligned} m_1 &= 2,5 \text{ кг}; \\ m_2 &= 600 \text{ г} = 0,6 \text{ кг}; \\ m_3 &= 1,2 \text{ т} = 1200 \text{ кг}; \\ m_4 &= 50 \text{ т} = 5 \cdot 10^4 \text{ кг} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_1 & - ? \\ F_2 & - ? \\ F_3 & - ? \\ F_4 & - ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} F &= mg; \\ F_1 &= m_1 g; \quad F_1 = 2,5 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 25 \text{ Н}; \\ F_2 &= m_2 g; \quad F_2 = 0,6 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 6 \text{ Н}; \\ F_3 &= m_3 g; \quad F_3 = 1,2 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 1,2 \cdot 10^4 \text{ Н}; \\ F_4 &= m_4 g; \quad F_4 = 5 \cdot 10^4 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 5 \cdot 10^5 \text{ Н}. \end{aligned}$$

Ответ:  $F_1 = 25 \text{ Н}; F_2 = 6 \text{ Н};$   
 $F_3 = 12 \text{ кН}; F_4 = 500 \text{ кН}.$

2. Дано:

$$m = 64 \text{ кг}$$

$$F_\tau - ?$$

Решение:

$$F_\tau = mg; \quad F_\tau = 64 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 640 \text{ Н}.$$

Ответ:  $F_\tau = 640 \text{ Н};$  с такой же силой Земля притягивается к человеку.

3. Дано:

$$F_\tau = 819,3 \text{ Н}$$

$$m - ?$$

Решение:

$$F_\tau = mg; \quad m = \frac{F_\tau}{g}; \quad m = \frac{819,3 \text{ Н}}{10 \text{ М/с}^2} = 81,93 \text{ кг}.$$

Ответ:  $m = 81,93 \text{ кг}.$

4. Силу тяжести следует рассчитывать по формуле:  $F_\tau = G \frac{m_p M_3}{(R_3 + h)^2}$ , т. к. высота полета спутника сравнима с радиусом Земли.
5. На ястреба действует сила тяжести и подъемная сила за счет геометрии крыльев. Если крылья сложить, ястреб упадет.
6. На Земле сила тяжести  $\sim \frac{1}{R_3^2}$ . При  $h = R_3$  сила тяжести уменьшится в 4 раза, а при  $h = 2R_3$  — в 9 раз.

### Упражнение 17

1. Для того, чтобы вектор скорости шарика изменил свое направление с  $\overline{AB}$  на  $\overline{BC}$ , на него должна была действовать сила в направлении 3.
2. На шарик действовала сила на участках 0 — 3; 7 — 9; 10 — 12; 16 — 19. На 0 — 3 она сонаправлена с вектором скорости, на 16 — 19 — противоположна, на 7 — 9 и 10 — 12 вдоль радиуса кривизны к центру.

3. На участках  $AB$  и  $CD$  наверняка действовала сила, т. к.  $\vec{V}$  изменялся по направлению. На остальных участках могла действовать сила, т. к.  $\vec{V}$  мог измениться по величине.

### Упражнение 18

1. Дано:

$$r = 21 \text{ см} = 0,21 \text{ м};$$

$$V = 20 \text{ м/с}$$

$a - ?$

Решение:

$$a = \frac{V^2}{r}; \quad a = \frac{(20 \text{ м/с})^2}{0,21 \text{ м}} = 1900 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Ответ:  $a = 1900 \text{ м/с}^2$ .

2. Дано:

$$R = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м};$$

$$T = 60 \text{ с}$$

$a - ?$

Решение:

$$a = \frac{V^2}{R}; \quad V = \frac{2\pi R}{T}; \quad a = \frac{4\pi^2 R^2}{T^2 R} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

$$a = \frac{4(3,14)^2 \cdot 0,02 \text{ м}}{(60 \text{ с})^2} = 2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Ответ:  $a = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$ .

$$3. \quad a_1 = \frac{V^2}{r}; \quad a_2 = \frac{V_2^2}{r/2} = \frac{(S_2/t)^2}{r/2} = \frac{\left(\frac{2\pi r}{2t}\right)^2 (V/2)^2}{r/2} = \frac{V^2}{2r} = \frac{a_1}{2}.$$

$$4. \quad a_1 = \frac{V^2}{R}; \quad a_1 = \frac{V_1^2}{R} = \left(\frac{2\pi R}{T_1}\right)^2 \cdot \frac{1}{R} = \frac{4\pi^2 R^2}{T_1^2 \cdot R} = \frac{4\pi^2 R}{T_1^2};$$

$$a_2 = \frac{4\pi^2 R}{T_2^2}; \quad \frac{a_1}{a_2} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2; \quad T_1 = 60 \text{ с}; \quad T_2 = 3600 \text{ с};$$

$\frac{a_1}{a_2} = 3600$ , т. е. секундная стрелка движется с большим в 3600 раз ускорением.

5. Дано:

$$M_3 = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг};$$

$$M_1 = 7 \cdot 10^{22} \text{ кг};$$

$$R = 3,84 \cdot 10^8 \text{ м}$$

$F, a_u, V - ?$

Решение:

$$F = G \frac{M_3 M_1}{R^2};$$

$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24} \text{ кг} \cdot 7 \cdot 10^{22} \text{ кг}}{(3,84 \cdot 10^8 \text{ м})^2} =$$

$$= 1,9 \cdot 10^{20} \text{ Н}; \quad a_u = \frac{F}{M_1};$$

$$a_u = \frac{1,9 \cdot 10^{20} \text{ Н}}{7 \cdot 10^{22} \text{ кг}} = 2,7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \quad a_u = \frac{V^2}{R};$$

$$V = \sqrt{a_u \cdot R}; \quad V = \sqrt{2,7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3,84 \cdot 10^8 \text{ м}} = 1018 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ:  $F = 1,9 \cdot 10^{20} \text{ Н}; \quad a_u = 2,7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$

$$V = 1018 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$



**Упражнение 19**

1. Дано:

$$h = 2600 \text{ км};$$

$$M_3 = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг};$$

$$R_3 = 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$V = ?$

Решение:

$$V = \sqrt{G \frac{M_3}{R_3 + h}}; \quad h = 2,6 \cdot 10^6 \text{ м};$$

$$V = \sqrt{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24} \text{ кг}}{9 \cdot 10^6 \text{ м}}} = 6690 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$= 6,69 \text{ км/с.}$$

Ответ:  $V = 6,69 \text{ км/с}$

2. Дано:

$$V = 1,67 \text{ км/с} =$$

$$= 1,67 \cdot 10^3 \text{ м/с};$$

$$g_{\text{л}} = 1,6 \text{ м/с}^2$$

$R_{\text{л}} = ?$

Решение:

$$g_{\text{л}} = \frac{V^2}{R_{\text{л}}}; \quad R_{\text{л}} = \frac{V^2}{g_{\text{л}}} = \frac{(1,67 \cdot 10^3 \text{ м/с})^2}{1,6 \text{ м/с}^2} = 1,7 \cdot 10^6 \text{ м} =$$

$$= 1,7 \cdot 10^3 \text{ км.}$$

Ответ:  $R_{\text{л}} = 1,7 \cdot 10^3 \text{ км.}$

**Упражнение 20**

1. Дано:

$$V_{1x} = -V_{2x} = 0,1 \text{ м/с};$$

$$m = 0,2 \text{ кг}$$

$p_{1x} = ?$

$p_{2x} = ?$

Решение:

$$p_{1x} = mV_{1x}; \quad p_{2x} = mV_{2x} = -mV_{1x} = -p_{1x};$$

$$p_{1x} = 0,2 \text{ кг} \cdot 0,1 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,02 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad p_{2x} = -0,02 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Векторы импульсов равны по величине и противоположны по направлению.

Ответ:  $p_{1x} = 0,02 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad p_{2x} = -0,02 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}.$

2. Дано:

$$V_1 = 54 \text{ км/ч} = 15 \text{ м/с};$$

$$V_2 = 72 \text{ км/ч} = 20 \text{ м/с};$$

$$m = 1 \text{ т} = 10^3 \text{ кг}$$

$\Delta p = ?$

Решение:

$$\Delta p = m \cdot \Delta V = m(V_2 - V_1);$$

$$\Delta p = 10^3 \text{ кг} \left( 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 15 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right) = 5 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ:  $\Delta p = 5 \cdot 10^3 \text{ (кг} \cdot \text{м/с)}$

**Упражнение 21**

1. Лодка начнет двигаться в противоположную сторону (по закону сохранения импульса).

2. Дано:

$$m_1 = 35 \text{ т};$$

$$m_2 = 28 \text{ т};$$

$$V_2 = 0,5 \text{ м/с};$$

$V_1 = ?$

Решение:

$$m_1 V_1 = (m_1 + m_2) V_2;$$

$$V_1 = \frac{m_1 + m_2}{m_1} \cdot V_2; \quad V_1 = \frac{35 \text{ т} + 28 \text{ т}}{35 \text{ т}} \cdot 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ:  $V_1 = 0,9 \text{ м/с}$

## Упражнение 22

1. Дано:

$$\begin{aligned} V_n &= 2 \text{ м/с}; \\ m_b &= 5 \text{ кг}; \\ V_b &= 8 \text{ м/с}; \\ m_a &= 200 \text{ кг} \end{aligned}$$

$$V - ?$$

Решение:

$$(m_a + m_b) \cdot V_n = m_b \cdot V_b + m_a \cdot V;$$

$$V = \frac{(m_a + m_b) \cdot V_n - m_b \cdot V_b}{m_a};$$

$$V = \frac{(200 \text{ кг} + 5 \text{ кг}) \cdot 2 \text{ м/с} + 5 \text{ кг} \cdot 8 \text{ м/с}}{200 \text{ кг}} = 2,25 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ:  $V = 2,25 \text{ м/с}$ .

2. Дано:

$$\begin{aligned} m_p &= 300 \text{ г} = 0,3 \text{ кг}; \\ m_n &= 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}; \\ V_n &= 100 \text{ м/с} \end{aligned}$$

$$V_p - ?$$

Решение:

$$m_p \cdot V_p = m_n \cdot V_n; \quad V_p = \frac{m_n \cdot V_n}{m_p};$$

$$V_p = \frac{0,1 \text{ кг} \cdot 100 \text{ м/с}}{0,3 \text{ кг}} = 33,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ:  $V_p = 33,3 \text{ м/с}$ .

## ГЛАВА 2

## Упражнение 23

1. Системы б), г), е) являются колебательными; а), в), д) — нет.  
 2. а) под действием сил упругости резиновых шнуров; б) нет; в) шнуры и диск; г) является маятником.

## Упражнение 24

1. Амплитуда  $A$ , частота  $\nu$ , период  $T$  — постоянные; сила  $F$ , скорость  $V$  — переменные.

$$2. T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{2} \text{ Гц}^{-1} = 0,5 \text{ с}.$$

$$3. \nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,5} \text{ с}^{-1} = 2 \text{ Гц}.$$

4. Дано:

$$\begin{aligned} n &= 600; \\ t &= 1 \text{ мин} = 60 \text{ с} \end{aligned}$$

$$\nu - ?$$

Решение:

$$\nu = \frac{1}{T}; \quad T = \frac{t}{n}; \quad \nu = \frac{n}{t}; \quad \nu = \frac{600}{60 \text{ с}} = 10 \text{ Гц}.$$

Ответ:  $\nu = 10 \text{ Гц}$ .

5. 3 см, 6 см, 9 см, 12 см.

6. Дано:

$$\begin{aligned} A &= 10 \text{ см}; \\ \nu &= 0,5 \text{ Гц}; \\ t &= 2 \text{ с} \end{aligned}$$

$$S - ?$$

Решение:

$$T = \frac{1}{\nu}; \quad T = \frac{1}{0,5} \text{ Гц}^{-1} = 2; \quad S = 4 A;$$

$$S = 4 \cdot 10 \text{ см} = 40 \text{ см}.$$

Ответ:  $S = 40 \text{ см}$ .

7. В одинаковых фазах — случай б); в противоположных фазах — случаи а), в), г).

### Упражнение 25

1. Выводы из рис. 49:

Направление движения маятника	$F_{\text{упр}}$	$V$	$E_n$	$E_k$	$F_{\text{пол}}$	
					Стрением	Без трения
от В к О	уменьш.	увелич.	уменьш.	увелич.	уменьш.	не изм.
от О к А	увелич.	уменьш.	увелич.	уменьш.	уменьш.	не изм.
от А к О	уменьш.	увелич.	уменьш.	увелич.	уменьш.	не изм.
от О к В	увелич.	уменьш.	увелич.	уменьш.	уменьш.	не изм.

2. а) 0,01 Дж; 0; б) 0; 0,01 Дж; 0;  
в) 0,01 Дж во всех точках.

### Упражнение 26

1. Свободные колебания — тела на рис. б), г), е), вынужденные колебания — все тела.  
2. а) могут, например, струна музыкального инструмента; б) не могут.

### Упражнение 27

1. а) вынужденные; б) благодаря колебаниям маятника 3;  
в)  $v_1 = v_3$ ;  $v_2 > v_3$ ;  $v_4 < v_1$ ;  
г) т. к.  $v_1 = v_3$ , а  $v_2, v_4 \neq v_3$ .  
2. Мальчик изменяет частоту или фазу вынужденных колебаний воды.  
3.  $T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{0,5} \text{ Гц}^{-1} = 2$ . Нужно подталкивать качели через каждые 2 с.

### Упражнение 28

1. Дано:

$$\lambda = 270 \text{ м};$$

$$T = 13,5 \text{ с}$$

$$V - ?$$

Решение:

$$V = \frac{\lambda}{T}; \quad V = \frac{270 \text{ м}}{13,5 \text{ с}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $V = 20 \text{ м/с}$ .

2. Дано:

$$\nu = 200 \text{ Гц};$$

$$V = 340 \text{ м/с}$$

$$\lambda - ?$$

Решение:

$$\lambda = V \cdot T = \frac{V}{\nu}; \quad \lambda = \frac{340 \text{ м/с}}{200 \text{ Гц}} = 1,7 \text{ м}$$

Ответ:  $\lambda = 1,7 \text{ м}$ .

3. Дано:

$$V = 1,5 \text{ м/с};$$

$$\lambda = 6 \text{ м}$$

$$T - ?$$

Решение:

$$T = \frac{\lambda}{V}; \quad T = \frac{6 \text{ м}}{1,5 \text{ м/с}} = 4 \text{ с}$$

Ответ:  $T = 4 \text{ с}$ .

## Упражнение 29

Летающая птица создает звук с частотой, лежащей вне зоны слышимости человеческого уха.

## Упражнение 30

1. Комар, т. к. создает наиболее высокий звук.
2. Скорость и частота вращения пилы уменьшатся, высота звука также уменьшится.
3. Струна нагреется, ее длина увеличится, период колебаний также увеличится, частота и высота звука уменьшатся.

## Упражнение 31

1. Не будет слышен, т. к. между Землей и Луной нет среды для распространения звуковых волн.
2. Нужно говорить вблизи одной половинки мельницы, а вблизи другой — слушать. Звуковые волны будут распространяться по нити.

## Упражнение 32

1. Дано:

$$T = 0,002 \text{ с};$$

$$\lambda = 2,9 \text{ м}$$

$$V = ?$$

Решение:

$$V = \frac{\lambda}{T}; \quad V = \frac{2,9 \text{ м}}{0,002 \text{ с}} = 1450 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $V = 1450 \text{ м/с}$

2. Дано:

$$v = 725 \text{ Гц};$$

$$V_1 = 343 \text{ м/с}$$

$$V_2 = 1483 \text{ м/с}$$

$$V_3 = 5500 \text{ м/с}$$

$$\lambda_1 = ?$$

$$\lambda_2 = ?$$

$$\lambda_3 = ?$$

Решение:

$$\lambda_1 = \frac{V_1}{v}; \quad \lambda_1 = \frac{343 \text{ м/с}}{725 \text{ Гц}} = 0,47 \text{ м};$$

$$\lambda_2 = \frac{V_2}{v}; \quad \lambda_2 = \frac{1483 \text{ м/с}}{725 \text{ Гц}} = 2,05 \text{ м};$$

$$\lambda_3 = \frac{V_3}{v}; \quad \lambda_3 = \frac{5500 \text{ м/с}}{725 \text{ Гц}} = 7,6 \text{ м}.$$

Ответ:  $\lambda_1 = 0,47 \text{ м}; \lambda_2 = 2,05 \text{ м}; \lambda_3 = 7,6 \text{ м}.$

3. Звук будет распространяться и по металлу, и по воздуху. Наблюдатель услышит звук 2 ударов: первый придет по металлу, второй — по воздуху.

4. Дано:

$$t_{\text{в}} = 2 \text{ с};$$

$$V_{\text{в}} = 340 \text{ м/с}$$

$$t_{\text{н}} = 34 \text{ с};$$

$$S_{\text{в}} = S_{\text{н}}$$

$$V_{\text{н}} = ?$$

Решение:

$$V_{\text{н}} = \frac{S_{\text{н}}}{t_{\text{н}}} = \frac{S_{\text{в}}}{t_{\text{н}}};$$

$$S_{\text{в}} = t_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}};$$

$$V_{\text{н}} = \frac{t_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}}}{t_{\text{н}}}; \quad V_{\text{н}} = \frac{2 \text{ с} \cdot 340 \text{ м/с}}{34 \text{ с}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $V_{\text{н}} = 20 \text{ м/с}$

5. Видимый и слышимый удары снова совпадут тогда, когда человек услышит удар, предшествовавший видимому удару.

ГЛАВА 3

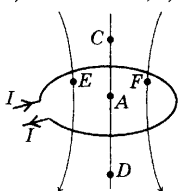
Упражнение 33

1. Магнитное поле существует во всем пространстве вокруг проводника  $BC$ , в том числе и в точке  $A$ .
2. С наибольшей силой — в наиболее близкой к проводнику точке  $N$ , с наименьшей — в отдаленной точке  $M$ .

Упражнение 34

1. а) Точки  $D$  и  $C$ ; б) в точке  $A$ .

2. Это такие пары точек, как  $D$  и  $C$  на оси витка; другие пары точек (например  $E$  и  $F$ ), симметричные оси витка.



Упражнение 35

1. 

A diagram of a rectangular current loop. The current  $I$  flows clockwise. Magnetic field lines are shown as loops around each side of the rectangle.
2. 

Two circular diagrams. The left one shows a circle with a dot in the center (current out of page) and a counter-clockwise magnetic field arrow. The right one shows a circle with a dot in the center (current out of page) and a clockwise magnetic field arrow.

3. Слева находится северный полюс, справа — южный. Поменять их местами можно изменением полярности соленоида.
4. Справа у источника «+», слева «-», ток течет от точки  $S$  к точке  $N$ .
5. Справа —  $N$ , слева —  $S$  (правило буравчика).
6. Проводники с током создают магнитные поля, взаимодействие между ними обусловлено магнитными силами. Между электронами в пучках действуют силы кулона.

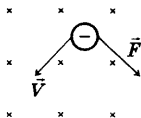
Упражнение 36

1. Вправо (правило левой руки).
2. Ток течет от  $A$  к  $B$  (правило левой руки). Нижний полюс источника тока «-», верхний «+».

3. 

Two diagrams showing magnetic fields between poles. The left diagram shows a North pole (N) on the left and a South pole (S) on the right. A wire with current out of the page (dot) is on the left, and a wire with current into the page (cross) is on the right. Magnetic field vectors  $\vec{V}$  are shown pointing up and down. The right diagram shows a South pole (S) on the left and a North pole (N) on the right. A wire with current out of the page (dot) is on the left, and a wire with current into the page (cross) is on the right. Magnetic field vectors  $\vec{V}$  are shown pointing up and down.

4.



5. Частица заряжена отрицательно (правило левой руки).

### Упражнение 37

1. Дано:

$$I = 4 \text{ А};$$

$$F = 0,2 \text{ Н};$$

$$l = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

---


$$B = ?$$

Решение:

$$B = \frac{F}{I \cdot l}; \quad B = \frac{0,2 \text{ Н}}{4 \text{ А} \cdot 0,1 \text{ м}} = 0,5 \text{ Тл.}$$

Ответ:  $B = 0,5 \text{ Тл.}$

2. Магнитная индукция — характеристика магнитного поля, величина постоянная. Она не изменилась, изменилась сила, действующая на проводник (уменьшилась в 2 раза).

### Упражнение 38

Можно изменять ток в цепи с помощью реостата; замыкать и размыкать цепь с помощью ключа; переключать полярность источника тока; перемещать в пространстве катушку  $K_2$ .

### Упражнение 39

1. Одним из способов, описанным в упражнении 38.

2. Индуктивный ток возникает только в случае г), т. к. изменяется магнитный поток, пронизывающий кольцо.

### Упражнение 40

$$1. T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{50 \text{ Гц}} = 0,02 \text{ с.}$$

$$2. T = \frac{1}{60} \text{ с}; \quad \nu = \frac{1}{T} = 60 \text{ Гц}; \quad A = 2 \text{ мА.}$$

### Упражнение 41

Поля ничем не отличаются. Они существовали бы, если бы катушки  $C$  не было.

### Упражнение 42

$$1. \nu = \frac{1}{T} = 10^7 \text{ Гц.}$$

2. Дано:

$$t = 8,3 \cdot 10^{-7} \text{ с};$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

---


$$S = ?$$

Решение:

$$S = c \cdot t; \quad S = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 8,3 \cdot 10^{-7} \text{ с} = 249 \text{ м.}$$

Ответ:  $S = 249 \text{ м}$

3. Дано:

$$\begin{aligned} \lambda &= 600 \text{ м;} \\ c &= 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \\ \hline v &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$v = \frac{c}{\lambda}; \quad v = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{6 \cdot 10^2 \text{ м}} = 5 \cdot 10^5 \text{ Гц.}$$

Ответ:  $v = 5 \cdot 10^5 \text{ Гц.}$

4. Нужно измерить время между отправлением и возвращением сигнала и с учетом скорости его распространения вычислить расстояние.  
 5. Нельзя, т. к. звуковые волны не распространяются в безвоздушном пространстве.

## ГЛАВА 4

### Упражнение 43

- $^{12}_6\text{C}$  — 12 а.е.м., 6;  $^6_3\text{Li}$  — 6 а.е.м., 3;  $^{40}_{20}\text{Ca}$  — 40 а.е.м., 20.
- 6, 3, 20.
- В  $\frac{6 \text{ а.е.м.}}{1 \text{ а.е.м.}} = 6$  раз.
- а) 9; б) 9 а. е. м.; в) в 9 раз; г) 4; д) 4; е) 4; ж) 4.
- $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14-0}_{6-1}\text{X} + ^0_{-1}\text{e} = ^{14}_7\text{X} + ^0_{-1}\text{e} = ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e} = \text{азот} + \text{электрон.}$

### Упражнение 44

$^{14}_7\text{N} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{H}$ ;  $7+2=8+1$ ;  $9=9$  — закон сохранения заряда выполняется.

### Упражнение 45

- $^9_4\text{Be}$  — 9 нуклонов; 4 протона;  $9-4=5$  нейтронов.
- $^{39}_{19}\text{K}$ ; а)  $Z=19$ ; б) 19 протонов; в) 19; г) 19; д) 19; е) 39; ж) 39; з)  $39-19=20$ ; и) 39 а. е. м.
- а)  $^7_3\text{Li}$ ; б)  $^{19}_6\text{F}$ .

### Упражнение 46

Эти изотопы тория и урана имеют одинаковую атомную массу 234, но разное число электронов в оболочке (92 и 90), следовательно разные химические свойства.

### Упражнение 47

- $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{238-4}_{92-2}\text{X} + ^4_2\text{He} = ^{234}_{90}\text{X} + ^4_2\text{He} = ^{234}_{90}\text{Th} + ^4_2\text{He}$ .
- $^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{234}_{91}\text{Pa} + ^0_{-1}\text{e} + ^0_0\tilde{\nu}$ , т. е.  $2\beta$  — распада.  
 $234 = 234 + n \cdot (-1)$   
 $90 = 92 - 90 = 2$

### Упражнение 48

Задачи, предлагаемые для повторения и при 3 часах в неделю. Действуют, т. к. нуклоны обладают массой.

- а: а) (0,5; 5); (0,5; 2); б)  $a_y = 2-5 = -3$ ;  
 в)  $|a_y| = 3$ ; г)  $|\vec{a}| = \sqrt{(0,5-0,5)^2 + (2-5)^2} = 3$ .





$$10. \bar{a} = \frac{\bar{V} - V_0}{t}; \quad \bar{S} = \bar{V}_0 t + \frac{\bar{a} t^2}{2} = \bar{V}_0 t + \frac{(\bar{V} - V_0) t^2}{2t} = \bar{V}_0 t + \frac{(\bar{V} - V_0) t}{2} = \frac{\bar{V} + V_0}{2} \cdot t.$$

$$11. S = V_0 t + \frac{at^2}{2} = \frac{V + V_0}{2} t \quad (\text{см. № 10});$$

$$a = \frac{V - V_0}{t}; \quad a(V + V_0) = \frac{V^2 - V_0^2}{t}; \quad a = \frac{V^2 - V_0^2}{(V + V_0) t};$$

$$V + V_0 = \frac{2S}{t}; \quad a = \frac{V^2 - V_0^2}{2S \cdot t} \cdot t = \frac{V^2 - V_0^2}{2S}.$$

12. Дано:

$$t = 0,3 \text{ с}; \\ S = 0,43 \text{ м}$$

$$V_{\text{cp}} = ? \\ V = ?$$

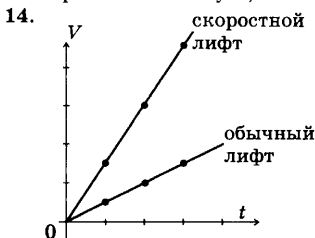
Решение:

$$V_{\text{cp}} = \frac{S}{t}; \quad V_{\text{cp}} = \frac{V + V_0}{2} = \frac{V}{2}; \quad V_{\text{cp}} = \frac{0,43 \text{ м}}{0,3 \text{ с}} = 1,43 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

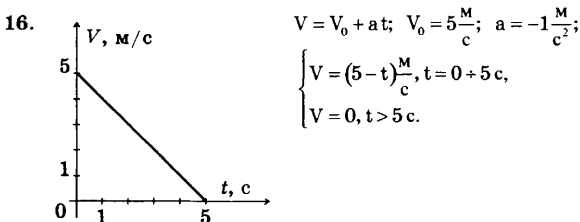
$$V = 2 \cdot V_{\text{cp}}; \quad V = 2 \cdot 1,43 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 2,86 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ:  $V_{\text{cp}} = 1,43 \text{ м/с}; V = 2,86 \text{ м/с}.$

13.  $S = \frac{at^2}{2}; \quad V = at;$  отсюда следует, что за одинаковый промежуток времени скоростной лифт приобретет в 3 раза большую скорость и пройдет в 3 раза больший путь, чем обычный лифт.



15.  $V_x = 10 + 0,5t = V_{x0} + at;$   $V_{x0} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}};$   $a = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$  Отсюда следует, что со временем  $V$  возрастает ( $a > 0$ ).



$$17. x = x_0 + S_x; \quad S_x = V_{0x} t + a_x \frac{t^2}{2}; \quad x = x_0 + V_{0x} t + a_x \frac{t^2}{2}.$$

18. Дано:

$$a_x = 0,1 \text{ м/с}^2;$$

$$V_{0x} = 0;$$

$$x_0 = 0$$

$$V_x(t) \text{ — ?}$$

$$x(t) \text{ — ?}$$

Решение:

$$V_x(t) = V_{0x} + a_x \cdot t = a_x \cdot t;$$

$$V_x = 0,1 \cdot t \text{ (м/с);}$$

$$x(t) = x_0 + V_{0x} \cdot t + \frac{a_x t^2}{2} = \frac{a_x t^2}{2};$$

$$x = \frac{0,1t^2}{2} = 0,05 \cdot t^2 \text{ (м)}.$$

$$\text{Ответ: } V_x = 0,1 \cdot t \text{ (м/с); } x = 0,05 \cdot t^2 \text{ (м)}.$$

19. Дано:

$$|V_n| = 40 \text{ км/ч};$$

$$\text{а) } |V_{отн}| = 0;$$

$$\text{б) } |V_{отн}| = 10 \text{ км/ч};$$

$$\text{в) } |V_{отн}| = 40 \text{ км/ч};$$

$$\text{г) } |V_{отн}| = 60 \text{ км/ч}$$

$$|V_n| \text{ — ?}$$

Решение:

$$|V_n| = \|V_n\| + |V_{отн}| \text{ при } V_n \rightarrow V_n;$$

$$|V_n| = \|V_n\| - |V_{отн}| \text{ при } V_n \leftarrow V_n;$$

$$\text{а) } V_n \leftarrow V_n \text{ и } V_n \rightarrow V_n;$$

$$|V_m| = |40 \pm 0| = 40 \text{ (км/ч);}$$

$$\text{б) } V_n \leftarrow V_m; |V_m| = |40 - 10| = 30 \text{ (км/ч);}$$

$$V_n \rightarrow V_m; |V_m| = |40 + 10| = 50 \text{ (км/ч);}$$

$$\text{в) } V_n \leftarrow V_m; |V_m| = |40 - 40| = 0;$$

$$V_n \rightarrow V_m; |V_m| = |40 + 40| = 80 \text{ (км/ч);}$$

$$\text{в) } V_n \leftarrow V_m; |V_m| = |40 - 60| = 20 \text{ (км/ч);}$$

$$V_n \rightarrow V_m; |V_m| = |40 + 60| = 100 \text{ (км/ч);}$$

20. Пусть  $V_r$  — скорость течения воды относительно берега. Тогда скорость катера относительно берега при движении по течению  $V_{к+} = V_r + 5V_r = 6V_r$ . Скорость катера относительно берега при движении против течения

$$V_{к-} = 5V_r - V_r = 4V_r; \quad \frac{V_{к+}}{V_{к-}} = \frac{6V_r}{4V_r} = 1,5.$$

21. Плотность шарика  $\rho = \frac{m}{v} = \frac{3,87 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}{3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . Плотность шарика рав-

на плотности воздуха, поэтому на него действует выталкивающая сила, равная весу шарика. Результирующая этих сил равна 0, шарик находится в состоянии покоя.

22. При столкновении шаров между ними возникают равные силы взаимодействия  $F$  (3-й закон Ньютона). Они сообщают шарам ускорения:

$$a_c = \frac{F}{m_c}; \quad a_a = \frac{F}{m_a} \text{ (2-й закон Ньютона)}. \quad \frac{a_c}{a_a} = \frac{m_a}{m_c}, \text{ откуда следует, что } a_c \neq 0$$

и возможно  $a_c > a_a$ ,  $a_c < a_a$  в зависимости от соотношения масс шаров.

$$23. \quad \frac{g}{g_0} = \frac{R_3^2}{(R_3 + h)^2}; \quad g = g_0 \frac{R_3^2}{(R_3 + h)^2}.$$

$$24. \quad a_1 = \frac{V^2}{r}; \quad a_2 = \frac{V^2}{2r} = \frac{a_1}{2}; \quad F_1 = ma_1; \quad F_2 = ma_2 = \frac{ma_1}{2} = \frac{F_1}{2}.$$

25. Для спутника, вращающегося над Землей на высоте  $h$ ,  $a_u$  совпадает

$$c \text{ г: } a_u = \frac{V^2}{R_3 + h} = g = \frac{g_0 R_3^2}{(R_3 + h)^2}; \quad V^2 = \frac{g_0 R_3^2}{R_3 + h}; \quad V = R_3 \sqrt{\frac{g_0}{R_3 + h}}.$$

26. Дано:

$$\begin{aligned} R_3 &= 6400 \text{ км} = \\ &= 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}; \\ g &= 9,8 \text{ м/с}^2; \\ h &= 3600 \text{ км} = \\ &= 3,6 \cdot 10^6 \text{ м} \end{aligned}$$

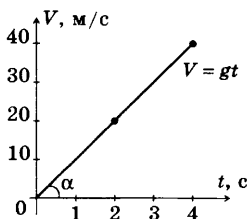
$V$  — ?

Решение:

$$\begin{aligned} (\text{см. № 25}) \quad V &= R_3 \sqrt{\frac{g_0}{R_3 + h}} \\ V &= 6,4 \cdot 10^6 \text{ м} \sqrt{\frac{9,8 \text{ м/с}^2}{6,4 \cdot 10^6 \text{ м} + 3,6 \cdot 10^6 \text{ м}}} = \\ &= 6,3 \cdot 10^3 \text{ м/с} = 6300 \text{ м/с} \end{aligned}$$

Ответ:  $V = 6300 \text{ м/с}$ .

27.



28. Дано:

$$\begin{aligned} m &= 0,3 \text{ кг}; \\ t &= 3 \text{ с}; \\ V_0 &= 0 \end{aligned}$$

$\Delta p_1$  — ?

$\Delta p_2$  — ?

Решение:

$$\Delta p = m \Delta V; \quad V = gt; \quad \Delta V = g \Delta t;$$

$$\Delta p = mg \Delta t; \quad \Delta t_1 = \Delta t_2 = 1 \text{ с};$$

$$\Delta p_1 = \Delta p_2 = 0,3 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1 \text{ с} = 2,94 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ:  $\Delta p_1 = \Delta p_2 = 2,94 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ .

29.  $\Delta p = m \cdot \Delta V$ . Из графика задачи № 27 видно, что  $\Delta V = \Delta t \cdot \text{tg} \alpha$ . Т. к. зависимость скорости от времени прямая,  $\text{tg} \alpha = \text{const}$  и при одинаковых  $\Delta t$  получим одинаковые  $\Delta p$ .

30.  $p = mV$ ;  $V = gt$ ;  $p = mgt$ ;  $m = \rho \cdot V$ ;  $p = \rho \cdot V \cdot g \cdot t$ ; т. е. импульсы шариков при заданных условиях зависят только от их плотности.

$$\frac{p_m}{p_a} = \frac{\rho_m}{\rho_a} = \frac{8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3}{2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3} = 3,3 \text{ в любой момент времени.}$$

31. Дано:

$$\begin{aligned} V_{1x} &= 0,2 \text{ м/с}; \\ V_{2x} &= 0,1 \text{ м/с}; \\ V'_{1x} &= 0,1 \text{ м/с} \end{aligned}$$

$V'_{2x}$  — ?

Решение:

$mV_{1x} + mV_{2x} = mV'_{1x} + mV'_{2x}$  (закон сохранения импульса);

$$V'_{2x} = V_{1x} + V_{2x} - V'_{1x} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 0,1 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 0,1 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ:  $V'_{2x} = 0,2 \text{ м/с}$ .

32. Дано:

$$V_{1x} = 0,2 \text{ м/с};$$

$$V_{2x} = -0,1 \text{ м/с};$$

$$V'_{1x} = -0,1 \text{ м/с}$$

$$V'_{2x} \text{ — ?}$$

Решение:

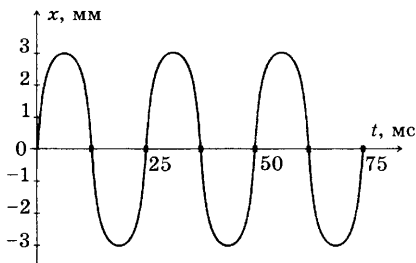
Из № 31:

$$V'_{2x} = V_{1x} + V_{2x} - V'_{1x} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 0,1 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 0,1 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ:  $V'_{2x} = 0,2 \text{ м/с}$ .33. Кинетическая энергия шаров до столкновения  $E = \frac{mV_{1x}^2}{2} + \frac{mV_{2x}^2}{2}$ , послестолкновения  $E' = \frac{mV'_{1x}^2}{2} + \frac{mV'_{2x}^2}{2}$ . Фактически нужно сравнить  $(V_{1x}^2 + V_{2x}^2)$ 

$$\text{и } (V'_{1x}^2 + V'_{2x}^2) \quad V_{1x}^2 + V_{2x}^2 = 0,2^2 + (-0,1)^2 = 0,05 \left( \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \right);$$

$$V'_{1x}^2 + V'_{2x}^2 = 0,2^2 + 0,1^2 = 0,05 \left( \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \right), \text{ т. е. } E = E'.$$

34. Из графика видно, что  $T = 2 \text{ с}$ ;  $v = \frac{1}{T} = 0,5 \text{ Гц}$ . Любая точка качелей совершает колебания с той же частотой.35.  $v = 40 \text{ Гц} = 40 \text{ с}^{-1}$ ;  $T = \frac{1}{v} = \frac{1}{40 \text{ с}^{-1}} = 0,025 \text{ с} = 25 \text{ мс}$ .

Этот график описывает колебания только средней точки струны, т. к. другие точки имеют другие амплитуды. Для других струн арфы он не годится, т. к. средние точки других струн колеблются с другими частотами.

36. Нужно расположить камертоны так, чтобы их резонаторные ящики были повернуты отверстиями друг к другу. Затем ударить по одному из камертонов, а потом заглушить его. Второй камертон будет звучать за счет явления звукового резонанса.

37. Из графика следует:

а) при  $v = 3 \text{ Гц}$  амплитуда установившихся колебаний качелей больше, чем при  $v = 1 \text{ Гц}$ ;б) при  $v = 2 \text{ Гц}$  амплитуда установившихся колебаний максимальна;в) собственная частота качелей  $2 \text{ Гц}$ , т. к. при этой частоте наблюдается резонанс с вынуждающей силой.

38. Дано:

$$l = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м};$$

$$m = 2 \text{ г} = 0,002 \text{ кг};$$

$$B = 4 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$$

I — ?

Решение:

$$P = F_{\text{л}}; P = mg; F_{\text{л}} = BI \cdot l; mg = BI l;$$

$$I = \frac{mg}{B \cdot l}; I = \frac{0,002 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{0,04 \text{ Тл} \cdot 0,1 \text{ м}} = 5 \text{ А.}$$

Ответ: I = 5 А.

39. На движущийся электрон действует сила со стороны магнитного поля. Исходя из направления этой силы к центру дуги и из направления магнитных силовых полей, по правилу левой руки находим, что электрон влетел в камеру в точке В.

40. Дано:

$$V = 3 \cdot 10^7 \text{ м/с};$$

$$|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл};$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг};$$

$$B = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$$

r — ?

Решение:

$$F_{\text{л}} = F_{\text{ц}}; B|e| \cdot V = \frac{mV^2}{r}; r = \frac{mV^2}{B|e| \cdot V} = \frac{mV}{B|e|};$$

$$r = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 3 \cdot 10^7 \text{ м/с}}{8,5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

Ответ: r = 2 · 10<sup>-2</sup> м.

41.  ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$  — это реакция β — распада.

42.  ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^1_0\text{n} = {}^{24}_{11}\text{Na} + {}^4_2\text{He}$ .

43.  ${}^{10}_5\text{B} + {}^{7+4-10}_{3+2-5}\text{x} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He}; {}^1_0\text{x} = {}^1_0\text{n}$ .

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

### Лабораторная работа №1

Исследование равноускоренного движения без начальной скорости.

#### Вариант 1

Определить ускорение движения шарика и его мгновенную скорость перед ударом о цилиндр.

Из теории известно, что шарик, скатывающийся по наклонной плоскости, движется равноускоренно. Если его начальная скорость равна 0, то скорость и ускорение выражаются через путь и время следующим образом:

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

Измеряя путь от начала движения до столкновения с цилиндром и соответствующий промежуток времени, можно определить ускорение и мгновенную скорость.

Пример выполнения работы:

Число ударов метронома n	Расстояние S, м	Время движения t, с	Ускорение $a = \frac{2S}{t^2}, \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	Мгновенная скорость $V = at, \frac{\text{м}}{\text{с}}$
3	0,9	1,5	0,8	1,2

$$\text{Вычисления: } t = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ с; } a = \frac{2 \cdot 0,9 \text{ м}}{(1,5 \text{ с})^2} = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \quad V = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1,5 \text{ с} = 1,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

### Вариант №2

**Цель работы:** убедиться в равноускоренном характере движения бруска и определить его ускорение и мгновенную скорость.

Работа выполняется с помощью прибора, изображенного на рис. 147 учебника. Брусок движется по наклонной плоскости и протягивает за собой бумажную ленту. Через постоянные промежутки времени на этой ленте делается отметка, координаты которых зависят от перемещений бруска с лентой. Таким образом можно определить модули векторов перемещений  $S_1, S_2 \dots S_n$  бруска за промежутки времени  $t_1, t_2 = 2t_1 \dots t_n = nt_1$ , отсчитываемые от начала движения. Из теории известно, что  $S_1 : S_2 \dots S_n = 1^2 : 2^2 \dots : n^2 = 1 : 4 : 9 \dots : n^2$ .

В работе мы будем проверять эту закономерность.

#### Задание 1.

**Исследование движения бруска по наклонной плоскости.**

$t, \text{ с}$	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26
$S, \text{ мм}$	0	1	3	7	15	24	36	50	65	82	102	126	146	170

$$\text{Вычисления: } \frac{S_2}{S_1} = \frac{3 \text{ мм}}{1 \text{ мм}} = 3; \quad \frac{S_3}{S_1} = \frac{7 \text{ мм}}{1 \text{ мм}} = 7; \quad \frac{S_4}{S_1} = 15; \quad \frac{S_5}{S_1} = 24; \quad \frac{S_6}{S_1} = 36;$$

$$\frac{S_7}{S_1} = 50; \quad \frac{S_8}{S_1} = 65; \quad \frac{S_9}{S_1} = 82; \quad \frac{S_{10}}{S_1} = 102; \quad \frac{S_{11}}{S_1} = 126; \quad \frac{S_{12}}{S_1} = 146; \quad \frac{S_{13}}{S_1} = 170.$$

Отсюда  $S_1 : S_2 : S_3 \dots : S_9 = 1 : 3 : 7 : 15 : 24 : 36 : 50 : 65 : 82 : 102 : 126 : 170$ .

Этот ряд близок к теоретическому для равноускоренного движения. Поэтому движение бруска по наклонной плоскости равноускоренное.

#### Задание 2.

**Определение ускорения движения бруска.**

$$\begin{aligned} \text{Ускорение будем вычислять по формуле: } a = \frac{2S}{t^2}. \quad t_7 = 0,14 \text{ с; } S_7 = 50 \text{ мм} = \\ = 0,05 \text{ м} \quad a = \frac{2 \cdot 0,05}{(0,14)^2} = 5,1 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right); \quad t_{13} = 0,26 \text{ с; } S_{13} = 170 \text{ мм} = 0,17 \text{ м; } a = \frac{2 \cdot 0,17}{(0,26)^2} = \\ = 5,03 \text{ м/с}^2; \quad a_{\text{ср}} = \frac{5,1 + 5,03}{2} = 5,06 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right). \end{aligned}$$

#### Задание 3.

**Определение мгновенной скорости бруска в разные моменты времени и построение графика зависимости мгновенной скорости  $V$  от времени  $t$ .**

Мгновенную скорость будем вычислять по формуле:  $V = at$ . В качестве  $a$  возьмем  $a_{\text{ср}} = 5,06 \text{ м/с}^2$  из задания 2.

$$t = 0,08 \text{ с}; V = 5,06 \cdot 0,08 = 0,405 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right);$$

$$t = 0,16 \text{ с}; V = 5,06 \cdot 0,16 = 0,810 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right);$$

$$t = 0,24 \text{ с}; V = 5,06 \cdot 0,24 = 1,214 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

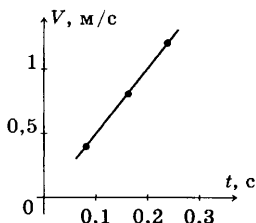


График зависимости мгновенной скорости от времени.

Дополнительное задание. Построение графика зависимости координаты  $x$  бруска от времени  $t$ .

Данные для построения графика будем брать из таблицы задания 1.

$$t_0 = 0; x_0 = 0; t = t_i; x_i(t_i) = S_i, i = 1, 2, \dots, 13.$$

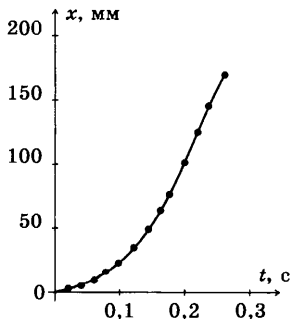


График зависимости координаты бруска от времени.

## Лабораторная работа № 2 Измерение ускорения свободного падения.

*Цель работы:* измерить ускорение свободного падения с помощью прибора для изучения движения тел.

Свободное падение тела — движение с постоянным ускорением. Если отпустить без начальной скорости груз (на установке освободить зажим) и измерить расстояние  $S$ , пройденное грузом за время  $t$ , можно вычислить ускорение свободного падения:  $g = \frac{2S}{t^2}$ .

Пример выполнения работы:

Время движения, $t = nT$ , с.	Путь $S$ , мм	Путь $S$ , м	Ускорение свободного падения $g = \frac{2S}{t^2}$ , $\frac{м}{с^2}$
0,28	400	0,4	10,2

$$\text{Вычисления: } n = 14; t = 14 \cdot 0,02 = 0,28 \text{ с}; g = \frac{2 \cdot 0,4 \text{ м}}{(0,28 \text{ с})^2} = 10,2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$\Delta g = |g_1 - g_2| = 10,2 - 9,8 = 0,4 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right); \frac{\Delta g}{g} = \frac{0,4 \text{ м/с}^2}{9,8 \text{ м/с}^2} \cdot 100 \% = 4,1 \%$$

### Лабораторная работа № 3

#### Исследование зависимости периода и частоты свободных колебаний нитяного маятника от его длины.

**Цель работы:** выяснить, как зависят период и частота свободных колебаний нитяного маятника от его длины.

При изменении длины нитяного маятника изменяются период и частота его колебаний. Нужно установить зависимость между этими величинами. Для этого нужно отклонить шарик от положения равновесия, засечь время, за которое маятник совершит  $N$  полных колебаний. Тогда период  $T$  и частоту  $\nu$  можно вычислить по формулам:  $T = t/N$ ;  $\nu = 1/T = N/t$ . То же проделаем при разных длинах маятника.

Пример выполнения работы:

Физ. величина \ № опыта	1	2	3	4	5
$l$ , см	5	20	45	80	125
$N$	30	30	30	30	30
$t$ , с	13	27	40	53	67
$T$ , с	0,43	0,9	1,33	1,77	2,23
$\nu$ , Гц	2,31	1,11	0,75	0,57	0,45

Из данных таблицы видно, что с увеличением длины маятника увеличивается период его колебаний и уменьшается частота.

#### Дополнительное задание.

**Цель задания:** выяснить какая математическая зависимость существует между длиной маятника и периодом его колебаний.

$T_2/T_1 \approx 2$	$T_3/T_1 \approx 3$	$T_4/T_1 \approx 4$	$T_5/T_1 \approx 5$
$L_2/l_1 = 4$	$L_3/l_1 = 9$	$L_4/l_1 = 16$	$L_5/l_1 = 25$

Из данных таблицы можно вывести закономерность:  $\frac{T_k}{T_1} = \sqrt{\frac{l_k}{l_1}}$ , где  $k = 2, 3, 4, 5$ .



### Лабораторная работа № 4

#### Изучение явления электромагнитной индукции.

*Цель работы:* изучить явление электромагнитной индукции.

Явление электромагнитной индукции состоит в появлении электрического тока в замкнутом проводнике при изменении магнитного поля, пронизывающего площадь, охваченную проводником.

*Пример выполнения работы:*

1. Сборка схемы, изображенной на рис. 152.
2. В эксперименте с этой схемой индукционный ток возникает в катушке тогда, когда магниты перемещаются относительно нее. Сила индукционного тока резко возрастает при торможении катушки и падает до 0 после остановки магнита.
3. Причиной возникновения тока является изменение магнитного индукционного потока  $\Phi$ , пронизывающего катушку. Оно связано с изменением напряженности магнитного поля вокруг разных частей магнита и с изменением скорости перемещения магнита.
4. Направление тока индукции будет различным при приближении магнита к катушке и удалении от нее.
5. При большей скорости движения магнита относительно катушки, больше скорость изменения магнитного потока  $\Phi$ .
6. Сборка схемы, изображенной на рис. 153.
7. Ток индукции возникает в случаях а), в), т. е. изменяется сила тока, создающего магнитное поле.
8. Работа с моделью генератора (рис. 154). В рамке, вращающейся в магнитном поле, возникает переменный индукционный ток из-за изменения магнитного потока через рамку с переменной ориентацией относительно вектора магнитной индукции.

### Лабораторная работа № 5

#### Изучение деления ядра атома урана по фотографии треков.

*Цель работы:* применить закон сохранения импульса для объяснения движения двух ядер, образовавшихся при делении ядра атома урана.

#### Задание 1.

Ядро атома урана, захватывая нейтрон, распадается на две примерно равные части (осколки деления). Осколки разлетаются в противоположные стороны, это может быть объяснено с помощью закона сохранения импульсов. Ядро урана до захвата нейтрона было практически неподвижно. Получив небольшой импульс от нейтрона, ядро распадается на осколки массой  $m_1$  и  $m_2$ , разлетающиеся в разные стороны.

По закону сохранения  $0 = m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2$ , откуда следует, что  $\vec{V}_1$  и  $\vec{V}_2$  направлены в противоположные стороны.

**Задание 2.**

${}_{92}^{238}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^{91}\text{Kr} + 2\cdot{}_0^1\text{n}$ . По закону сохранения заряда  $92 + 0 = 56 + Z + 2 \cdot 0$ ;  $Z = 92 - 56 = 36$ . Из таблицы Менделеева видно, что второй осколок деления ядра урана — ядро криптона.

**Лабораторная работа № 6****Изучение треков заряженных частиц по готовым фотографиям.**

*Цель работы:* объяснить характер движения заряженных частиц.

**Задание 1.**

Треки заряженных частиц, движущихся в магнитном поле, изображены на фотографиях 157, 158 учебника, т. к. на них частицы движущихся по криволинейным траекториям.

**Задание 2.**

- а)  $\alpha$  — частицы двигались слева направо
- б)  $\alpha$  — частицы имели приблизительно одинаковую энергию.
- в) толщина треков по мере движения частиц увеличивалась. Это говорит о том, что скорость частиц уменьшилась.

**Задание 3.**

- а) радиус кривизны и толщина треков  $\alpha$  — частиц изменялись по мере продвижения частиц из-за уменьшения их скорости.
- б) частицы двигались справа налево (толщина треков справа налево увеличивается).

**Задание 4.**

- а) электрон постепенно терял скорость из-за взаимодействия с частицами среды камеры, скорость его уменьшилась, радиус кривизны трека также уменьшился.
- б) электрон двигался по часовой стрелке.
- в) более длинный трек может быть вызван большей начальной скоростью и меньшим зарядом электрона по сравнению с  $\alpha$  — частицей.