

Филиал «Колледж сервиса и управления»

**Карточки  
Л.И.Скрелин 10  
на уроках  
ФИЗИКИ**

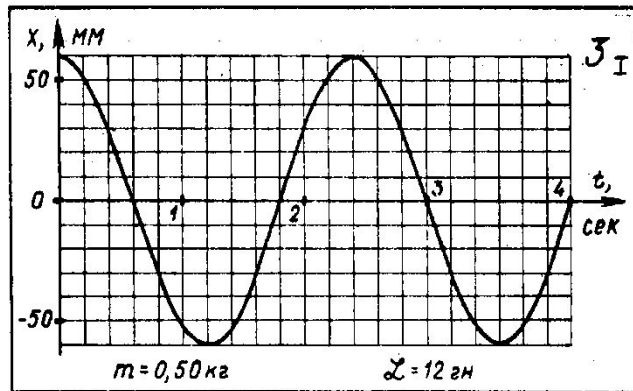
Подготовил:

Егораев Владимир Викторович (ID:215735)

Новгородская область – 2017г.

# I серия - Колебательное движение маятника

## Вопросы к карточкам I серии — Колебательное движение маятника



1. Какова амплитуда колебательного движения?
2. Каков период колебания?
3. Вычислите частоту колебания маятника.
4. Какой длины математический маятник колеблется с этой же частотой? (Для упрощения расчетов полагать  $\pi^2 \approx 10$  и  $g \approx 10 \text{ м/сек}^2$ .)
5. Определите смещение при фазе  $\frac{5}{3}\pi$ . Перечертите график в тетрадь и укажите на нем это смещение.
6. Вычислите циклическую частоту.
7. Какой наибольший модуль скорости имеет маятник при колебаниях?
8. Вычислите кинетическую энергию в этот момент.
9. Вычислите скорость при фазе  $\frac{5}{3}\pi$ .
10. Вычислите ускорение при фазе  $\frac{5}{3}\pi$ .
11. Вычислите равнодействующую силу при фазе  $\frac{5}{3}\pi$ .
12. Вычислите кинетическую и потенциальную энергии при фазе  $\frac{5}{3}\pi$ .
13. Какой жесткости должна быть взята пружина для маятника, чтобы та же масса груза колебалась в вертикальной плоскости с частотой в 10 раз большей? (Массой пружины пренебречь.)
14. Какое удлинение получит эта пружина, когда к ней подвесят данный груз?
15. Конденсатор какой емкости надо поставить в колебательный контур с той индуктивностью, которая указана на карточке, чтобы в нем происходили электромагнитные колебания с частотой в 100 раз большей, чем у математического маятника, описанного в карточке?

Покажем решение на примере карточки 3

1. Амплитуда колебания маятника:  $x_0 = 60 \text{ мм} = 0,06 \text{ м}$ .
2. Период колебания маятника:  $T = 2,4 \text{ сек}$ .
3. Частота колебаний

$$\nu = \frac{1}{T}, \quad \nu = \frac{1}{2,4 \text{ сек}} = 0,417 \text{ гц} \approx 0,42 \text{ гц}.$$

4. Длину маятника определяем из формулы  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ .

$$l = \frac{gT^2}{4\pi^2},$$

$$l = \frac{9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot (2,4 \text{ сек})^2}{4 \cdot 3,14^2} = 1,44 \text{ м} \approx 1,4 \text{ м}.$$

5. Смещение при фазе  $\frac{5}{3}\pi$ :

$$x = x_0 \cos \frac{5}{3}\pi, \quad x = 0,06 \text{ м} \cdot 0,5 = 0,03 \text{ м} = 30 \text{ мм}.$$

Точка  $M$  на графике (рис. 2, а) соответствует фазе  $\frac{5}{3}\pi$ , а отрезок  $KM$  — смещению при этой фазе.

6. Циклическая (или круговая) частота равна

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T}, \quad \omega_0 = \frac{2 \cdot 3,14}{2,4 \text{ сек}} = 2,62 \text{ сек}^{-1} \approx 2,6 \text{ сек}^{-1}.$$

7. Наибольшее значение скорости вычисляем по формуле

$$v = \omega_0 x_0 \cos\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}\right).$$

Модуль скорости будет наибольшим при  $\omega_0 t$ , равном  $\frac{\pi}{2}$ ,  $\frac{3}{2}\pi$ ,  $\frac{5}{2}\pi$ .

$$|\vec{v}| = |2,62 \text{ сек}^{-1} \cdot 0,06 \text{ м} \cdot (-1)| = \left| -0,157 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \right| \approx 16 \frac{\text{см}}{\text{сек}}.$$

8. Кинетическая энергия при прохождении маятником положения равновесия равна

$$K = \frac{mv^2}{2}, \quad K = \frac{0,5 \text{ кг} \cdot (0,157 \text{ м/сек})^2}{2} = 0,00616 \text{ Дж} \approx 6,2 \text{ мДж}.$$

В группах с сильным составом учащихся рекомендуется расширить круг вопросов и предложить вычислить скорость, ускорение, равнодействующую силу и энергию при фазе  $\frac{5}{3}\pi$ .

Для той же карточки 3

9. Скорость при фазе  $\frac{5}{3}\pi$ :

$$v = 2,62 \text{ сек}^{-1} \cdot 0,06 \text{ м} \cdot \cos\left(\frac{5\pi}{3} + \frac{\pi}{2}\right) = 0,137 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \approx 14 \frac{\text{см}}{\text{сек}}.$$

Под графиком пути в выбранном масштабе начертим график скорости. Отрезок  $BC$  показывает величину скорости при фазе  $\frac{5}{3}\pi$  (рис. 2, б).

10. Ускорение при фазе  $\frac{5}{3}\pi$ :

$$a = -\omega_0^2 x,$$

$$a = -(2,62 \text{ сек}^{-1})^2 \cdot 0,03 \text{ м} = -0,207 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \approx -21 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2}.$$

11. Равнодействующая сила при фазе  $\frac{5}{3}\pi$

$$F = ma, F = 0,5 \text{ кг} \cdot \left(-0,21 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}\right) = -0,10 \text{ н}.$$

12. Энергия при фазе  $\frac{5}{3}\pi$ :

а) кинетическая

$$K = \frac{0,5 \text{ кг} \cdot (0,137 \text{ м/сек})^2}{2} = 0,0047 \text{ Дж} \approx 4,7 \text{ мДж},$$

б) потенциальная

$$П = 0,00616 \text{ Дж} - 0,0047 \text{ Дж} = 0,00146 \text{ Дж} \approx 1,5 \text{ мДж}.$$

13. Из формулы для пружинного маятника

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

находим жесткость пружины:

$$k = \omega_0^2 \cdot m, \quad k = (26,2 \text{ сек}^{-1})^2 \cdot 0,5 \text{ кг} = 343 \text{ н/м} \approx 340 \text{ н/м}.$$

14. Удлинение пружины под действием груза

$$\Delta l = \frac{mg}{k}, \quad \Delta l = \frac{0,5 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/сек}^2}{343 \text{ н/м}} = 0,0143 \text{ м} \approx 14 \text{ мм}.$$

15. Емкость конденсатора определяем из формулы

$$T = 2\pi\sqrt{LC},$$

$$C = \frac{T^2}{4\pi^2 L}, \quad C = \frac{(0,024 \text{ сек})^2 \cdot 10^6}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 12 \text{ гн}} = 1,2 \text{ мкф}.$$

Таблица I

Вопросы	Ответы на вопросы к карточкам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	а	б
1. Амплитуда, мм	20	100	60	10	80	25	200	12	250	30	600	8
2. Период, сек	1,2	12	2,4	1,2	6,0	4,8	12	6,0	6,0	1,8	12	1,2
3. Частота, гц	0,83	0,083	0,42	0,83	0,17	0,21	0,083	0,17	0,17	0,56	0,083	0,83
4. Длина маятника, м	0,36	36	1,4	0,36	9,0	5,8	36	9,0	9,0	0,81	36	0,36
5. Смещение при фазе $\frac{5}{3}\pi$ , мм	10	50	30	5,0	40	13	100	6,0	125	15	300	4,0
6. Циклическая частота, сек <sup>-1</sup>	5,2	0,52	2,6	5,2	1,0	1,3	0,52	1,0	1,0	3,5	0,52	5,2
7. Наибольший модуль скорости, см/сек	10	5,2	16	5,2	8,4	3,3	10	1,3	26	11	31	4,2
8. Кинетическая энергия при этой скорости, мдж	0,55	27	6,2	6,8	70	0,26	160	0,79	1700	17	490	3,5
9. Скорость при фазе $\frac{5}{3}\pi$ , см/сек	9,4	4,6	14	4,6	7,3	2,8	9,1	1,1	23	9,1	27	3,6
10. Ускорение при фазе $\frac{5}{3}\pi$ , см/сек <sup>2</sup>	-27	-1,4	-21	-14	-4,4	-2,1	-2,5	-0,66	-14	-18	-8,2	-11
11. Равнодействующая сила при фазе $\frac{5}{3}\pi$ , н	-0,027	-0,27	-0,10	-0,69	-0,88	-0,011	-0,75	-0,066	-6,9	-0,55	-0,82	-0,44
12. Энергия при фазе $\frac{5}{3}\pi$ , мдж:												
а) кинетическая;	0,44	21	4,6	5,3	53	0,20	120	0,59	1300	12	370	2,6
б) потенциальная	0,11	6	1,6	1,5	17	0,067	41	0,20	430	5	120	1,0
13. Жесткость пружины, н/м	270	550	340	14000	2200	85	820	1100	5500	3700	270	11000
14. Удлинение, мм	3,6	360	14	3,6	89	58	360	89	89	8,0	360	3,6
15. Емкость, мкф	2,0	30	1,2	2,0	6,0	9,6	120	18	30	0,81	36	3,0

# II серия - График напряжения переменного тока

## Вопросы к карточкам II серии — Графики напряжения переменного тока

1. Какова циклическая частота тока?
2. Определите амплитудное значение напряжения.
3. Вычислите действующее значение напряжения.
4. Вычислите: а) амплитудное и б) действующее значения тока при включении в цепь только активного сопротивления  $R$ , указанного в карточке. Перечертите данный график изменения напряжения со временем и на том же чертеже изобразите графическую зависимость силы тока от времени, выбрав подходящий масштаб.
5. Какова будет средняя мощность тока в этом случае?
6. Вычислите реактивное и полное сопротивление, если в цепь будут включены последовательно активное сопротивление  $R$  и катушка с индуктивностью  $L$ .
7. Вычислите амплитудное значение тока в этой цепи.
8. Каков окажется коэффициент мощности и угол сдвига фазы тока относительно напряжения?  
Начертите графики изменения напряжения и тока со временем на одном чертеже, выбрав удобный масштаб.
9. Вычислите среднюю мощность для этого случая.
10. Какой емкости конденсатор следует включить последовательно в данную цепь, чтобы получить резонансное увеличение тока?
11. Какое амплитудное напряжение возникнет в этой цепи на индуктивном и емкостном сопротивлениях?

Покажем решение на примере карточки 4

1. Циклическая (или угловая) частота

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T}, \quad \omega_0 = \frac{2 \cdot 3,14}{0,012 \text{ сек}} = 523 \text{ сек}^{-1} \approx 520 \text{ сек}^{-1}.$$

2. Амплитудное значение напряжения  $U_0 = 40 \text{ в}$ .

3. Действующее (или эффективное) значение напряжения

$$U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}, \quad U = \frac{40 \text{ в}}{1,41} \approx 28 \text{ в}.$$

4. Если в цепи только активное сопротивление  $R = 8 \text{ ом}$ , то:

а) амплитудное значение тока

$$I_0 = \frac{U_0}{R}, \quad I_0 = \frac{40 \text{ в}}{8 \text{ ом}} = 5 \text{ а};$$

б) действующее значение тока

$$I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}, \quad I = \frac{5 \text{ а}}{1,41} = 3,54 \text{ а} \approx 3,5 \text{ а}.$$

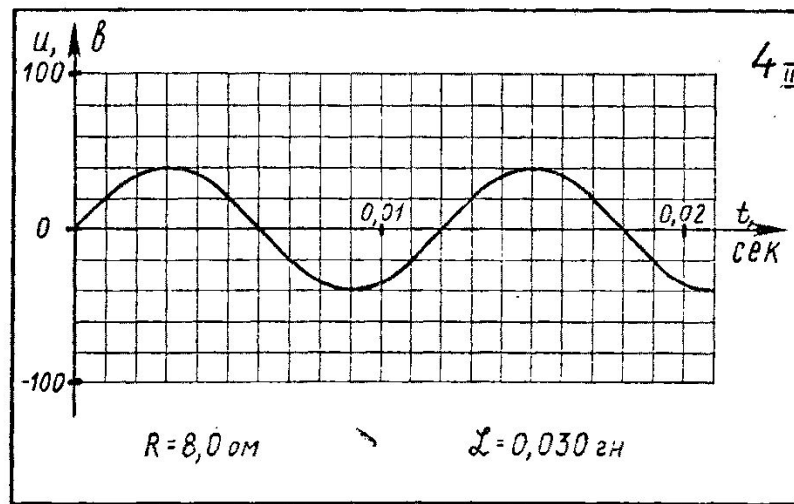


Рис. 3. Образец карточки II серии (№ 4).

### 5. Мощность тока

$$P = IU \cos \varphi = \frac{I_0 U_0}{2} \cos \varphi.$$

Поскольку на активном сопротивлении ток по фазе совпадает с напряжением, то

$$\varphi = 0, \text{ а } \cos \varphi = 1.$$

Тогда

$$P = \frac{5a \cdot 40 \text{ в}}{2} = 100 \text{ вт.}$$



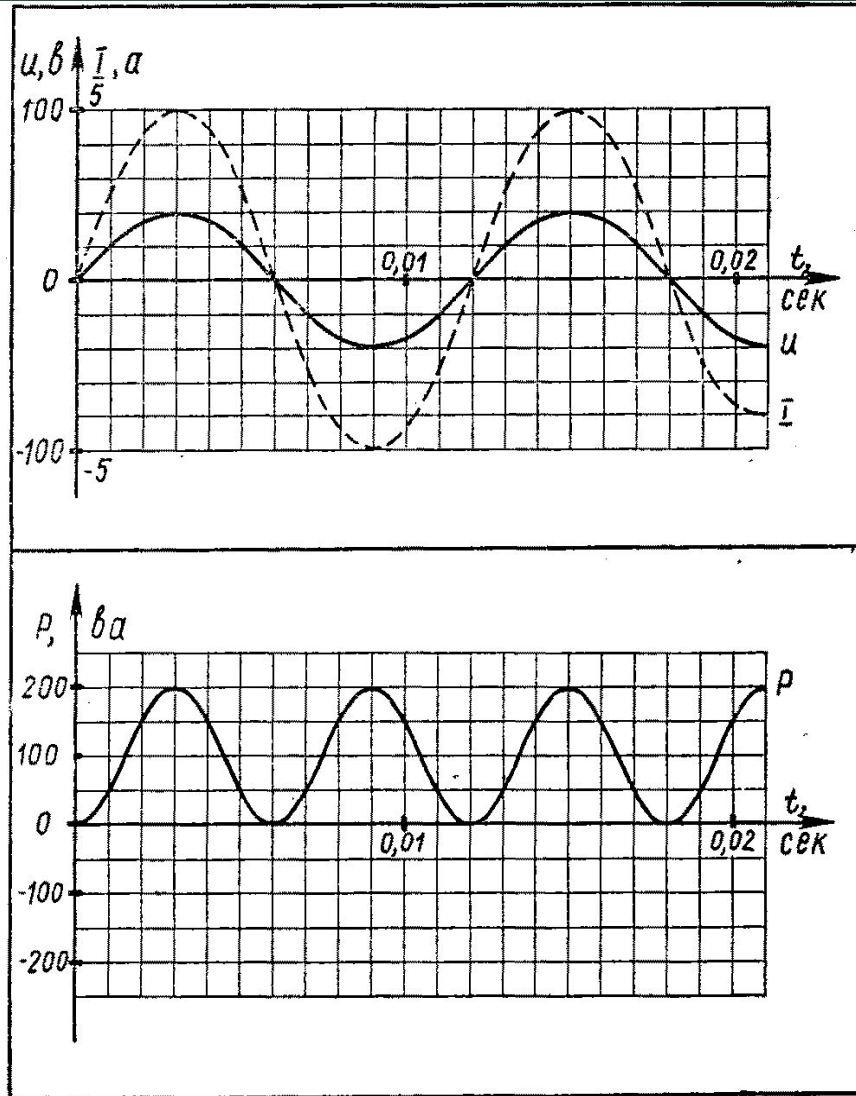


Рис. 4. Чертежи в тетради ученика. Графики: а) напряжения и тока; б) мощности в цепи с активным сопротивлением.

Для той же карточки 4 цепь содержит не только активное сопротивление  $R = 8 \text{ ом}$ , но еще и катушку с индуктивностью  $L = 0,03 \text{ гн}$ .

6. а) Индуктивное сопротивление

$$R_L = \omega_0 L, R_L = 523 \text{ сек}^{-1} \cdot 0,03 \text{ гн} \approx 15,7 \text{ ом} \approx 16 \text{ ом};$$

б) полное сопротивление

$$Z = \sqrt{R_a^2 + R_L^2}, Z = \sqrt{(8 \text{ ом})^2 + (16 \text{ ом})^2} = 18 \text{ ом}.$$

7. Амплитудное значение тока

$$I_0 = \frac{U_0}{Z}, I_0 = \frac{40 \text{ в}}{18 \text{ ом}} \approx 2,2 \text{ а}.$$

8. Коэффициент мощности и угол сдвига фаз

$$\cos \varphi = \frac{R_a}{Z}, \cos \varphi = \frac{8 \text{ ом}}{18 \text{ ом}} \approx 0,44, \varphi \approx 64^\circ.$$

9. Средняя активная мощность

$$P = IU \cos \varphi, P = \frac{2,2 \text{ а} \cdot 40 \text{ в} \cdot 0,44}{2} \approx 20 \text{ ватт}.$$

10. Для получения резонанса в цепи, содержащую катушку индуктивности  $L = 0,03$  гн и активное сопротивление  $R = 8$  ом, надо включить последовательно конденсатор электроемкостью  $C$ .

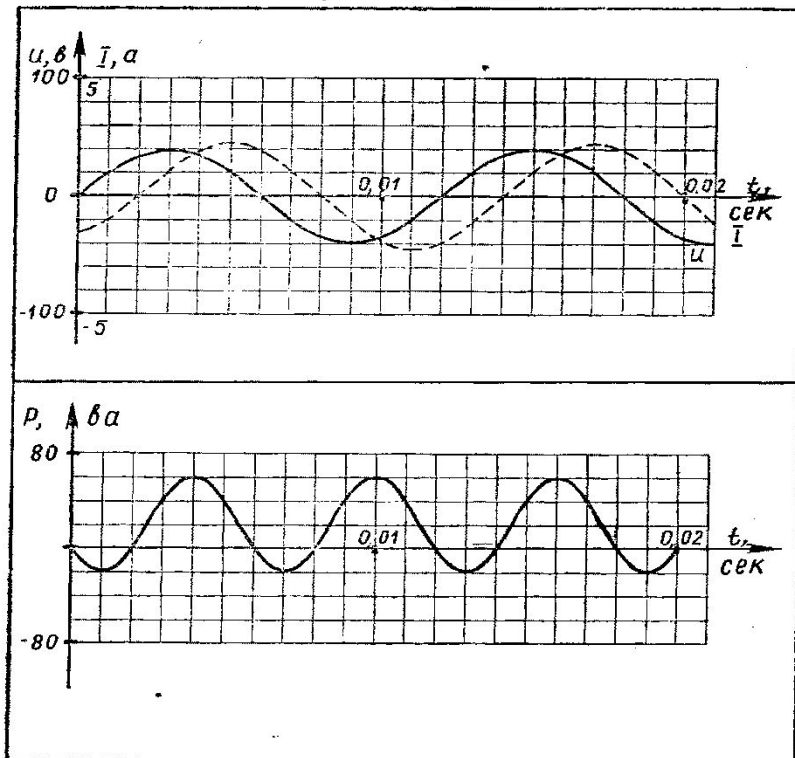


Рис. 5. Чертежи в тетради ученика. Графики: а) напряжения и тока; б) мощности, когда в цепи активное и индуктивное сопротивления.

Ее рассчитываем по формуле Томсона  $T = 2\pi \sqrt{LC}$ , откуда

$$C = \frac{T^2}{4\pi^2 L}, \quad C = \frac{(0,012 \text{ сек})^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,03 \text{ гн}} = 12 \cdot 10^{-5} \text{ ф} = 120 \text{ мкф.}$$

11. Амплитудное значение напряжения на каждом реактивном сопротивлении при резонансе

$$I_0 = 5 \text{ а.} \quad R_L = 16 \text{ ом.} \quad U_{0L} = I_0 R_L, \quad U_{0L} = 5 \text{ а} \cdot 16 \text{ ом} = 80 \text{ в.}$$

Таблица II

Вопросы	Ответы на вопросы к карточкам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	а	б
1. Циклическая частота, $\text{сек}^{-1}$	520	520	520	520	1000	260	1000	520	1000	350	520	790
2. Амплитудное значение напряжения, $v$	80	100	120	40	80	100	40	120	200	120	60	80
3. Действующее значение напряжения, $v$	57	71	85	28	57	71	28	85	140	85	43	57
В цепи только активное сопротивление $R$ , $\text{ом}$	20	50	40	8,0	40	25	10	20	50	24	12	16
4. Значение тока, $a$ :												
а) амплитудное;	4	2	3	5	2	4	4	6	4	5	5	5
б) действующее	2,8	1,4	2,1	3,5	1,4	2,8	2,8	4,3	2,8	3,5	3,5	3,5
5. Средняя мощность $вт$	160	100	180	100	80	200	80	360	400	300	150	200
В цепи активное сопротивление и индуктивность $L$ , $гн$	0,10	0,050	0,20	0,030	0,020	0,50	0,010	0,050	0,050	0,10	0,040	0,030
6. Сопротивление, $\text{ом}$ :												
а) индуктивное;	52	26	100	16	21	130	10	26	52	35	21	24
б) полное	56	56	120	18	45	132	14	33	72	41	24	29
7. Амплитудное значение тока, $a$	1,4	1,8	0,98	2,2	1,8	0,76	2,8	3,6	2,8	2,9	2,5	2,8
8. Коэффициент мощности	0,36	0,89	0,38	0,44	0,89	0,19	0,69	0,61	0,69	0,58	0,50	0,56
Угол сдвига фаз, $град$	69	27	68	64	28	79	46	52	47	54	60	56
9. Средняя активная мощность, $ва$	20	80	22	20	64	7,2	39	130	190	100	37	63
10. Емкость для резонанса, $мкф$	36	72	18	120	45	29	90	72	18	81	90	53
11. Напряжение на реактивных сопротивлениях, $v$	210	52	310	79	42	520	42	160	210	170	110	120

# III серия - Работа и мощность переменного тока

## Вопросы к карточкам III серии — Работа и мощность переменного тока

1. Напряжение в сети 220 в. Какова мощность двигателя?
2. Какова общая мощность всех потребителей электроэнергии?
3. Вычислите действующее значение силы тока при одновременной работе всех потребителей, кроме электродвигателя.
4. Вычислите сопротивление подводящих к счетчику проводов. Их материал, сечение и расстояние от трансформатора до счетчика указаны в карточках.
5. Какое максимальное падение напряжения получится в подводящих проводах при одновременной работе всех потребителей, кроме двигателя?
6. Допустимо ли такое падение напряжения в этих проводах? По нормам потеря напряжения в проводах не должна превышать 2%. Напряжение на выходе трансформатора равно 225 в. Какого сечения следует поставить провода, чтобы падение напряжения в них не превышало нормы при отдельной работе двигателя или остальных потребителей? (Стандартные сечения проводов: 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 6,0; 10,0 мм<sup>2</sup>.)
7. Сколько энергии расходуется: а) в сутки и б) в месяц (30 дней)?
8. Какое число появится на счетчике через месяц?
9. Сколько надо заплатить за электроэнергию в конце месяца?

Покажем решение на примере карточки 7

1. Мощность двигателя

$$P_{\text{д}} = IU \cos \varphi, \quad P_{\text{д}} = 2\text{а} \cdot 220 \text{ в} \cdot 0,8 = 352 \text{ вт} \approx 0,35 \text{ кВт.}$$

2. Общая мощность всех потребителей

$$P = 0,35 \text{ кВт} + 0,7 \text{ кВт} + 0,1 \text{ кВт} + 0,04 \text{ кВт} = 1,19 \text{ кВт} \approx 1,2 \text{ кВт.}$$

3. Действующее значение тока при одновременном включении всех потребителей, кроме двигателя

$$P_{\text{а}} = 840 \text{ вт}, \quad I = \frac{P_{\text{а}}}{U}, \quad I = \frac{840 \text{ вт}}{220 \text{ в}} = 3,82 \text{ а} \approx 3,8 \text{ а.}$$

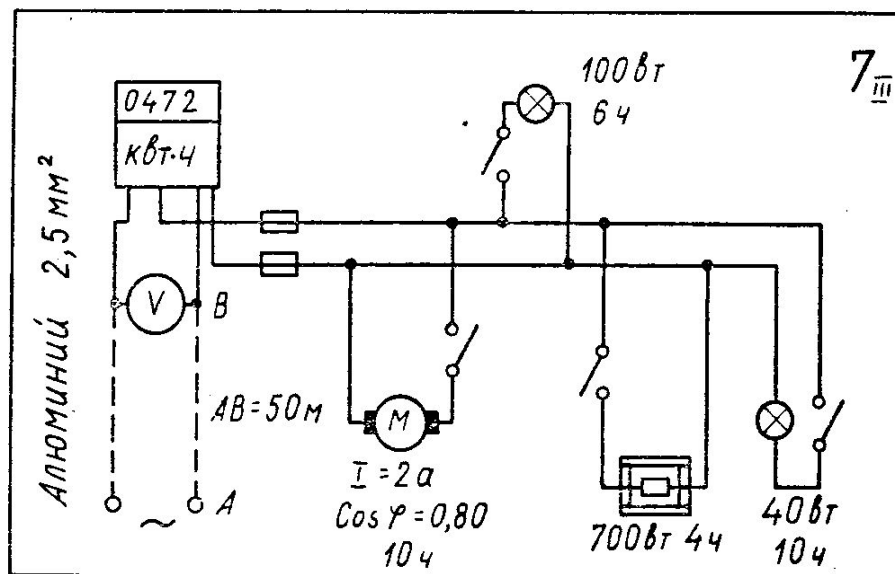


Рис. 6. Образец карточки III серии (№ 7).

4. Сопротивление ~~поводящих~~ проводов

$$R = \frac{\rho l}{S}, \quad R = \frac{2,8 \cdot 10^{-8} \text{ ом м } 100 \text{ м}}{2,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} = 1,12 \text{ ом} \approx 1,1 \text{ ом.}$$

5. Потеря напряжения в проводах при одновременной работе всех потребителей, кроме двигателя,

$$U = IR,$$

$$U_{\text{пр}} = 1,12 \text{ ом} \cdot 3,82 \text{ а} = 4,29 \text{ в} \approx 4,3 \text{ в.}$$

6. Допустимая потеря напряжения в проводах составляет  $225 \text{ в} \cdot 0,02 = 4,5 \text{ в}$ , т. е. в данном случае она больше действительной потери напряжения.

7. Расход энергии в сутки

$$E_1 = 352 \text{ вт} \cdot 10 \text{ ч} + 700 \text{ вт} \cdot 4 \text{ ч} + 100 \text{ вт} \cdot 6 \text{ ч} + 40 \text{ вт} \cdot 10 \text{ ч} = 7320 \text{ вт} \cdot \text{ч} \approx 7,3 \text{ квт} \cdot \text{ч.}$$

Расход энергии в месяц

$$E_{30} = 7,32 \text{ квт} \cdot \text{ч} \cdot 30 = 219,6 \text{ квт} \cdot \text{ч} \approx 220 \text{ квт} \cdot \text{ч.}$$

8. Показание счетчика через месяц

$$0472 \text{ квт} \cdot \text{ч} + 219 \text{ квт} \cdot \text{ч} = 0691 \text{ квт} \cdot \text{ч.}$$

9. Стоимость энергии за месяц

$$4 \text{ коп}/(\text{квт} \cdot \text{ч}) \cdot 219 \text{ квт} \cdot \text{ч} = 876 \text{ коп} = 8,76 \text{ руб.}$$

Таблица III

Вопросы	Ответы на вопросы к карточкам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	а	б
1. Мощность двигателя, <i>квт</i>	0,88	0,53	0,50	0,37	0,62	0,77	0,35	0,33	0,84	0,44	0,53	0,26
2. Общая мощность, <i>квт</i>	1,6	1,2	0,96	0,97	1,7	1,1	1,2	1,0	1,9	1,3	0,87	0,72
3. Действующее значение тока при активном сопротивлении, <i>а</i>	3,2	3,2	2,1	2,7	5,0	1,6	3,8	3,2	4,8	3,8	1,6	2,1
4. Сопротивление проводов, <i>ом</i>	1,0	1,4	1,4	2,7	0,85	0,93	1,1	1,0	1,1	2,0	1,1	1,7
5. Наибольшая потеря напряжения в проводах, <i>в</i>	3,3	4,5	2,9	7,4	4,3	1,4	4,3	3,3	5,4	7,8	1,7	3,6
6. Необходимое сечение, <i>мм<sup>2</sup></i>	—	—	—	4,0	—	—	—	—	6,0	6,0	—	—
7. Расход энергии, <i>квт·ч</i> :												
а) в сутки;	11	4,6	7,1	5,8	8,3	4,8	7,3	6,4	15	8,0	6,3	3,4
б) в месяц	325	139	214	174	248	143	220	193	450	240	188	102
8. Показание счетчика	0837	1393	0465	0356	0430	0413	0691	3468	023	317	322	154
9. Стоимость энергии, <i>руб.</i>	13,00	5,56	8,56	6,96	9,92	5,72	8,76	7,72	18,00	9,60	7,52	4,08



## IV серия - Волновое движение

### Вопросы к карточкам IV серии — Волновое движение

1. Определите длину звуковой волны по левому рисунку карточки.
2. Вычислите частоту излучателя звука.
3. Катушку с какой индуктивностью надо поставить в колебательный контур, содержащий конденсатор электроемкостью в  $0,001 \text{ мкф}$ , чтобы получить излучатель электромагнитных волн с частотой в 1000 раз больше найденной звуковой? (Считать  $\pi^2 = 10$ .)
4. Какой длины электромагнитные волны возникнут в воздухе при этой частоте?
5. На каком расстоянии от двух когерентных излучателей звука получится картина интерференции, соответствующая правому рисунку карточки? (Размеры между источниками звука и между первыми максимумами указаны в миллиметрах. Скорость звука в воздухе считать равной  $330 \text{ м/сек.}$ )

Покажем решение на примере карточки 7

1. Длина волны равна двойному расстоянию между узлами

$$\lambda = 0,03 \text{ м} \cdot 2 = 0,06 \text{ м}.$$

2. Частоту излучателя звука находим по формуле

$$v = \frac{v}{\lambda}, \quad v = \frac{1200 \text{ м/сек}}{0,06 \text{ м}} = 20\,000 \text{ гц} = 20 \text{ кгц}.$$

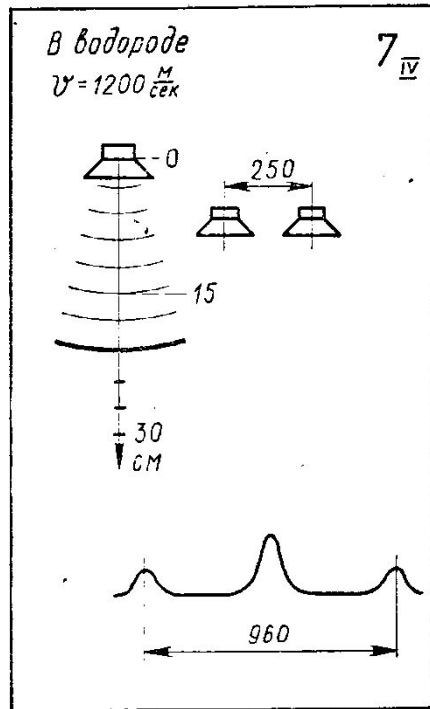


Рис. 7. Образец карточки IV серии (№ 7).

Для той же карточки 7

3. Индуктивность катушки рассчитываем по формуле Томсона:

$$T = 2 \pi \sqrt{LC}, \quad L = \frac{1}{4\pi^2 \nu^2 C},$$

$$L = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 (2 \cdot 10^7 \text{ гц})^2 \cdot 10^{-9} \text{ ф}} = 63 \cdot 10^{-9} \text{ гн} = 0,063 \text{ мкгн}.$$

4. Длина электромагнитной волны будет равна

$$\lambda_{\text{э}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}}{2 \cdot 10^7 \text{ гц}} = 15 \text{ м}.$$

Для той же карточки 7 решение пятого вопроса будет таким:

а) длина волны в среде со скоростью 330 м/сек

$$\lambda = \frac{v}{\nu}, \quad \lambda = \frac{330 \text{ м/сек}}{20\,000 \text{ гц}} = 0,0165 \text{ м} \approx 1,7 \text{ см};$$

б) расстояние от динамиков до картины интерференции

$$D = \frac{hd}{\lambda_1}, \quad D = \frac{0,48 \text{ м} \cdot 0,25 \text{ м}}{0,0165 \text{ м}} \approx 7,3 \text{ м},$$

где  $d$  — расстояние между осями динамиков;  $h$  — расстояние от нулевого до первого максимума;  $\lambda$  — длина звуковой волны;  $D$  — расстояние от динамиков до указанной картины интерференции.

Таблица IV

Вопросы	Ответы на вопросы к карточкам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	а	б
1. Длина волны, м	0,04	0,032	0,05	0,048	0,012	0,028	0,06	0,16	0,09	0,24	0,04	0,02
2. Частота, кГц	8,0	10	6,6	6,7	28	7,5	20	8,8	3,7	5,0	8,0	17
3. Индуктивность, мкГн	0,39	0,25	0,57	0,56	0,033	0,44	0,063	0,33	1,9	1,0	0,38	0,086
4. Длина электромагнитной волны, м	38	30	46	45	11	40	15	34	82	60	38	18
5. Расстояние от излучателей до интерференции, м	3,9	2,4	2,7	3,8	3,0	18	7,3	5,1	23	10	7,9	11

# VI серия - Отражение света

## Вопросы к карточкам VI серии — Отражение света

Перечертите верхний рисунок в тетрадь и постройте изображение предмета в плоском зеркале. Определите:

1. На каком расстоянии от зеркала расположен глаз (масштаб: сторона клетки — 1 см)?

2. Какую часть изображения этого предмета видит глаз?

3. На каком наибольшем расстоянии надо расположить глаз на той же прямой линии, чтобы видеть изображение предмета в зеркале полностью?

4. Постройте изображение того же предмета и в том же зеркале, повернув его в сторону предмета на  $45^\circ$  к перпендикуляру, проведенному через середину зеркала. Какую часть изображения увидит глаз в этом случае?

Перечертите нижний рисунок карточки и постройте изображение предмета (стрелки) в сферическом зеркале.

5. Определите фокусное расстояние этого зеркала.

6. Вычислите, на каком расстоянии от полюса зеркала получится изображение предмета.

7. Каково увеличение в этом случае?

Покажем решение на примере карточки 8

1. Расстояние от глаза до зеркала — 15 см (при масштабе: сторона клетки равна 1 см).

2. Строим изображение предмета в зеркале (рис. 10, а). Проводим луч, который отразится от нижнего края зеркала в глаз. Находим встречу мнимого продолжения этого луча с изображением предмета в зеркале. Верхняя часть изображения будет видна глазу, а нижнюю часть глаз не увидит. Из построения обнаруживаем, что видимая часть составляет  $\frac{2}{3}$  или 0,67 от размера предмета.

3. Чтобы найти место расположения глаза для видимости всего изображения предмета, надо найти точку встречи луча, идущего от нижней части предмета после его отражения от нижнего края зеркала, с линией, на которой находится глаз. По чертежу видно, что эта точка расположена на расстоянии 5 см.

4. Сделав построение для повернутого на  $45^\circ$  зеркала (рис. 10, б), заключаем, что с прежнего места глаз не может увидеть изображение предмета в зеркале.

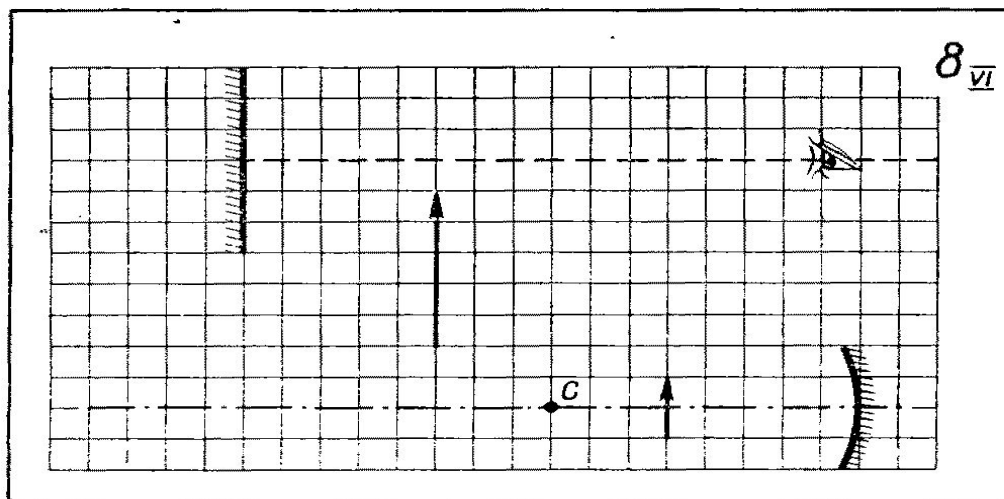


Рис. 9. Образец карточки VI серии (№ 8).

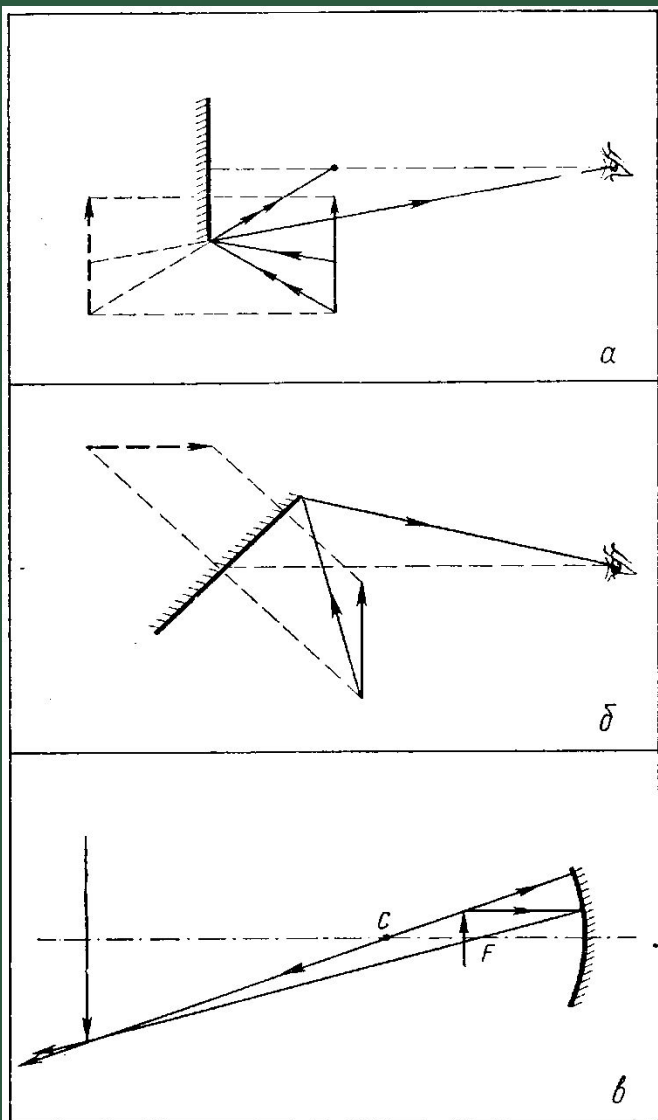


Рис. 10. Чертежи в тетради ученика: а) и б) построение изображений в плоском зеркале; в) построение изображения в сферическом зеркале.

Для той же карточки 8

5. Построение показано на рисунке 10, в.

6. Фокусное расстояние  $F = 8 \text{ см} : 2 = 4 \text{ см}$ .

7. По формуле зеркала вычисляем расстояние от зеркала до изображения

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \quad \frac{1}{4 \text{ см}} = \frac{1}{5 \text{ см}} + \frac{1}{f}, \quad f = 20 \text{ см}.$$

8. Увеличение

$$\Gamma = \frac{f}{d}, \quad \Gamma = \frac{20 \text{ см}}{5 \text{ см}} = 4.$$

Таблица VI

Вопросы	Ответы на вопросы к карточкам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	а	б
1. Расстояние до глаза, см	12	8	9	10	8	9	12	15	9	8	6	12
2. Видимая часть	0,75	0,67	0,67	0,67	0,5	0,87	0,75	0,6	0,5	0,5	0,67	0,6
3. Расстояние до глаза при полной видимости, см	6,0	4,0	4,5	4,0	2,0	6,0	3,0	5,0	4,0	1,0	3,0	4,0
4. Видимая часть при повороте на 45°	0	0	0	0	1	0,2	1	0	1	0,67	1	0
5. Фокусное расстояние, см	4,0	5,0	5,0	8,0	6,0	-6,0	-4,0	4,0	5,0	7,0	6,0	-5,0
6. Расстояние до изображения, см	6,7	7,5	13	-13	9,0	-2,0	-2,0	20	18	-9,3	11	-2,2
7. Увеличение	0,67	0,5	1,67	2,67	0,5	0,67	0,5	4	2,5	2,33	0,75	0,55

# VII серия - Преломление света

## Вопросы к карточкам VII серии — Преломление света

Перечертите верхний левый рисунок в тетрадь.

1. Под каким углом падает луч света на плоскопараллельную пластинку?

2. Каков угол преломления?

Постройте ход луча через плоскопараллельную пластинку.

3. На сколько миллиметров сместится луч при выходе из пластинки? Масштаб: сторона клетки — 10 мм.

4. Каков будет угол преломления, если поменять местами материалы окружающей среды и пластинки? Начертите для этого случая ход луча.



Перечертите рисунок с призмой и постройте ход луча через нее.

5. Каков угол падения луча на грань призмы?

6. Каков угол преломления?

7. Определите величину преломляющего угла призмы.

8. Вычислите угол падения луча на вторую грань.

9. Каков будет угол преломления при выходе луча из призмы?

10. Определите угол полного отклонения луча при прохождении через призму.

11. Чему равно фокусное расстояние линзы (масштаб тот же)?

12. На каком расстоянии находится предмет (стрелка) от середины линзы?

Перечертите чертеж в тетрадь и постройте изображение предмета в линзе.

13. Вычислите по формуле линзы место положения изображения предмета в линзе и дайте характеристику этого изображения.

14. Какое увеличение дает в этом случае линза?

15. Вычислите радиус кривизны симметричной линзы при данном фокусном расстоянии, если она сделана из того же материала, что и призма.

16. Постройте изображение и дайте его характеристику в том случае, если поменять местами материалы окружающей среды и линзы.

17. Какое увеличение получится в этом случае?

## Покажем решение на примере карточки 5

Прежде чем отвечать на вопросы, учащиеся должны перерисовать в тетрадь соответствующий рисунок карточки.

1. Угол падения находим по тангенсу (луч проходит по диагонали двух клеток):

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,5; \text{ по таблице тангенсов } \alpha = 26^{\circ}36' \approx 27^{\circ}.$$

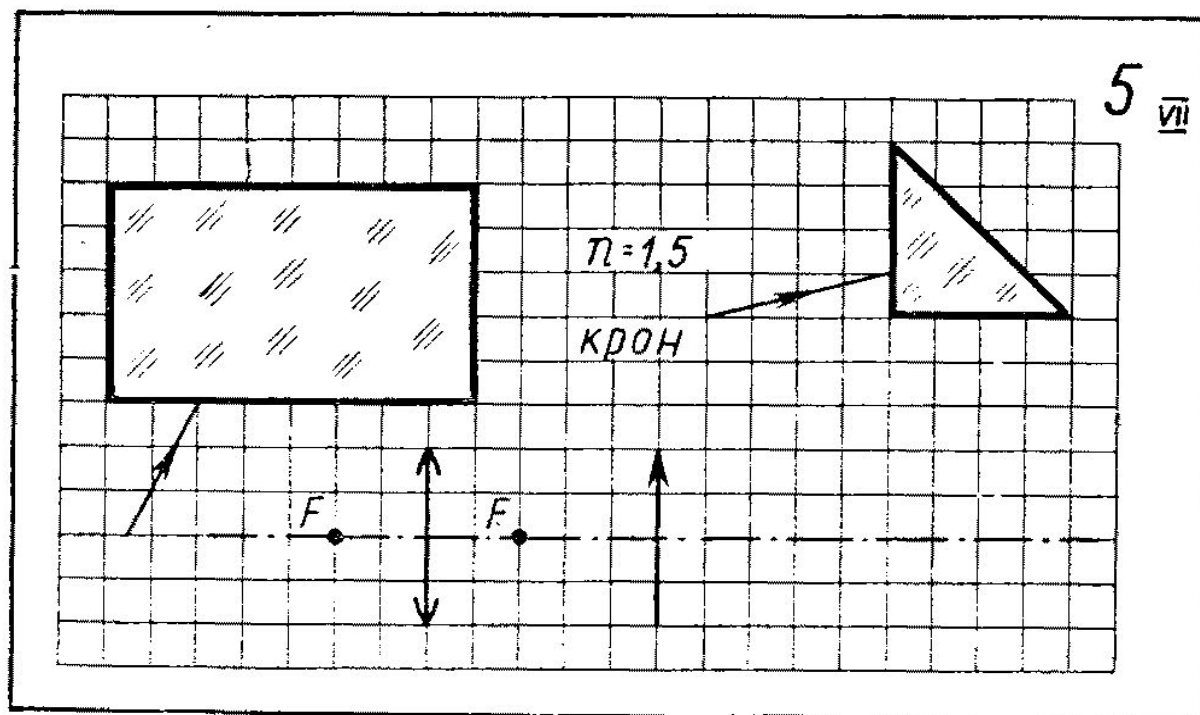


Рис. 11. Образец карточки VII серии (№ 5).

2. Угол преломления вычисляем из отношения

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n,$$

$$\sin \beta = \frac{\sin 26^{\circ}36'}{1,5} = \frac{0,4478}{1,5} = 0,300, \beta = 17^{\circ}34' \approx 18^{\circ}.$$

3. Из чертежа (рис. 12, а) видно, что смещение  $x$  луча при толщине пластинки  $d = 50$  мм равно:

$$x = \frac{d \sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}, \quad x = \frac{50 \text{ мм} \cdot \sin(26^{\circ}36' - 17^{\circ}34')}{\cos 17^{\circ}54'} =$$

$$= \frac{50 \text{ мм} \cdot 0,1564}{0,9516} = 8,2 \text{ мм}.$$

4. Если стекло станет средой, а пластинка воздушной полостью в нем, то

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n},$$

$$\sin \beta = n \sin \alpha,$$

$$\sin \beta = 1,5 \cdot \sin 26^{\circ}36' = 1,5 \cdot 0,4478 = 0,6717, \beta = 42^{\circ}12'.$$

Ход луча для этого случая показан на рисунке 12, б.

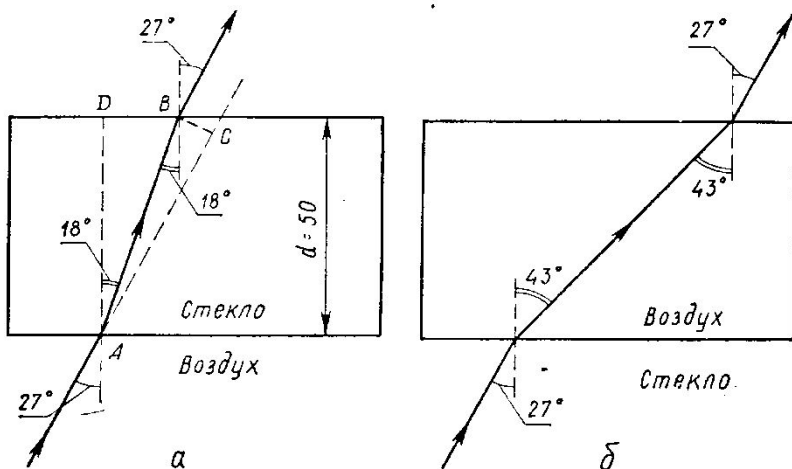


Рис. 12. Чертежи в тетради ученика: а) луч идет из воздуха через стекло в воздух; б) луч идет из стекла через воздух снова в стекло.

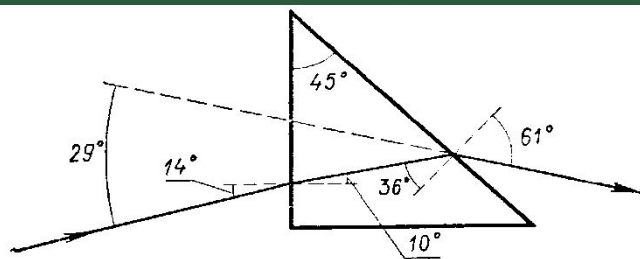


Рис. 13. Чертеж в тетради ученика. Построение хода луча через призму.

Решение для призмы (рис. 13)

5. Угол падения  $\alpha = 14^{\circ}$ , так как  $\operatorname{tg} \alpha = 0,25$ .

6. Угол преломления вычисляем из соотношения

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta},$$

$$\sin \beta = \frac{\sin 14^{\circ}}{1,5} = \frac{0,2419}{1,5} = 0,161, \beta = 9^{\circ}18'.$$

7. Преломляющий угол призмы  $A = 45^{\circ}$ .

8. Угол падения на вторую грань

$$\alpha_1 = A - \beta, \alpha_1 = 45^{\circ} - 9^{\circ}18' = 35^{\circ}42' \approx 36^{\circ}.$$

9. Угол преломления при выходе из призмы

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = \frac{1}{n}, \sin \beta_1 = 1,5 \cdot \sin 35^{\circ}42' = 1,5 \cdot 0,5835 = 0,876,$$

$$\beta_1 = 61^{\circ}12' \approx 61^{\circ}.$$

10. Угол полного отклонения луча

$$\sigma = (\alpha - \beta) + (\beta_1 - \alpha_1) = (14^{\circ} - 9^{\circ}18') + (61^{\circ}12' - 35^{\circ}42') \approx 30^{\circ}.$$

Решение для линзы

Построение изображения предмета в линзе дано на рисунке 14, а.

11. Фокусное расстояние  $F = 2$  см.

12. Расстояние предмета от линзы  $d = 5$  см.

13. Расстояние до изображения находим по формуле линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f},$$

$$f = \frac{Fd}{d - F}, \quad f = \frac{2 \text{ см} \cdot 5 \text{ см}}{5 \text{ см} - 2 \text{ см}} = 3,33 \text{ см} \approx 3,3 \text{ см}.$$

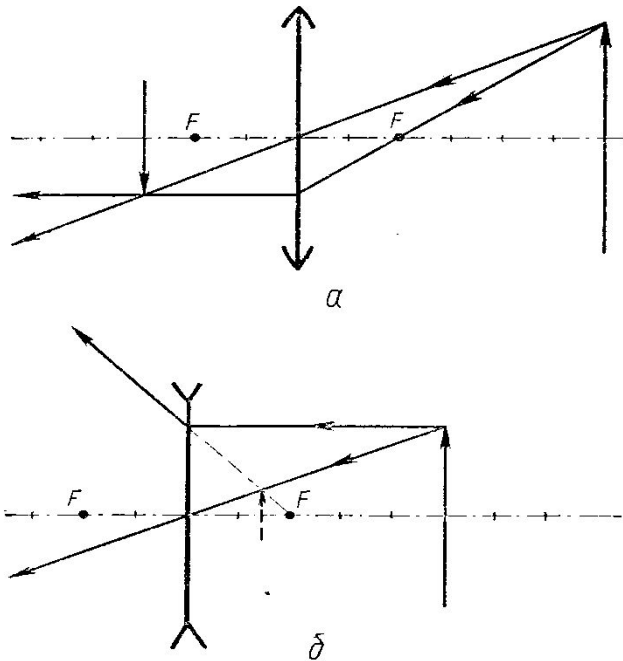


Рис. 14. Чертеж в тетради ученика: а) стеклянная линза в воздухе; б) воздушная линза в стекле.

14. Увеличение

$$\Gamma = \frac{f}{d},$$

$$\Gamma = \frac{3,33 \text{ см}}{5 \text{ см}} = 0,67.$$

15. Радиус кривизны симметричной ( $R_1 = R_2$ ) линзы вычисляем по формуле

$$\frac{1}{F} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

где  $R_2 = R_1 = R$ , тогда  $R = (n - 1)2F$ ,

$$R = (1,5 - 1) \cdot 2 \cdot 2 \text{ см} = 2 \text{ см}.$$

16. В случае воздушной линзы внутри стекла при том же фокусном расстоянии и положении предмета построение показано на рисунке 14, б.

Вычисляем расстояние от линзы до изображения

$$f = \frac{(-2 \text{ см}) \cdot 5 \text{ см}}{5 \text{ см} - (-2 \text{ см})} = -1,43 \text{ см} \approx -1,4 \text{ см}.$$

17. Увеличение

$$\Gamma = \frac{f}{d}, \quad \Gamma = \frac{1,4 \text{ см}}{5 \text{ см}} = 0,28.$$

Таблица VII

Вопросы	Ответы на вопросы к карточкам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	а	б
<b>Плоскопараллельная пластинка</b>												
1. Угол падения, °	34	45	53	34	27	45	27	45	76	63	64	64
2. Угол преломления, °	22	23	26	18	18	23	20	30	33	36	37	30
3. Смещение луча, мм	6,7	8,5	20	8,6	8,0	12	7,8	12	33	17	11	19
4. Угол преломления при перемене материала, °	56	—	—	—	42	—	37	82	—	—	—	—
<b>Треугольная призма</b>												
5. Угол падения, °	53	45	22	22	14	45	30	18	31	45	68	64
6. Угол преломления, °	32	23	12	12	9	23	22	13	17	28	38	30
7. Преломляющий угол, °	53	45	44	44	45	39	37	18	70	82	68	37
8. Угол падения на вторую грань, °	21	22	32	32	36	16	15	5	53	54	30	7
9. Угол преломления при выходе из призмы, °	32	42	71	71	61	24	20	7	—3	1	49	13
10. Угол полного отклонения луча, °	34	42	49	49	30	30	13	7	87	89	47	39
<b>Линза</b>												
11. Фокусное расстояние, см	5,0	5,0	3,0	6,0	2,0	3,0	4,0	6,0	—5,0	—6,0	3,0	—6,0
12. Расстояние от предмета до линзы, см	7,0	13	4,0	5,0	5,0	11	14	3,0	8,0	8,0	11	5,0
13. Расстояние до изображения, см	18	8,1	12	—30	3,3	4,1	5,6	—6,0	—3,1	—3,4	4,1	—2,7
14. Увеличение	2,5	0,62	3	6	0,67	0,38	0,4	2	0,39	0,43	0,37	0,54
15. Радиус кривизны, см	5,0	8,0	4,8	9,6	2,0	4,8	2,7	4,8	—8	—6,0	3,0	9,6
16. Расстояние до изображения при воздушной линзе, см	—2,9	—3,6	—1,7	—2,7	—1,4	—2,4	—3,1	—2,0	13	24	—2,4	—30
17. Увеличение от этой линзы	0,41	0,28	0,43	0,54	0,28	0,22	0,22	0,67	1,6	3	0,22	6

# VIII серия - Интерференция и дифракция света

## Вопросы к карточкам VIII серии — Интерференция и дифракция света

1. Цена деления линейки.
2. На каком расстоянии от нулевого максимума находится первый максимум?
3. Вычислите длину световой волны в воздухе.
4. Определите порядковый номер последнего кольца.
5. Каков радиус этого кольца?
6. Какого радиуса кривизны взята стеклянная ( $n = 1,5$ ) плоско-выпуклая линза, дающая приведенную на рисунке картину интерференции при рассматривании в микроскоп?
7. Вычислите оптическую силу этой линзы.
8. На каком расстоянии и какое изображение даст эта линза, если перед ней поместить предмет на расстоянии  $3\text{ м}$ ?
9. Какое при этом получается увеличение?

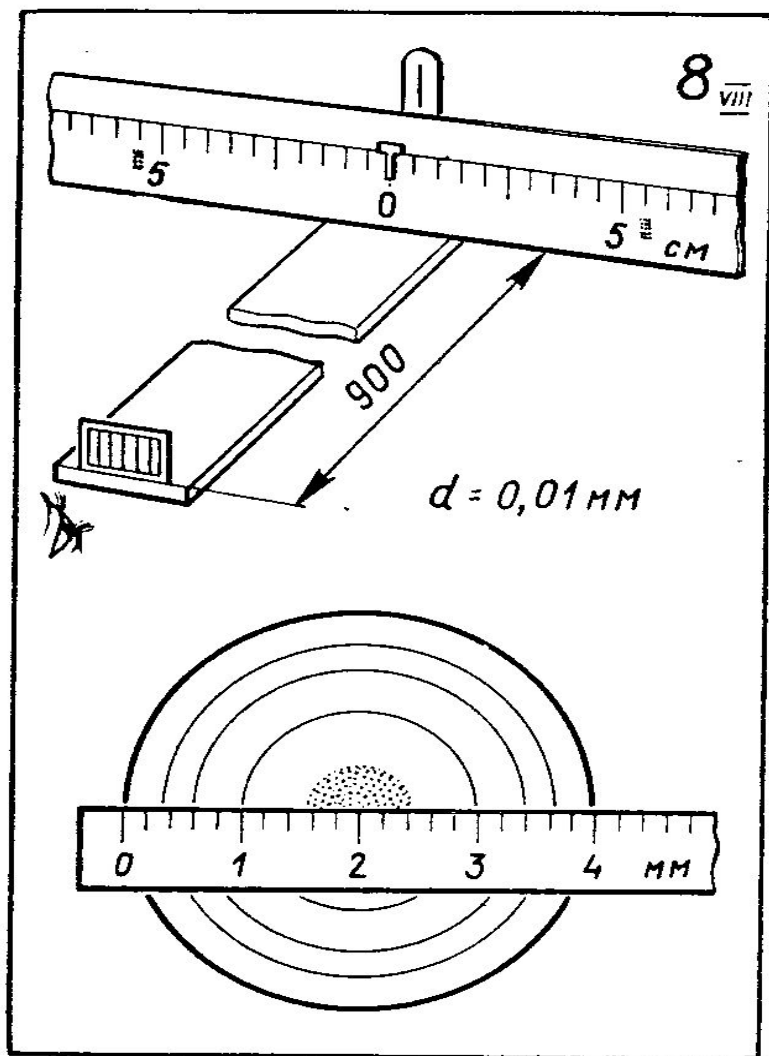


Рис. 15. Образец карточки VIII серии (№ 8).

Для ответа на вопросы по нижнему рисунку учащимся следует дать без вывода формулу, определяющую длину волны по радиусам колец и радиусу кривизны линзы

$$\lambda = \frac{r^2}{nR},$$

где  $r$  — радиус темного кольца;  $n$  — номер кольца;  $R$  — радиус кривизны линзы.

Покажем решение на примере карточки 8

1. Цена деления линейки — 5 мм.
2. Расстояние от 0-го до 1-го максимума — 55 мм.
3. Длину волны в воздухе определяем из формулы

$$d \sin \varphi = k\lambda,$$

для первого максимума

$$\lambda = d \sin \varphi.$$

Вследствие малости угла  $\varphi$  синус можно заменить тангенсом. Его определим по отношению расстояния от нулевого до первого максимума к рас-

стоянию от решетки до экрана, на котором глаз видит через решетку этот максимум. Тогда длина волны наблюдаемого монохроматического света:

$$\lambda = \frac{10^{-5} \text{ м} \cdot 55 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{9 \cdot 10^{-1} \text{ м}} = 6,11 \cdot 10^{-7} \text{ м} \approx 610 \text{ нм (нанометров)}.$$

4. Номер темного кольца, видимого в микроскоп — 4.
5. Радиус этого темного кольца — 2,0 мм.
6. Вычисляем радиус кривизны линзы из формулы

$$\lambda = \frac{r^2}{nR}, \quad R = \frac{r^2}{n\lambda}, \quad R = \frac{(2 \cdot 10^{-3} \text{ м})^2}{4 \cdot 6,11 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 1,64 \text{ м} \approx 1,6 \text{ м}.$$

7. Оптическую силу линзы определяем из формулы, связывающей ее фокусное расстояние с радиусами кривизны и показателем преломления стекла, который будем считать равным 1,5.

Для плоско-выпуклой линзы второй радиус кривизны равен бесконечности, поэтому

$$\frac{1}{F} = (n - 1) \frac{1}{R},$$

$$\frac{1}{F} = (1,5 - 1) \frac{1}{1,6 \text{ м}} \approx 0,31 \text{ дптр (диоптрии)}.$$

8. Расстояние от линзы до изображения предмета находим по формуле линзы, имея в виду, что  $F = 2R$ :

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f},$$

$$f = \frac{Fd}{d - F}, \quad f = \frac{3,28 \text{ м} \cdot 3 \text{ м}}{3 \text{ м} - 3,28 \text{ м}} = -35 \text{ м}.$$

9. Увеличение

$$\Gamma = \frac{f}{d}, \quad \Gamma = \frac{35 \text{ м}}{3 \text{ м}} \approx 12.$$



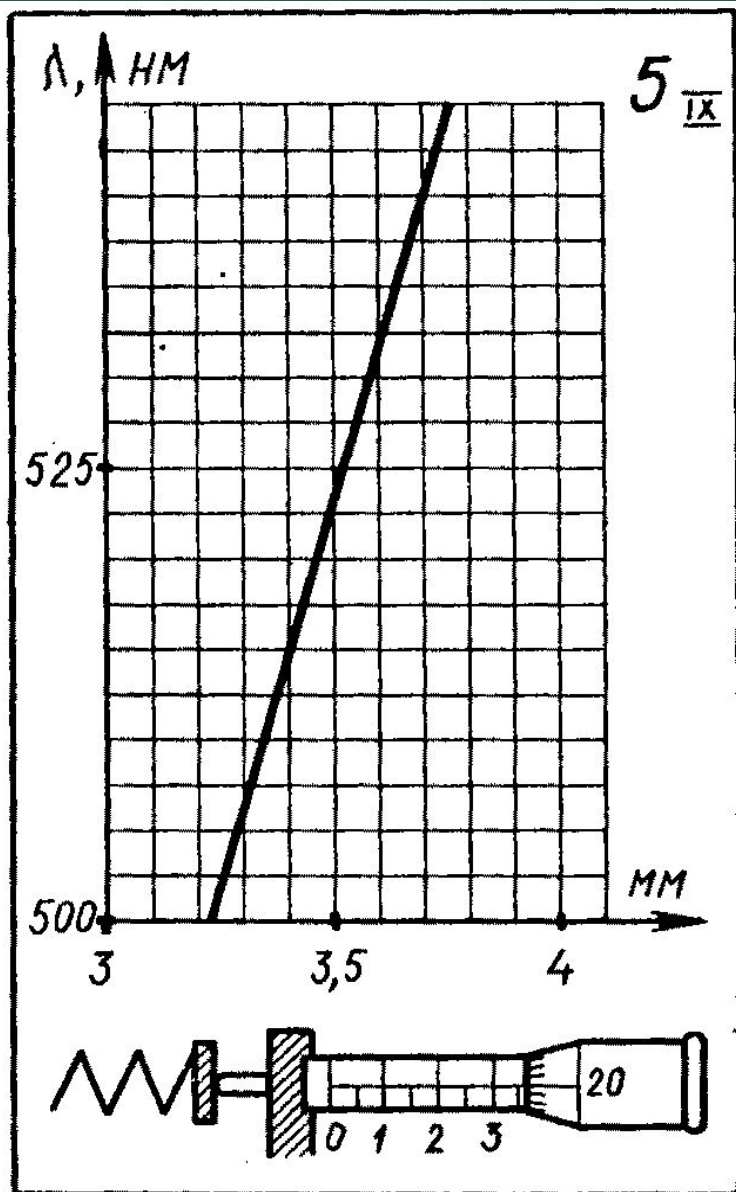
Таблица VIII

Вопросы	Ответы на вопросы к карточкам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	а	б
1. Цена деления, <i>мм</i>	2	2	20	20	10	10	10	5	5	8	10	20
2. Расстояние от 0 до 1-го максимума, <i>мм</i>	12	8	60	80	40	60	90	55	60	96	70	90
3. Длина волны света, <i>нм</i>	480	400	600	670	670	430	400	610	560	480	540	620
4. Номер кольца	3	4	4	3	5	3	5	4	9	6	3	5
5. Радиус кольца, <i>мм</i>	2,2	2,0	2,6	1,6	2,2	1,6	2,0	2,0	2,4	2,2	1,8	2,2
6. Радиус кривизны линзы, <i>м</i>	3,4	2,5	2,8	1,3	1,4	2,0	2,0	1,6	1,1	1,7	2,0	1,6
7. Оптическая сила, <i>дптр</i>	0,15	0,2	0,18	0,39	0,35	0,25	0,25	0,30	0,44	0,30	0,25	0,32
8. Расстояние до изображения, <i>м</i>	-5,4	-7,5	-6,5	17	61	-12	-12	-35	9,5	-28	-12	-93
9. Увеличение	1,8	2,5	2,2	6	20	4	4	12	3,2	9,3	4	31

# IX серия - Спектроскоп

## Вопросы к карточкам IX серии — Спектроскоп

1. Определите показания микрометра.
2. Определите по графику на карточке длину волны света в воздухе, дающую спектральную линию вдоль нити зрительной трубы спектроскопа.
3. Вычислите частоту света, соответствующую найденной длине волны в воздухе.
4. Какой энергией обладает фотон с этой частотой?
5. Какова масса этого фотона?
6. Вычислите импульс фотона при данной частоте.
7. Выразите энергию фотона в электрон-вольтах.
8. Какой энергией будут обладать электроны, выбитые из металла, если работа выхода равна  $1,4 \text{ эВ}$ ?
9. Какую скорость приобретут эти электроны?
10. Общая мощность всех фотонов, попадающих на металл, равна  $0,33 \text{ мВт}$ . Сколько электронов в  $1 \text{ сек}$  выбивается из этого металла, если квантовый фотоэффект составляет только  $1\%$ ?
11. Какой ток насыщения может быть при этом эффекте?



Для той же карточки 5

4. Энергию фотона при этой частоте находим по формуле

$$E = h\nu, \text{ где } h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{сек},$$

$$E = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{сек} \cdot 5,56 \cdot 10^{14} \text{ гц} =$$

$$= 36,8 \cdot 10^{-20} \text{ Дж} \approx 37 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}.$$

5. Массу фотона определяем из соотношения

$$E = mc^2,$$

$$m = \frac{E}{c^2}, \quad m = \frac{36,8 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}}{(3 \cdot 10^8 \text{ м/сек})^2} =$$

$$= 4,09 \cdot 10^{-36} \text{ кг} \approx 4,1 \cdot 10^{-36} \text{ кг}.$$

6. Импульс вычисляем по формуле

$$p = mc,$$

$$p = 4,09 \cdot 10^{-36} \text{ кг} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек} =$$

$$= 12,3 \cdot 10^{-28} \text{ кг} \cdot \text{м/сек} \approx$$

$$\approx 12 \cdot 10^{-28} \text{ кг} \cdot \text{м/сек}.$$

7. Выразим энергию фотона в электрон-вольтах:

$$E_{\phi} = \frac{36,8 \cdot 10^{-20} \text{ дж}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ дж/эв}} = 2,34 \text{ эв} \approx 2,3 \text{ эв.}$$

8. При работе выхода 1,4 эв энергия электрона, выбитого из металла фотоном, равна

$$E_{\varepsilon} = 2,3 \text{ эв} - 1,4 \text{ эв} = 0,9 \text{ эв.}$$

9. Скорость фотоэлектрона рассчитаем по формуле

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}}, \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,9 \text{ эв} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ дж/эв}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} \approx 0,56 \cdot 10^8 \text{ м/сек.}$$

10. Если мощность потока фотоэлектронов 0,33 мвт, а квантовый эффект составляет 1%, то число выбитых фотонами электронов в секунду будет равно:

$$n = \frac{33 \cdot 10^{-5} \text{ вт} \cdot 10^{-2}}{0,9 \text{ эв} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ дж/эв}} \approx 23 \cdot 10^{12} \text{ электронов в секунду.}$$

11. Пересчитав заряд электрона в кулоны, получим ток насыщения

$$I_{\text{н}} = 23 \cdot 10^{12} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ к/сек} = 36,8 \cdot 10^{-7} \text{ а} \approx 3,7 \text{ мка.}$$

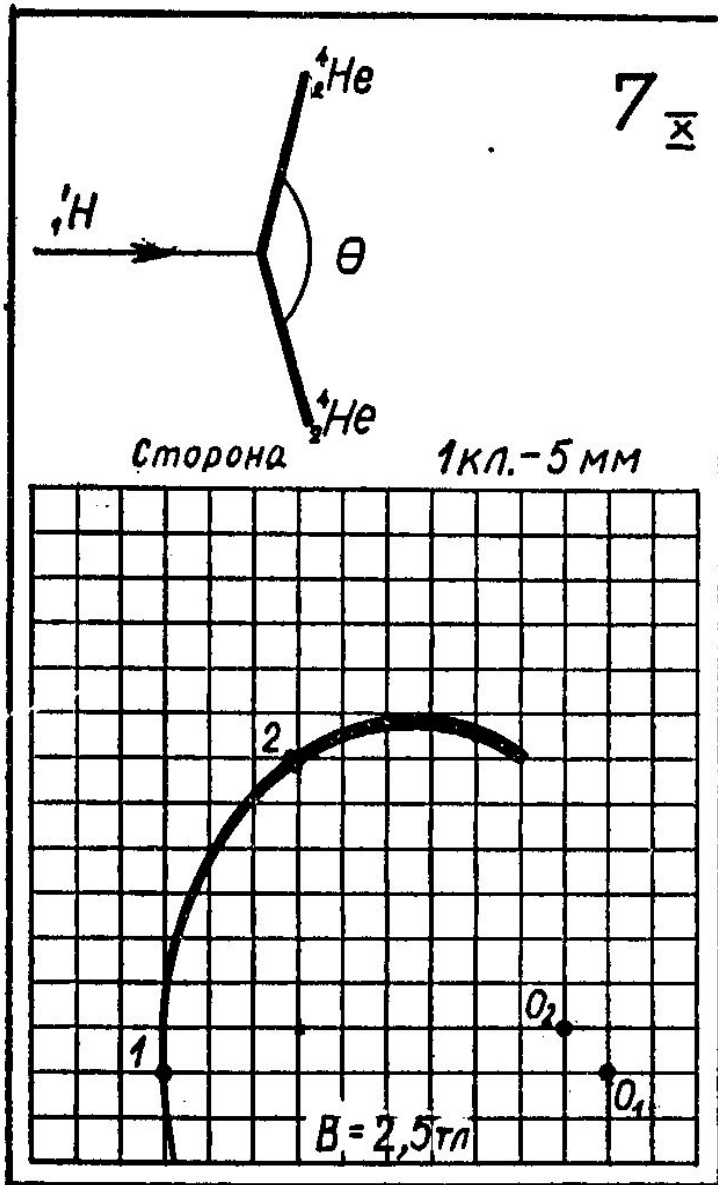
Таблица IX

Вопросы	Ответы на вопросы к карточкам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	а	б
1. Показания микрометра, <i>мм</i>	3,0	4,9	1,9	4,4	3,7	5,14	4,3	2,5	2,88	4,18	3,5	2,66
2. Длина волны, <i>нм</i>	480	690	413	613	540	730	590	448	471	588	520	452
3. Частота, $10^{14}$ <i>гц</i>	6,25	4,35	7,26	4,89	5,56	4,11	5,08	6,70	6,37	5,10	5,78	6,63
4. Энергия фотона, $10^{-20}$ <i>дж</i>	41	29	48	32	37	27	34	44	42	34	38	43
5. Масса фотона, $10^{-36}$ <i>кг</i>	4,6	3,2	5,3	3,6	4,1	3,0	3,7	4,9	4,6	3,7	4,3	4,8
6. Импульс фотона, $10^{-28}$ <i>кг·м/сек</i>	14	9,6	16	11	12	9,1	11	15	14	11	13	14
7. Энергия фотона, <i>эв</i>	2,6	1,8	3,0	2,0	2,3	1,7	2,1	2,8	2,6	2,1	2,4	2,7
8. Энергия фотоэлектронов, <i>эв</i>	1,2	0,4	1,6	0,63	0,9	0,3	0,7	1,4	1,2	0,7	1,0	1,3
9. Скорость фотоэлектронов, $10^8$ <i>м/сек</i>	0,64	0,37	0,75	0,47	0,56	0,32	0,50	0,70	0,65	0,50	0,59	0,68
10. Число фотоэлектронов в 1 <i>сек</i> , $10^{12}$	17	52	13	33	23	69	29	15	17	29	21	16
11. Сила тока насыщения, <i>мка</i>	2,8	8,2	2,1	5,3	3,7	11	4,6	2,4	2,7	4,7	3,3	2,6

# Х серия - Треки в камере Вильсона

## Вопросы к карточкам Х серии — Треки в камере Вильсона

1. Определите, используя клетчатую сетку, из центра  $O_1$  радиус кривизны траектории протона в точке 1.
2. Определите из центра  $O_2$  радиус кривизны траектории протона в точке 2.
3. Какую скорость имеет протон в точке 1?
4. Какую скорость имеет протон в точке 2? (Величина магнитной индукции указана в карточке, а вектор направлен перпендикулярно плоскости, в которой лежит траектория движения протонов.)  
Объясните причину изменения скорости протона.
5. Вычислите импульс протона в точке 1.
6. Вычислите импульс протона в точке 2.
7. Какой кинетической энергией обладает протон в точке 1?
8. Какой кинетической энергией обладает протон в точке 2?
9. Рассчитайте кинетическую энергию каждой альфа-частицы после реакции взаимодействия протона с атомом лития.
10. Каков модуль импульса каждой альфа-частицы после реакции?
11. Вычислите угол, под которым разлетаются альфа-частицы.



Покажем решение на примере карточки 7

1. Радиус кривизны траектории в точке 1  $r_1 = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$ .
2. Радиус кривизны траектории протона в точке 2:

$$r_2 = \sqrt{(3 \text{ см})^2 + (3 \text{ см})^2} \approx 4,24 \text{ см} \approx 4,2 \text{ см}$$

Скорости протонов вычисляем по формуле силы Лоренца

$$F = evB, F = \frac{mv^2}{r},$$

тогда  $v = \frac{reB}{m}$ .

3. Скорость протона в точке 1 (массу протона округляем до 1 а. е. м.):

$$v_1 = \frac{5 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 2,5 \text{ Тл} \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}{1 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}} = 1,2 \cdot 10^7 \text{ м/сек.}$$

4. Скорость протона в точке 2:

$$v_2 = \frac{4,24 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 2,5 \text{ Тл} \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}{1 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}} = 1,02 \cdot 10^7 \text{ м/сек} \approx 1,0 \cdot 10^7 \text{ м/сек.}$$

Модули импульсов протонов определяем по формуле

$$|\vec{p}| = m|\vec{v}|.$$

$$5. p_1 = 1 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 1,2 \cdot 10^7 \text{ м/сек} = 1,99 \cdot 10^{-20} \text{ кг} \cdot \text{м/сек} \approx 2,0 \cdot 10^{-20} \text{ кг} \cdot \text{м/сек.}$$

$$6. p_2 = 1 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 1,02 \cdot 10^7 \text{ м/сек} = 1,69 \cdot 10^{-20} \text{ кг} \cdot \text{м/сек} \approx 1,7 \times 10^{-20} \text{ кг} \cdot \text{м/сек.}$$

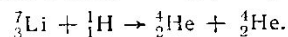
Кинетическую энергию протона определяем из формулы

$$E = \frac{mv^2}{2}.$$

$$7. E_1 = \frac{1 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} (1,2 \cdot 10^7 \text{ м/сек})^2}{2} = 1,19 \cdot 10^{-13} \text{ Дж} \approx 0,74 \text{ Мэв.}$$

$$8. E_2 = \frac{1 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} (1,02 \cdot 10^7 \text{ м/сек})^2}{2} = 0,862 \cdot 10^{-13} \text{ Дж} \approx 0,54 \text{ Мэв.}$$

9. Кинетическую энергию, получаемую каждой альфа-частицей, можно рассчитать по убыли массы в результате ядерной реакции:



В углеродных единицах масса покоя атома лития 7,0160 а. е. м., масса покоя протона 1,0073 а. е. м., масса альфа-частицы 4,0026 а. е. м.

Убыль массы после реакции  $8,0233 - 8,0052 = 0,0181 \text{ а. е. м.}$   
Энергия покоя, соответствующая 1 а. е. м., равна 940 Мэв:

$$E_{2\alpha} = 0,0181 \cdot 940 \text{ Мэв} \approx 17,0 \text{ Мэв.}$$

На основании закона сохранения энергии кинетическая энергия каждой альфа-частицы после реакции составит:

$$E = \frac{E_{2\alpha} + E_2}{2}.$$

$$E_{\alpha} = \frac{17 \text{ Мэв} + 0,5 \text{ Мэв}}{2} = 8,77 \text{ Мэв} \approx 8,8 \text{ Мэв.}$$

10. Модуль импульса каждой альфа-частицы вычислим по формуле:

$$|\vec{p}_\alpha| = \sqrt{2mE_\alpha},$$

$$p_\alpha = \sqrt{2 \cdot 4 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 8,77 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}} = 13,3 \cdot 10^{-20} \text{ кг} \cdot \text{м/сек} \approx \\ \approx 14 \cdot 10^{-20} \text{ кг} \cdot \text{м/сек}.$$

11. Угол  $\frac{\theta}{2}$  между направлениями альфа-частиц находим на основании закона сохранения импульсов

$$p_\alpha^2 = p_\alpha^2 + p_2^2 - 2p_\alpha p_2 \cos \frac{\theta}{2}$$

(сторона, лежащая против острого угла треугольника).

$$\cos \frac{\theta}{2} = \frac{p_2}{2p_\alpha} = \frac{1,7 \cdot 10^{-20} \text{ кг} \cdot \text{м/сек}}{2 \cdot 13,3 \cdot 10^{-20} \text{ кг} \cdot \text{м/сек}} = 0,0624,$$

$$\theta = 173^\circ \approx 170^\circ.$$



Таблица X

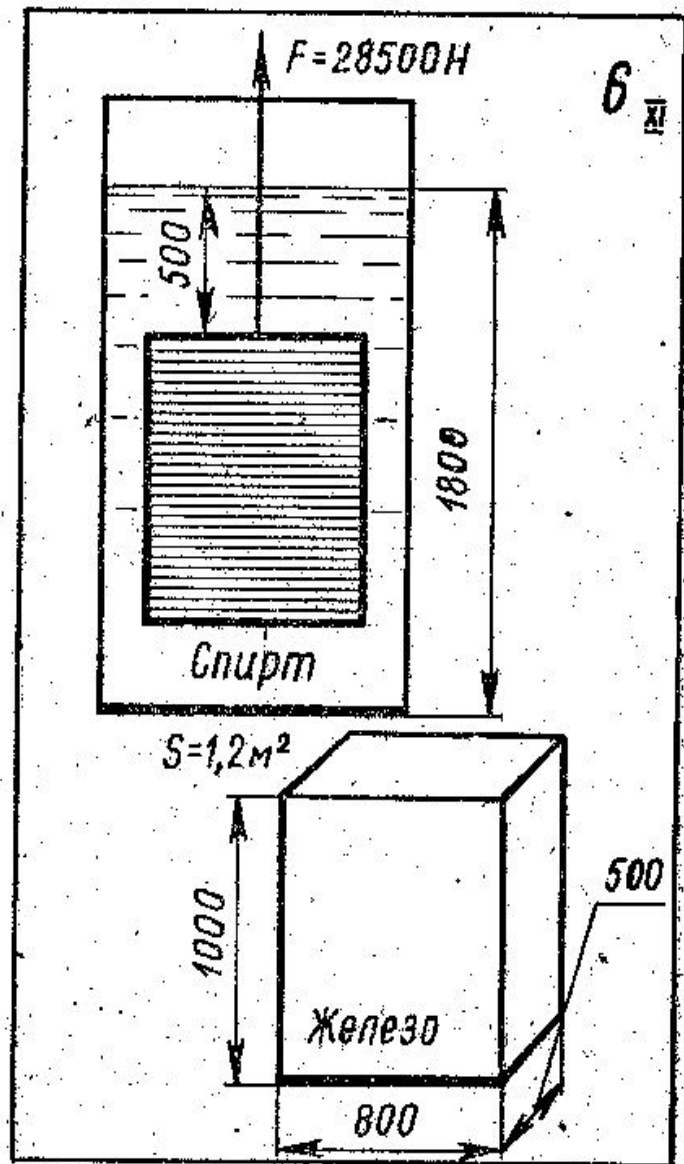
Вопросы	Ответы на вопросы к карточкам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	а	б
1. Радиус в точке 1, см	6,0	6,5	6,0	8,0	6,5	4,0	5,0	7,0	6,5	6,0	6,0	5,0
2. Радиус в точке 2, см	5,0	5,0	4,6	6,7	4,3	3,4	4,2	5,4	5,3	4,5	5,0	3,9
3. Скорость в точке 1, $10^7$ м/сек	1,7	1,6	2,3	1,9	2,2	1,9	1,2	2,7	1,8	1,9	1,2	1,9
4. Скорость в точке 2, $10^7$ м/сек	1,5	1,2	1,8	1,6	1,5	1,6	1,0	2,1	1,4	1,4	0,96	1,5
5. Импульс протона в точке 1, $10^{-20}$ кг·м/сек	2,9	2,6	3,8	3,2	3,6	3,2	2,0	4,5	2,9	3,1	1,9	3,2
6. Импульс протона в точке 2, $10^{-20}$ кг·м/сек	2,4	2,0	2,9	2,7	2,4	2,7	1,7	3,5	2,4	2,3	1,6	2,5
7. Кинетическая энергия протона в точке 1, Мэв	1,6	1,3	2,8	1,9	2,5	1,9	0,74	3,8	1,6	1,8	0,70	1,9
8. Кинетическая энергия протона в точке 2, Мэв	1,0	0,74	1,6	1,4	1,1	1,3	0,54	2,2	1,1	0,99	0,48	1,2
9. Кинетическая энергия каждой альфа-частицы, Мэв	9,0	8,9	9,3	9,2	9,1	9,2	8,8	9,6	9,0	9,0	8,7	9,1
10. Импульс каждой альфа-частицы для всех карточек приблизительно равен $14 \cdot 10^{-20}$ кг·м/сек.												
11. Угол между направлениями разлетающихся альфа-частиц для всех карточек приблизительно равен $170^\circ$ .												

# XI серия - Давление в жидкости

## Вопросы к карточкам XI серии — Давление в жидкости

1. Какое давление оказывает жидкость на дно сосуда?
2. Определите силу давления на дно сосуда.
3. Какое давление оказывает жидкость на поверхность тела снизу?

4. Какая сила давления действует на тело снизу?
5. Определите давление на поверхность тела сверху.
6. С какой силой давит жидкость на тело сверху?
7. Вычислите объем тела по его размерам.
8. Какую массу имеет это тело?
9. Каков вес тела в состоянии покоя (ускорение силы тяжести округлить до  $10 \text{ м/сек}^2$ )?
10. Вычислите архимедову силу.
11. Вычислите модуль равнодействующей силы: а) в самом начале подъема; б) в конце подъема (сила тяги  $F$  указана в карточке). Как будет меняться равнодействующая, если силу тяги во время движения сохранять постоянной?
12. С каким ускорением начнет двигаться тело, если его не удерживать? Как примерно будут меняться ускорение и скорость тела во время подъема, если сила сопротивления жидкости изменяется пропорционально скорости. Рассмотрите два случая: а) часть пути внутри жидкости тело проходит равномерно; б) нет таких участков.
13. Вычислите перемещение при подъеме тела.
14. Какое дополнительное натяжение надо создать пружиной динамометра, чтобы удерживать тело, наполовину погруженное в жидкость.
15. На сколько миллиметров удлинится пружина при этом, если коэффициент жесткости равен  $20\,000 \text{ н/м}$ ?
16. Каков будет период колебания тела на этой пружине, если его совсем вынуть из жидкости? (Массой пружины пренебречь. Считать  $\pi^2 = 10$ .)
17. Покажите на схематическом рисунке, как будет плавать тело той же формы и размеров, изготовленное из древесины с плотностью  $500 \text{ кг/м}^3$ . Ответ свой проверьте на опыте, уменьшив линейные размеры тела в 10 раз.



Для упрощения расчетов принимать  $g \approx 10 \text{ м/сек}^2$ ,  $\pi^2 \approx 10$ .  
 Ответы в таблице даны при следующих значениях плотностей:

Вещество	Плотность $\rho$ , $\text{кг/м}^3$	Вещество	Плотность $\rho$ , $\text{кг/м}^3$
Медь	8900	Вода	1000
Латунь	8500	Бензин	700
Железо	7800	Керосин	800
Цинк	7100	Нефть	800
Алюминий	2700	Спирт	800
Мрамор	2700		
Стекло	2500		
Гранит	2500		

Покажем решение на примере карточки 6

1. Давление на дно  $p = \rho gh$ ,

$$p_d = 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 1,8 \text{ м} \approx 14400 \text{ н/м}^2 \approx 14 \text{ кн/м}^2.$$

2. Сила давления на дно  $F = pS$ ,

$$F_d = 14400 \text{ н/м}^2 \cdot 1,2 \text{ м}^2 = 17280 \text{ н} \approx 17 \text{ кн}$$

3. Давление на нижнюю поверхность тела

$$p_n = 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 1,5 \text{ м} \approx 12000 \text{ н/м}^2 \approx 12 \text{ кн/м}^2.$$

4. Сила давления на нижнюю поверхность

$$F_n = 12000 \text{ н/м}^2 \cdot 0,4 \text{ м}^2 = 4,8 \text{ кн}.$$

5. Давление на верхнюю поверхность тела

$$p_v = 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 0,5 \text{ м} \approx 4000 \text{ н/м}^2 \approx 4 \text{ кн/м}^2.$$

6. Сила давления на верхнюю поверхность

$$F_v = 4000 \text{ н/м}^2 \cdot 0,4 \text{ м}^2 = 1600 \text{ н} = 1,6 \text{ кн}.$$

7. Объем тела  $V = hbc$ ,

$$V = 1 \text{ м} \cdot 0,8 \text{ м} \cdot 0,5 \text{ м} = 0,4 \text{ м}^3.$$

8. Масса тела  $m = \rho V$ ,

$$m = 7800 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,4 \text{ м}^3 = 3120 \text{ кг} \approx 3100 \text{ кг}.$$

9. Вес тела  $P = mg$ ,

$$P = 9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 3120 \text{ кг} \approx 31\,200 \text{ н} \approx 31 \text{ кн}.$$

10. Архимедова сила  $F_{\text{арх}} = \rho_{\text{ж}} gV$ ,

$$F_{\text{арх}} = 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 0,4 \text{ м}^3 = 3200 \text{ н} \approx 3,2 \text{ кн}.$$

11. Модуль равнодействующей:

а) в начале подъема  $R = F + F_{\text{арх}} - P$ ,

$$R = 28\,500 \text{ н} + 3200 \text{ н} - 31\,200 \text{ н} = 500 \text{ н};$$

б) в конце подъема  $R = 0$ .

12. Модуль ускорения в начале подъема

$$a = \frac{R}{m}, \quad a = \frac{500 \text{ н}}{3120 \text{ кг}} \approx 0,16 \text{ м/сек}^2.$$

13. Перемещение тела при этом подъеме вычисляем так: для равновесия тела надо, чтобы архимедова сила уменьшилась на 500 н, а это произойдет тогда, когда верхняя часть бруска поднимется над жидкостью на высоту  $\Delta h$ .

$$\Delta h = \frac{F_{\text{арх}}}{\rho_{\text{ж}} g b c}$$

$$\Delta h = \frac{500 \text{ н}}{800 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 0,8 \text{ м} \cdot 0,5 \text{ м}} \approx 0,157 \text{ м} \approx 160 \text{ мм}.$$

Полное перемещение бруска будет равно

$$s = H + \Delta h, \quad s = 500 \text{ мм} + 157 \text{ мм} = 657 \text{ мм} \approx 660 \text{ мм}.$$

14. Дополнительное натяжение пружины динамометра при удержании тела, погруженного в жидкость наполовину, составит

$$F_{\text{доп}} = \rho_{\text{ж}} g b c \left( \frac{h}{2} - \Delta h \right).$$

$$F_{\text{доп}} = 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 0,8 \text{ м} \cdot 0,5 \text{ м} (0,5 - 0,157) \text{ м} \approx 1100 \text{ н}.$$

Эту силу можно определить еще и так:

$$F_{\text{доп}} = Vg \left( \rho_{\text{т}} - \frac{\rho_{\text{ж}}}{2} \right) - F.$$

15. Удлинение пружины от этого натяжения станет больше на

$$\Delta l = \frac{F}{k}, \quad \Delta l = \frac{1100 \text{ н}}{20\,000 \text{ н/м}} = 0,055 \text{ м} \approx 55 \text{ мм}.$$

16. Период колебания тела, вынуженого из жидкости полностью, на пружине данного динамометра будет равен

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}},$$

$$T \approx \sqrt{\frac{40 \cdot 3120 \text{ кг}^2}{20\,000 \text{ н/м}}} \approx 2,49 \text{ сек} \approx 2,5 \text{ сек}.$$

17. Если тело изготовить из дерева с плотностью 500 кг/м<sup>3</sup>, то оно будет плавать в данной жидкости так, как показано на рисунке 19, а (тела, изображенные на карточках 4 и 5, будут плавать так, как показано на рисунке

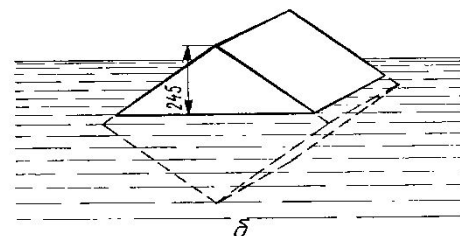
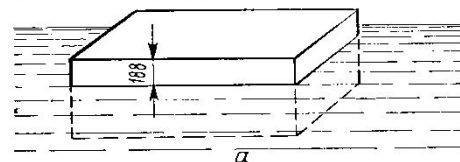


Рис. 19. Расположение при плавании в жидкости тел, изображенных а) на всех карточках, кроме 4 и 5; б) на карточках 4 и 5.

19, б). Высоту над поверхностью воды выступающей части тела вычисляем на основе закона плавания:

$$F_{\text{арх}} = P, \text{ или } \rho_{\text{ж}} g V_{\text{выт.ж}} = \rho_{\text{т}} g V_{\text{т}};$$

сокращая на  $g$  обе части равенства, получаем:

$$\rho_{\text{ж}} \cdot V_{\text{выт.ж}} = \rho_{\text{т}} \cdot V_{\text{т}}.$$

При одинаковом поперечном сечении бруска можно обе части равенства сократить еще и на величину площади сечения. Тогда получим такое уравнение

$$\rho_{\text{ж}} \cdot (h - x) = \rho_{\text{т}} \cdot h,$$

откуда

$$x = h - \frac{\rho_{\text{т}} \cdot h}{\rho_{\text{ж}}},$$

$$x = 0,5 \text{ м} - \frac{500 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,5 \text{ м}}{800 \text{ кг/м}^3} = 0,15 \text{ м} \approx 150 \text{ мм}.$$

Таблица XI

Вопросы	Ответы на вопросы к карточкам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	а	б
1. Давление на дно, $кн/м^2$	20	12	16	11	13	14	9,8	17	14	14	18	16
2. Сила давления на дно, $кн$	240	96	80	22	38	17	25	67	43	35	72	48
3. Давление на нижнюю поверхность $кн/м^2$	12	11	9,6	8	6,4	12	7,7	14	13	11	14	11
4. Сила давления снизу, $кн$	9,6	4,5	5,8	3,2	1,3	4,8	0,77	3,5	4,8	4,2	4,3	7,0
5. Давление на верхнюю поверхность, $кн/м^2$	2,0	3,2	4,8	3,0	3,2	4,0	2,1	4,8	3,2	2,8	4,0	4,8
6. Сила давления сверху, $кн$	1,6	1,3	2,9	1,2	0,64	1,6	0,21	1,2	11	9,8	2,0	2,9
7. Объем тела, $м^3$	0,80	0,40	0,36	0,20	0,080	0,40	0,080	0,29	0,26	0,26	0,50	0,28
8. Масса тела, $кг$	2000	3600	2600	540	710	3100	220	720	2300	2000	1400	2400
9. Вес тела, $кн$	20	36	26	5,4	7,1	31	2,2	7,2	23	20	14	24
10. Архимедова сила, $кн$	8,0	3,2	2,9	2,0	0,64	3,2	0,56	2,3	2,1	1,8	5,0	2,2
11. Равнодействующая, $н$	100	600	80	100	120	500	50	100	550	90	200	140
12. Начальное ускорение, $м/сек^2$	0,05	0,17	0,031	0,19	0,17	0,16	0,23	0,14	0,24	0,045	0,15	0,059
13. Модуль перемещения, $мм$	213	590	617	325	475	660	370	652	630	445	440	688
14. Дополнительное натяжение, $н$	3900	1000	1800	900	200	1100	230	1000	470	800	2300	980
15. Дополнительное удлинение пружины динамометра, $мм$	200	50	90	45	10	55	12	52	24	40	120	49
16. Период колебания, $сек$	2	2,7	2,3	1,04	1,2	2,5	0,66	1,2	2,1	2	1,6	2,2
17. Высота над жидкостью при плавании, $мм$	400	190	190	360	240	190	57	150	150	110	250	150

# ХII серия - Мензурки

## Вопросы к карточкам ХII серии — Мензурки

1. Цена деления шкалы мензурки.
2. Определите объем керосина в мензурке.
3. Каков объем тела, опущенного в мензурку?
4. Вычислите массу керосина в мензурке.
5. Вычислите массу тела (род вещества указан в карточке).
6. Какую температуру будут иметь оба вещества после погружения тела в жидкость, если керосин имел  $20^{\circ}\text{C}$ , а тело  $100^{\circ}\text{C}$ ? (Учесть массу мензурки и рассеивание энергии, составляющее 10% от того количества теплоты, которое передается твердым телом.)
7. Какое количество теплоты может выделиться при полном сгорании керосина?
8. Сколько воды от  $20$  до  $100^{\circ}\text{C}$  можно нагреть этим керосином в установке с к.п.д. 40%, если при этом нагревании 5% воды испаряется?
9. Какое количество олова, взятого при  $20^{\circ}\text{C}$ , можно расплавить и нагреть до  $270^{\circ}\text{C}$ , сжигая данное количество керосина при к.п.д. нагревателя 40%? (Полагать удельную теплоемкость в твердом и жидком состояниях одинаковой.)
10. На сколько времени хватит данного в мензурке керосина для непрерывной работы двигателя дизеля мощностью  $20\text{ кВт}$ , если его к.п.д. 25%?
11. Что покажет динамометр, удерживающий данное тело в середине керосина? (Принимать  $g \approx 10\text{ м/сек}^2$ .)
12. Вычислите показание динамометра при движении всей системы вверх с постоянным ускорением  $4\text{ м/сек}^2$ .
13. Вычислите показание динамометра при движении всей системы вниз с постоянным ускорением  $4\text{ м/сек}^2$ .
14. Что покажет динамометр в состоянии невесомости: а) при покое или равномерном движении всей системы относительно корпуса космического корабля; б) при движении с ускорением  $4\text{ м/сек}^2$  вдоль линии тело — динамометр?
15. Чему равны сила тяжести и вес тела, опущенного в керосин на космическом корабле, движущемся по орбите вокруг Земли на расстоянии  $300\text{ км}$ ?

Покажем решение на примере карточки 5

1. Цена деления шкалы мензурки —  $5 \text{ см}^3$ .
2. Объем керосина в мензурке —  $220 \text{ см}^3$ .
3. Объем тела  $V_T = 335 \text{ см}^3 - 220 \text{ см}^3 = 115 \text{ см}^3$ .
4. Масса керосина в мензурке

$$m_K = \rho_K V_K,$$

$$m_K = 0,8 \text{ г/см}^3 \cdot 220 \text{ см}^3 = 176 \text{ г} \approx 180 \text{ г}.$$

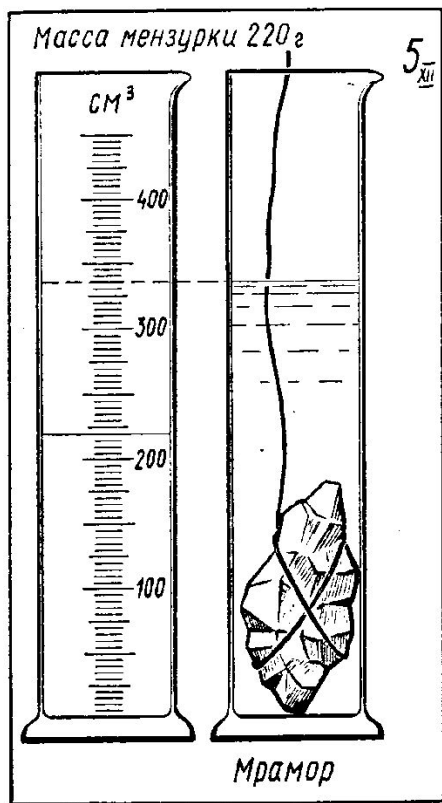


Рис. 20. Образец карточки XII серии (№ 5).

5. Масса куса мрамора

$$m_M = \rho_M V_M,$$

$$m_M = 2,7 \text{ г/см}^3 \cdot 115 \text{ см}^3 = 310,5 \text{ г} \approx 310 \text{ г}.$$

6. Температура после опускания мрамора в керосин рассчитывается по следующему уравнению

$$(c_K m_K + c_C m_C) (\Theta - t_K) = c_M m_M \cdot 0,9 (t_M - \Theta),$$

откуда

$$\Theta = \frac{(c_K m_K + c_C m_C) t_K + c_M m_M \cdot 0,9 t_M}{c_K m_K + c_C m_C + c_M m_M \cdot 0,9},$$

$$\Theta = \frac{(0,5 \cdot 176 + 0,2 \cdot 220) \cdot 20 \text{ кал} + 0,21 \cdot 310 \cdot 0,9 \cdot 100 \text{ кал}}{(0,5 \cdot 176 + 0,2 \cdot 220 + 0,21 \cdot 310 \cdot 0,9) \text{ кал/град}}.$$

$$\Theta = 44^\circ \text{C}.$$

7. Количество теплоты, выделяемое при полном сгорании керосина, взятого в объеме, указанном на рисунке карточки,

$$Q = 11 \text{ 000 кал/г} \cdot 176 \text{ г} = 1 \text{ 936 000 кал} \approx 1900 \text{ ккал}.$$

8. Количество воды, которое можно нагреть от  $20$  до  $100^\circ \text{C}$  и  $5\%$  выпарить, сжигая весь керосин в установке с к.п.д.  $40\%$ , рассчитаем по следующему уравнению ( $L$  взять равным  $540 \text{ ккал/кг}$ ):

$$0,4Q = c_B m_B (100 - 20) + L_B m_B 0,05,$$

$$m_B = \frac{0,4Q}{80c_B + 0,05L} = \frac{0,4 \cdot 1940 \text{ ккал}}{80 \text{ ккал/кг} + 540 \text{ ккал/кг} \cdot 0,05} = 7,2 \text{ кг}.$$

9. Количество олова, которое можно нагреть и расплавить данным керосином, сжигая его в установке с к.п.д.  $40\%$ , определяем по такому уравнению:

$$0,4Q = cM (t_{пл} - t_1) + \lambda M + cM (t_2 - t_{пл}).$$

Начальная температура  $20^\circ \text{C}$ , конечная  $270^\circ \text{C}$ . Полагаем, что удельная теплоемкость олова одинакова в твердом и жидком состояниях.

$$M = \frac{0,4Q}{c(t_2 - t_1) + \lambda}, \quad M = \frac{0,4 \cdot 1940 \text{ ккал}}{0,055 \cdot (270 - 20) \text{ ккал/кг} + 14 \text{ ккал/кг}} = 28 \text{ кг}.$$

10. Для непрерывной работы двигателя дизеля при мощности  $20 \text{ кВт}$  и к.п.д.  $25\%$  указанного в карточке количества керосина хватит на  $T \text{ сек}$ .

$$T = \frac{q m \eta}{N},$$

$$T = \frac{46,2 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг} \cdot 0,176 \text{ кг} \cdot 0,25}{20 \text{ 000 Вт}} = 102 \text{ сек}.$$

11. Показание динамометра при удерживании тела внутри керосина в состоянии покоя равно разности между силой тяжести и архимедовой силой

$$P = mg - F_{арх}$$

(в проекциях на вертикальную ось, направленную вниз)

$$P = 0,310 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/сек}^2 - 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 115 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \approx 2,18 \text{ н} \approx 2,2 \text{ н}$$

(полагая  $g \approx 10 \text{ м/сек}^2$ ).

12. При подъеме всей системы вверх с ускорением  $a = 4 \text{ м/сек}^2$  показание динамометра рассчитываем так:

$$P_B = (g + a)t - (g + a)\rho_{\text{ж}} \cdot V_T,$$

$$g + a = 9,8 \text{ м/сек}^2 + 4 \text{ м/сек}^2 \approx 14 \text{ м/сек}^2,$$

$$P_B = 14 \text{ м/сек}^2 \cdot 0,310 \text{ кг} - 14 \text{ м/сек}^2 \cdot 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 115 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 =$$

$$= 3,05 \text{ н} \approx 3,1 \text{ н}.$$

13. При опускании системы вниз с ускорением  $4 \text{ м/сек}^2$  показание динамометра равно:

$$P_H = (g - a)t - (g - a)\rho_{\text{ж}} V_T,$$

$$(g - a) = 9,8 \text{ м/сек}^2 - 4 \text{ м/сек}^2 \approx 6 \text{ м/сек}^2,$$

$$P_H = 6 \text{ м/сек}^2 \cdot 0,310 \text{ кг} - 6 \text{ м/сек}^2 \cdot 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 115 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 =$$

$$= 1,31 \text{ н} \approx 1,3 \text{ н}.$$

14. В состоянии невесомости показание динамометра будет равно нулю, если вся система находится в покое или в равномерном и прямолинейном движении относительно корпуса космического корабля. Если же система будет перемещаться относительно корабля (вдоль линии тело — динамометр) с ускорением  $4 \text{ м/сек}^2$ , то динамометр покажет

$$P_1 = 4 \text{ м/сек}^2 \cdot 0,310 \text{ кг} - 4 \text{ м/сек}^2 \cdot 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 115 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 0,872 \text{ н} \approx 0,87 \text{ н}.$$

15. Сила тяжести и вес тела, опущенного в керосин, в космическом корабле, движущемся по орбите вокруг Земли на расстоянии 300 км (где  $g = 8,8 \text{ м/сек}^2$ ), равны:

$$F_{\text{тяж}} = 8,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 0,310 \text{ кг} = 2,6 \text{ н}, \quad P = 0.$$



Таблица XII

Вопросы	Ответы на вопросы к карточкам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	а	б
1. Цена деления шкалы, $см^3$	2	1	5	0,5	5	0,5	10	5	0,2	0,1	20	0,5
2. Объем керосина в мензурке, $см^3$	46	53	115	19	220	11,5	280	110	7,4	1,7	340	7,0
3. Объем тела, $см^3$	12	31	30	6,5	115	4,0	160	70	3,4	0,15	200	2,5
4. Масса керосина, $г$	37	42	92	15	180	9,2	220	88	5,9	1,4	270	5,6
5. Масса твердого тела, $г$	100	240	81	15	310	36	1700	180	27	2,9	2300	21
6. Температура после погружения тела, $^{\circ}C$	55	51	34	30	44	72	47	48	37	21	40	33
7. Количество теплоты при полном сгорании керосина, $ккал$	400	470	1000	170	1900	100	2500	980	65	15	3000	62
8. Масса воды, нагретой до $100^{\circ}C$ керосином, $кг$	1,5	1,7	3,8	0,62	7,2	0,38	9,2	3,6	0,24	0,056	11	0,25
9. Масса расплавленного олова, $кг$	5,8	6,7	15	2,4	28	1,5	35	14	0,94	0,21	43	0,89
10. Время работы дизеля, $сек$	21	24	53	8,7	100	5,3	130	51	3,4	0,76	150	3,2
Показания динамометра на Земле												
11. В покое, $н$	0,88	2,2	0,57	0,098	2,2	0,52	16	4,9	0,24	0,028	21	0,19
12. С ускорением вверх, $н$	1,2	3,0	0,80	0,14	3,1	0,45	22	6,9	0,33	0,039	29	0,27
13. С ускорением вниз, $н$	0,53	1,3	0,34	0,059	1,3	0,19	9,3	2,9	0,14	0,017	13	0,12
14. В состоянии невесомости с ускорением, $н$	0,35	0,86	0,23	0,039	0,87	0,13	6,2	2,0	0,095	0,011	8,4	0,077
15. Сила тяжести на расстоянии 300 $км$ от Земли, $н$	0,090	2,1	0,71	0,13	2,6	0,31	15	4,8	0,23	0,025	20	0,19

## Используемая литература:

- 1) Л.И. Скрябин – «Дидактический материал по физике. 10 класс» (Москва, «Просвещение», 1977 г.)
- 2) Шаблон презентации от Аксеновой Натальи Петровны (<http://pedsovet.su/load/73-1-0-1463>)