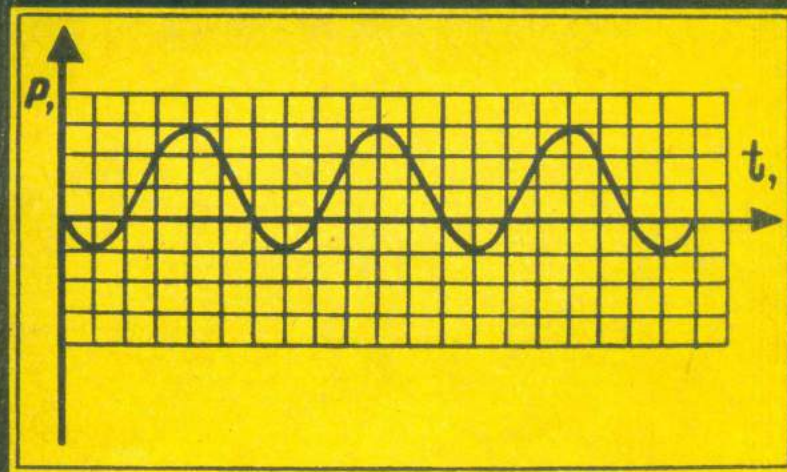
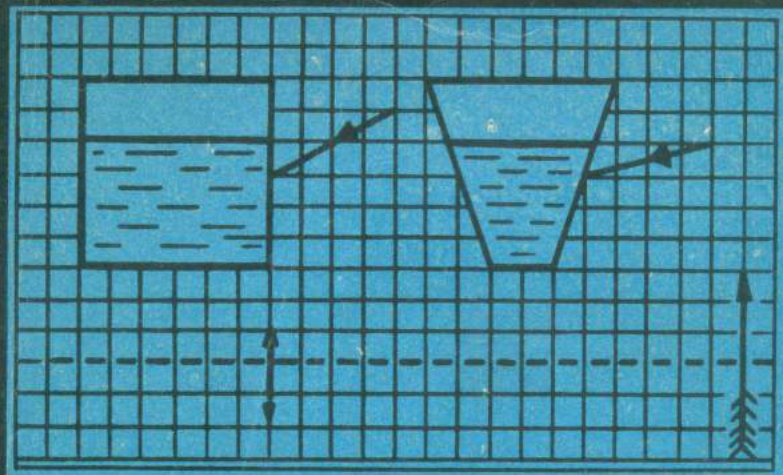


23 коп.



Л. И. СКРЕЛИН

ДИДАКТИЧЕСКИЙ
МАТЕРИАЛ
ПО ФИЗИКЕ

10

кабинет физики
458 школа

0959

Л. И. СКРЕЛИН

ДИДАКТИЧЕСКИЙ
МАТЕРИАЛ
ПО ФИЗИКЕ

.10 класс

ПОСОБИЕ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1977

Л. И. СКРЕЛИН

ДИДАКТИЧЕСКИЙ
МАТЕРИАЛ
ПО ФИЗИКЕ

10 класс

ПОСОБИЕ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ

Для Библиотеки
Ленинградского государственного
университета
Утверждено от 19 мая 1977 г.
Л. И. Скрябин

19 мая 1977 г.

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1977



	1875
Дидактический	
материал по	
Физике	М-1977
	0-23к.

Рекомендовано к изданию
Главным управлением школ Министерства просвещения СССР

С45 Скрелин Л. И.
Дидактический материал по физике. 10 кл. Пособие
для учителей. М., «Просвещение», 1977.

143 с. с ил.

В пособии содержится набор дидактических карточек для организации самостоятельной работы учащихся и методические рекомендации учителю по их использованию. Карточки составлены в соответствии с программой и учебным пособием по физике для 10 класса.

С 60501 — 176
103(03) — 77

инф. письмо — 77

53

© Издательство «Просвещение», 1977 г.

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое пособие представляет собой набор дидактических карточек для самостоятельной работы учащихся X класса на уроках физики. В основу их построения положена действующая программа и учебное пособие по физике для X класса Г. Я. Мякишева и Б. Б. Буховцева (М., «Просвещение», 1975).

При составлении предлагаемых дидактических карточек приняты следующие соображения:

1. Необходимые исходные данные для упражнений учащиеся извлекают из рисунка на карточке.
2. Каждая карточка охватывает несколько тем программы, чтобы была возможность при изучении нового материала повторять ранее пройденный. (Этим в какой-то мере сокращается и количество наборов карточек.)
3. Вопросы для работы с данным набором карточек для всех учащихся класса одинаковы, поэтому их постановка не затрудняет учителя.
4. На каждый вопрос и для каждого номера карточки у учителя есть ответы, что помогает ему руководить работой учащихся и быстро проверять полученные ими результаты.
5. Карточки дифференцированы по сложности, что обеспечивает самостоятельность работы каждого ученика.
6. Карточки не подменяют собой самостоятельную работу учащихся с приборами на лабораторных занятиях.
7. Карточки обеспечивают выполнение по ним программированного обучения, как машинного, так и безмашинного.

Предлагаемый набор дидактических карточек состоит из 12 серий, по 12 карточек в каждой серии. Из них десять карточек основные и две дополнительные. Основные карточки с номерами 1 и 2 составлены проще, а с номерами 9 и 10 несколько сложнее остальных, они предназначены для более сильных учащихся.

Дополнительные карточки с литерами «а» и «б» позволяют учителю дать добавочное задание тем ученикам, которые быстро выполняют основную работу. Кроме того, этими карточками учитель по своему усмотрению сможет заменить те из основных, которые, по его мнению, нежелательны.

Кроме номера и литеры, на каждой карточке поставлен индекс, указывающий римскими цифрами серию, к которой принадлежит карточка.

Каждая серия обеспечивает самостоятельную работу 12 ученикам.

В данном пособии карточки напечатаны на обеих сторонах листа, т. е. имеется два набора каждой серии, что позволяет дать работу сразу 24 учащимся. Исходя из этого расчета учитель должен приобретать соответствующее число брошюр.

Для увеличения срока службы каждую карточку следует поместить в целлофановый конверт с картонной прокладкой. Хранить вырезанные карточки удобно в обычных конвертах по сериям.

К каждой серии рекомендуется по несколько вопросов. Учитель по своему усмотрению может предложить учащимся не все сразу, а лишь те, которые соответствуют поставленной на уроке цели.

Для каждой карточки всех серий даны таблицы с ответами. Таблицы составлены так, что в них по вертикали расположены ответы согласно номерам вопросов, а по горизонтали — номерам карточек.

Имея таблицу с ответами на каждый вопрос и ко всем номерам карточек, учителю легко следить за работой учащихся. В любой момент он может одним ученикам подтвердить правильность хода решения, другим предложить еще раз повнимательнее проверить ответ, а слабым помочь.

Следует иметь в виду, что расчеты при заполнении таблиц ответами делались в соответствии с правилами приближенных вычислений: в промежуточных ответах сохранялись три значащие цифры, а в окончательном результате — две. Округление чисел с добавлением единицы в последнюю цифру результата производилось тогда, когда последующая цифра была равна 5 или более.

Чтобы учащиеся лучше воспринимали рисунок карточки, полезно во время самостоятельной работы на демонстрационном столе собрать установку, соответствующую той, которая изображена на дидактических карточках данной серии.

Опыт работы учителей школ Ленинграда и Ленинградской области показывает, что использование предлагаемого дидактического материала на уроках физики способствует более глубокому усвоению соответствующих тем программы.

Автор благодарит В. А. Грингауза и Я. Ф. Лернера за советы и рекомендации, данные ими при рецензировании рукописи.

Приводим перечисление названий отдельных серий карточек с указанием тех вопросов программы, по которым эти карточки могут обеспечить самостоятельную работу учащихся.

I серия — Колебательное движение маятника

Гармонические колебания. Смещение, амплитуда, скорость, ускорение, частота, фаза. Математический маятник. Частота и период свободных колебаний (§ 1—8)¹. Превращения энергии при гармонических колебаниях (§ 9). Свободные электромагнитные колебания. Колебательный контур (§ 16, 17, 18).

¹ В скобках даны номера параграфов по учебному пособию для X класса Г. Я. Мякишева, Б. Б. Буховцева «Физика-10» (М., 1975).

II серия — График напряжения переменного тока

Действующие значения силы тока и напряжения (§ 19, 20). Активное, индуктивное и емкостное сопротивления в цепи переменного тока (§ 21, 22, 23). Закон Ома для электрической цепи переменного тока (§ 24). Мощность в цепи переменного тока (§ 25). Резонанс в электрической цепи (§ 26).

III серия — Работа и мощность переменного тока

Расчет работы, мощности и расхода энергии в цепях переменного тока (§ 25).

IV серия — Волновое движение

Длина волны. Скорость распространения волны (§ 38) Отражение волн. Стоячие волны (§ 40, 41). Звуковые волны. Скорость звука (§ 43, 44). Интерференция волн. Интерференция звука (§ 50, 51). Скорость распространения электромагнитных волн. Взаимодействие посредством электромагнитных волн (§ 60, 61). Повторение формулы Томсона (§ 17, 18).

V серия — Анодно-сеточные характеристики триодов

Трехэлектродная лампа — триод. Простейший приемник с усилителем (§ 66).

VI серия — Отражение света

Закон отражения света. Построение изображения в плоском зеркале (§ 78, 79). Сферическое зеркало. Формула сферического зеркала. Построение изображения в сферическом зеркале. Увеличение (§ 80—83).

VII серия — Преломление света

Закон преломления света. Полное отражение. Ход лучей в плоскопараллельной пластинке и в треугольной призме (§ 85, 86, 87). Линза. Построение изображения в линзе. Линейное увеличение (§ 90—93).

VIII серия — Интерференция и дифракция света

Интерференция света. Кольца Ньютона (§ 104, 105). Дифракция света. Дифракционная решетка (§ 109, 110).

IX серия — Спектроскоп

Спектральные аппараты. Типы спектров излучения. Спектральный анализ (§ 128, 129, 130). Гипотеза Планка. Фотоэффект. Теория фотоэффекта. Фотоны, импульс и масса фотонов (§ 137—140).

X серия — Треки в камере Вильсона

Методы наблюдения и регистрации элементарных частиц (§ 155); Сила Лоренца (§ 121 из IX кл.). Искусственное превращение атомных ядер. Ядерные реакции (§ 162, 167). Энергия связи атомных ядер (§ 165).

XI серия — Давление в жидкости

Повторение гидростатики, расчетов архимедовой силы, закона плавания (материал VI класса). Повторение механики и колебания пружинного маятника.

XII серия — Мензурки

Повторение материала VI класса. Повторение материала VII и IX классов — расчеты на преобразование внутренней энергии, сравнение понятий «вес» и «сила тяжести».

ОПИСАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ СЕРИЙ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К НИМ

I СЕРИЯ — КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ МАЯТНИКА

На карточках I серии изображены графики зависимости смещения от времени при колебательном движении математического маятника (рис. 1).

Самостоятельные упражнения с этими карточками позволят учащимся лучше уяснить и конкретнее представить основные понятия, которыми характеризуются гармонические колебания. Кроме того, изучая новый вид движения, учащиеся могут повторить основные законы равнопеременного движения и определяющие его величины.

Для расчета равнодействующей силы массу маятника (она дана в карточках) считать сосредоточенной в одной точке, нить невесомой и неупругой, угол отклонения не более 5° от положения равновесия.

Первый раз карточки данной серии рекомендуется использовать после изучения формулы периода колебаний математического маятника, предложив учащимся первые шесть вопросов.

Вторично обратиться к карточкам можно после рассмотрения вопроса о превращении энергии при гармонических колебаниях.

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

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

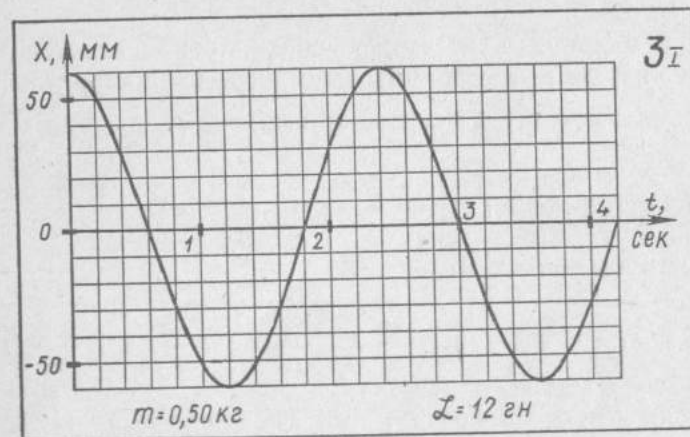


Рис. 1. Образец карточки I серии (№ 3).

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 $\frac{\pi}{2}$, $\frac{3}{2}\pi$, $\frac{5}{2}\pi$.

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

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).

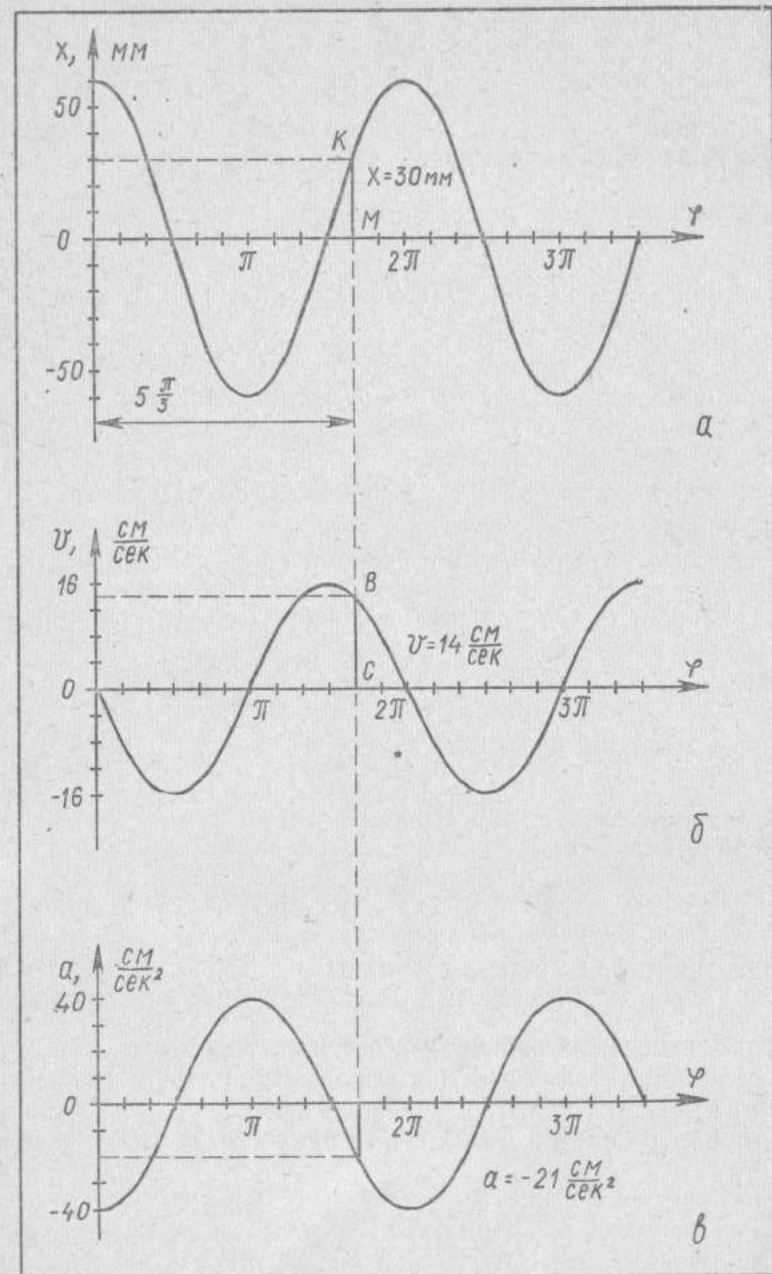


Рис. 2. Чертежи в тетради ученика. Графики: а) смещения; б) скорости; в) ускорения.

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

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

После ознакомления учащихся с понятием собственной частоты колебания груза на пружине предлагают им рассчитать жесткость пружины и ее удлинение. (Указанная в карточке масса, подвешенная к пружине, должна колебаться с частотой в 10 раз большей, чем на графике карточки.)

Для той же карточки 3

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

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

На факультативных занятиях по физико-техническому моделированию рекомендуется провести с учащимися продолжение расчета размеров пружины, используя указания в книге Е. Н. Горячкина «Лабораторная техника и ремесленные приемы» (М., 1969, с. 225—238).

При изучении формулы Томсона в теме «Электромагнитные колебания» следует еще раз вернуться к карточкам I серии и предложить учащимся вычислить величину емкости конденсатора, который следует взять для колебательного контура, чтобы частота его собственных электрических колебаний при указанной на карточке индуктивности была в 100 раз больше, чем у математического маятника.

Для той же карточки 3

15. Емкость конденсатора определяем из формулы

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

$$C = \frac{T^2}{4\pi^2 L}, \quad C = \frac{(0,024 \text{ сек})^2 \cdot 10^9}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 12 \text{ гн}} = 1,2 \text{ мкф}.$$

Пример программированного упражнения

Вопросы

- I. Амплитуда колебания, мм.
- II. Период колебания, сек.
- III. Длина маятника, м.
- IV. Смещение при фазе $\frac{5}{3}\pi$, мм.
- V. Наибольшая скорость, см/сек.

Ответы к карточкам
1, 3, 5, 7, 9

	I	II	III	IV	V
1	60	12	0,36	125	8,4
2	80	2,4	20	10	12
3	200	1,2	1,4	40	26
4	20	4,2	9,0	100	16
5	250	6,0	36	30	10

Ответы к карточкам
2, 4, 6, 8, 10

	I	II	III	IV	V
1	30	4,8	0,36	50	1,3
2	10	6,0	36	13	11
3	25	12	0,81	6,0	7,3
4	12	1,2	5,8	15	5,2
5	100	1,8	9,0	5,0	3,3

Код для проверки:

- № 1—43 125
- № 3—12 354
- № 5—25 431
- № 7—31 545
- № 9—55 413

Код для проверки:

- № 2—53 214
- № 4—24 154
- № 6—31 425
- № 8—42 531
- № 10—15 342

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.

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 ⁻¹	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 ²	-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	-0,11	-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. Электроемкость, мкф	2,0	30	1,2	2,0	6,0	9,6	120	18	30	0,81	36	3,0

- Вычислите циклическую частоту.
- Какой наибольший модуль скорости имеет маятник при колебаниях?
- Вычислите кинетическую энергию в этот момент.
- Вычислите скорость при фазе $\frac{5}{3}\pi$.
- Вычислите ускорение при фазе $\frac{5}{3}\pi$.
- Вычислите равнодействующую силу при фазе $\frac{5}{3}\pi$.
- Вычислите кинетическую и потенциальную энергии при фазе $\frac{5}{3}\pi$.
- 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.)
- Какое удлинение получит эта пружина, когда к ней подвешат данный груз?
- Конденсатор какой электроемкости 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?

II СЕРИЯ — ГРАФИК НАПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

На карточках II серии изображены графики изменения напряжения с течением времени для синусоидального переменного тока (рис. 3).

Эти графики дают возможность учителю поставить ряд самостоятельных работ при изучении основных понятий и закономерностей переменного тока.

Первый раз карточки данной серии полезно использовать в теме «Электромагнитные колебания» для сравнения понятий действующих и амплитудных значений напряжения и тока, а также для уяснения закономерностей в простейшей цепи; содержащей только активные сопротивления. Для этого предлагают первые пять вопросов.

Покажем решение на примере карточки 4

1. Циклическая (или круговая) 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

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

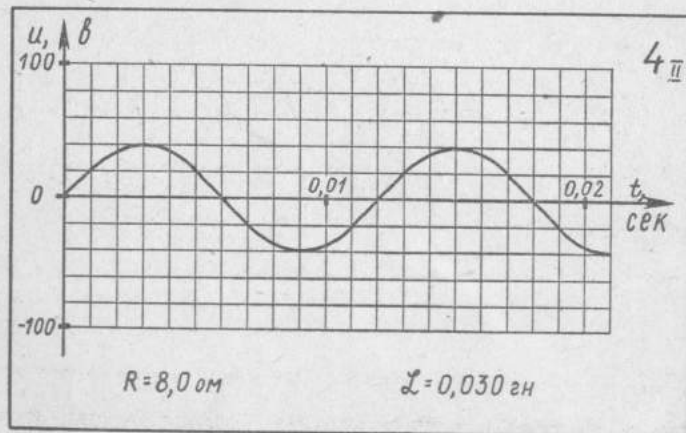


Рис. 3. Образец карточки II серии (№ 4).

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

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

График напряжения (рисунок своей карточки) ученик должен перерисовать в тетрадь и на нем же в удобном масштабе изобразить зависимость изменения силы тока от времени (рис. 4, а).

Полезно предложить учащимся под этим графиком начертить график изменения мощности со временем. Для этого надо найти.

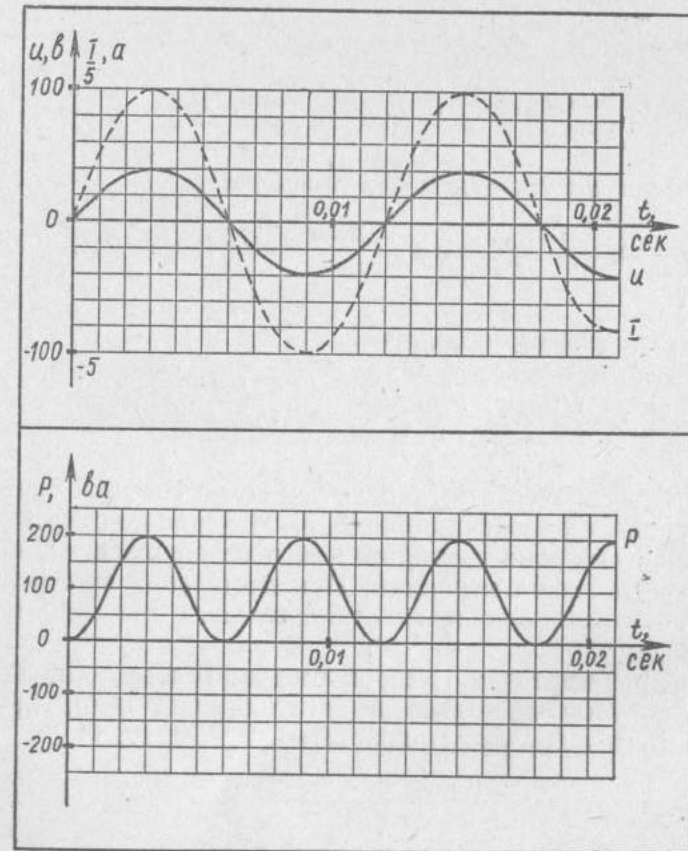


Рис. 4. Чертежи в тетради ученика. Графики: а) напряжения и тока; б) мощности в цепи с активным сопротивлением.

мгновенные значения мощности ($p = ui$) через каждую 1/12 часть периода (рис. 4, б). Следует обратить внимание учащихся на положительные значения мощности в любой момент времени.

После изучения реактивных сопротивлений и закономерностей для цепей, содержащих эти сопротивления, рекомендуется вторично обратиться к карточкам и провести самостоятельную работу, предложив учащимся следующие пять вопросов.

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

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

Желательно начертить на одном чертеже графики напряжения и тока для данной карточки (рис. 5, а). Измеряя по графикам мгновенные значения тока и напряжения и перемножая их, получают мгновенные значения мощности. При построении графика мощности можно видеть появление отрицательных значений мощности (рис. 5, б).

Третий раз карточки II серии следует использовать после выяснения понятия резонанса в электрической цепи, предложив для самостоятельной работы вопросы 1, 2, 4, 6, 10, 11.

Для той же карточки 4

10. Для получения резонанса в цепь, содержащую катушку индуктивности $L = 0,03 \text{ гн}$ и активное сопротивление $R = 8 \text{ ом}$, надо включить последовательно конденсатор емкостью C .

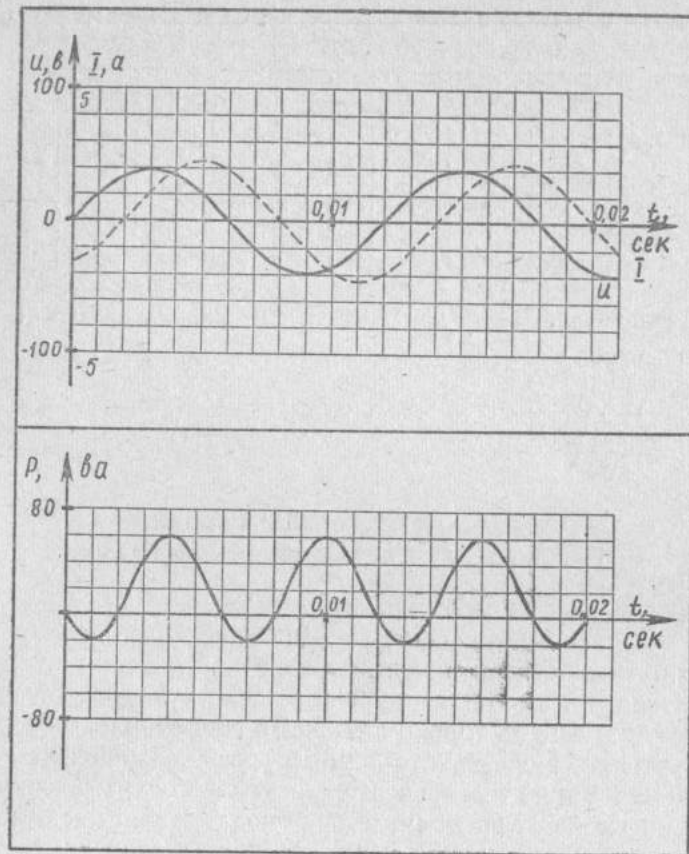


Рис. 5. Чертежи в тетради ученика. Графики: а) напряжения и тока; б) мощности, когда в цепи активное и индуктивное сопротивление.

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

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

11. Амплитудное значение напряжения на каждом реактивном сопротивлении при резонансе

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

Пример программированного упражнения

Вопросы

- I. Амплитудное значение напряжения, в.
- II. Индуктивное сопротивление, ом.
- III. Полное сопротивление, ом.
- IV. Амплитудное значение тока, а.
- V. Средняя активная мощность, ватт.

Ответы к карточкам
1, 3, 5, 7, 9

	I	II	III	IV	V
1	200	21	56	3,2	22
2	40	35	120	1,4	64
3	50	52	14	0,98	190
4	80	100	45	2,8	39
5	120	10	72	1,8	20

Код для проверки:

№ 1—43 125
№ 3—54 231
№ 5—41 452
№ 7—25 344
№ 9—13 543

Ответы к карточкам
2, 4, 6, 8, 10

	I	II	III	IV	V
1	80	26	56	0,76	20
2	100	16	18	3,6	7,2
3	60	35	33	2,9	80
4	120	12	132	2,2	100
5	40	130	41	1,8	190

Код для проверки:

№ 2—21 153
№ 4—52 241
№ 6—25 412
№ 8—41 325
№ 10—43 534

Вопросы к карточкам II серии —
Графики напряжения переменного тока

- Какова циклическая частота тока?
- Определите амплитудное значение напряжения.
- Вычислите действующее значение напряжения.
- 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.
- Какова будет средняя мощность тока в этом случае?
- Вычислите реактивное и полное сопротивление, если в цепь будут включены последовательно активное сопротивление R и катушка с индуктивностью L .
- Вычислите амплитудное значение тока в этой цепи.
- 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.
- Вычислите среднюю мощность для этого случая.
- Какой емкости конденсатор следует включить последовательно в данную цепь, чтобы получить резонансное увеличение тока?
- Какое амплитудное напряжение возникнет в этой цепи на индуктивном и емкостном сопротивлениях?

Таблица II

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

III СЕРИЯ — РАБОТА И МОЩНОСТЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

На карточках III серии изображена принципиальная схема проводки переменного городского тока для питания ламп, нагревателя и электродвигателя коллекторного типа (рис. 6).

На условном изображении счетчика электроэнергии написано начальное показание. Потребляемая мощность ламп и нагревателей подписаны под ними. Для электродвигателя указаны сила тока и коэффициент мощности. Время горения в течение суток дано для каждого потребителя энергии.

Материал, сечение проводов, подводящих ток от трансформатора до счетчика, а также расстояние AB между ними указаны в карточках.

Действующее напряжение на входе счетчика полагать равным 220 в.

Карточки данной серии рекомендуется использовать после изучения темы «Производство, передача и использование электрической энергии».

Покажем решение на примере карточки 7

1. Мощность двигателя

$$P_d = IU \cos \varphi, \quad P_d = 2a \cdot 220 \text{ в} \cdot 0,8 = 352 \text{ вт} \approx 0,35 \text{ квт.}$$

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

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

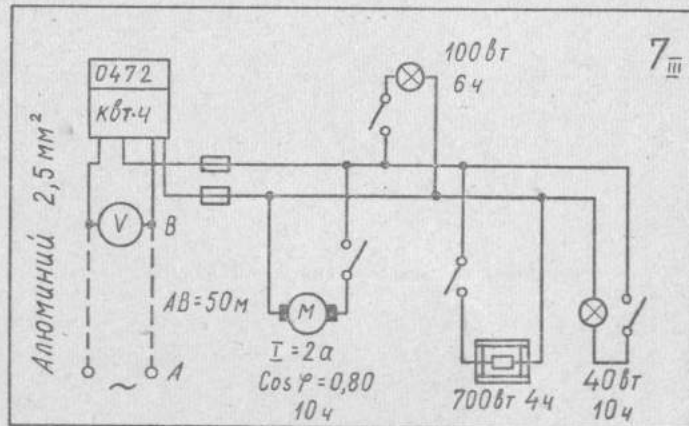


Рис. 6. Образец карточки III серии (№ 7).

4. Сопротивление подводящих проводов

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

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

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

Пример программированного упражнения

Вопросы

- I. Мощность двигателя, квт.
- II. Мощность всех потребителей, квт.
- III. Расход энергии за месяц, квт · ч.
- IV. Стоимость энергии за месяц, руб.

Ответы к карточкам
1, 3, 5, 7, 9

	I	II	III	IV
1	0,62	1,8	325	8,96
2	0,50	1,2	248	18,20
3	0,88	0,96	450	9,92
4	0,35	1,7	214	13,00
5	0,84	1,6	220	8,56

Код для проверки:

- № 1—3514
- № 3—2345
- № 5—1423
- № 7—4251
- № 9—5132

Ответы к карточкам
2, 4, 6, 8, 10

	I	II	III	IV
1	0,33	0,97	142	9,60
2	0,37	1,0	139	5,72
3	0,77	1,3	193	5,56
4	0,53	1,1	317	6,96
5	0,44	1,2	174	7,72

Код для проверки:

- № 2—4523
- № 4—2154
- № 6—3412
- № 8—1235
- № 10—5341

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>мм²</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

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 мм².)
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?

IV СЕРИЯ — ВОЛНОВОЕ ДВИЖЕНИЕ

На карточках IV серии имеются два рисунка. На левом рисунке (рис. 7) показано отражение от вогнутой сферической поверхности звуковой волны определенной частоты, испускаемой звучащим динамиком. При интерференции бегущей и отраженной волн возникают стоячие волны. На рисунках положения узлов этих стоячих волн отмечены дугами. Деления и оцифровка дают возможность учащимся определять длину волны. Указание среды и скорости распространения звука в ней позволят вычислить частоту звукового излучателя.

На втором рисунке, правом, показаны два динамика, излучающие звуки найденной частоты. По расположению динамиков и виду картины интерференции звука, полученной на некотором расстоянии от них (внизу рисунка), можно определить удаленность динамиков от выбранной точки пространства, где наблюдается интерференция.

Первый раз карточки IV серии рекомендуется использовать после изучения законов отражения звуковых волн и понятия стоячей волны, предложив учащимся первые два вопроса.

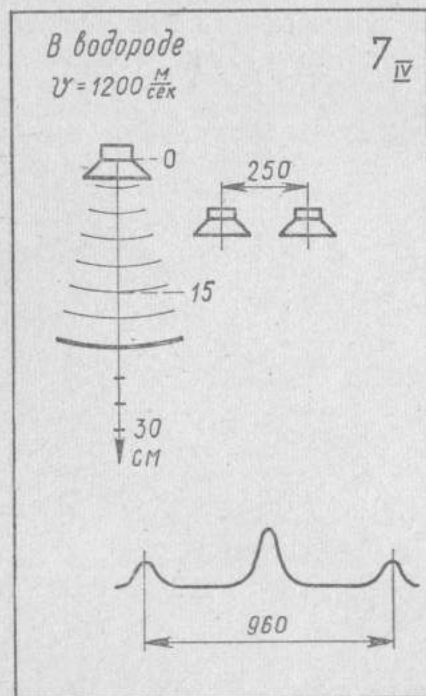


Рис. 7. Образец карточки IV серии (№ 7).

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

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

Полезно поставить вопрос: что изменится, если данный излучатель поместить в другую среду?

После изучения скорости распространения электромагнитных волн хорошо снова использовать карточки данной серии, предложив ответить на первые 4 вопроса. Для упрощения расчетов скорость электромагнитной волны в воздухе округлить до $3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}$.

Для той же карточки 7

3. Индуктивность катушки рассчитываем по формуле Томсона:

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

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

4. Длина электромагнитной волны будет равна

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

Третий раз карточки IV серии можно рекомендовать после разбора решения задачи № 2 в § 113 учебного пособия для X класса (Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. М., 1975).

Применяя формулу $h_h = \frac{k\lambda D}{d}$, выведенную для расчета по дифракции света в опыте Юнга, к звуковым волнам, можно получить приближенный ответ на пятый вопрос с погрешностью, не превышающей 2—3% при $k = 1$. Использование одинаковых приемов расчета и формул для разных по своей природе волн обогащает представления учащихся и помогает обобщать сходные явления в различных областях физики. Весьма полезно показать опыт, описанный в I томе «Демонстрационного эксперимента по физике» под ред. А. А. Покровского (изд. 2-е. М., 1970, опыт 85, с. 197).

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; λ — длина звуковой волны; D — расстояние от динамиков до указанной картины интерференции.

Пример программированного упражнения

Вопросы

- I. Длина звуковой волны, м.
- II. Частота излучателя электромагнитной волны, Мгц.
- III. Индуктивность в контуре, мкгн.
- IV. Длина электромагнитной волны, м.

Таблица IV

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

Ответы к карточкам
1, 3, 5, 7, 9

	I	II	III	IV
1	0,09	20	0,57	38
2	0,05	3,7	0,39	11
3	0,012	8,0	1,9	15
4	0,06	6,6	0,033	82
5	0,04	28	0,063	46

Код для проверки:

№ 1—5321
 № 3—2415
 № 5—3542
 № 7—4153
 № 9—1234

Ответы к карточкам
2, 4, 6, 8, 10

	I	II	III	IV
1	0,028	10	0,56	60
2	0,032	8,8	1,0	40
3	0,048	7,5	0,25	34
4	0,16	5,0	0,44	45
5	0,24	6,7	0,33	30

Код для проверки:

№ 2—2135
 № 4—3514
 № 6—1342
 № 8—4253
 № 10—5421

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 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 м/сек.)

V СЕРИЯ — ГРАФИКИ АНОДНО-СЕТОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРИОДОВ

На карточках V серии изображены зависимости анодного тока триода от сеточного напряжения при двух значениях анодного напряжения U_a и U'_a (рис. 8).

Графики начерчены на клетчатой сетке, чтобы облегчить нахождение числовых значений соответствующих величин. Из методических соображений графики несколько идеализированы и не вполне отражают все нюансы существующих ламповых триодов.

В верхней части карточек указано напряжение питания усиленной части простейшего приемника; схема которого приведена на рисунке 136 учебного пособия по физике для X класса (Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. М., 1975).

Первый раз карточки данной серии рекомендуется использовать при изучении принципа действия и устройства электронных ламп, в частности триода. Учащимся предлагают первые пять вопросов.

Покажем решение на примере карточки 4

1. Напряжение на сетке при запуске лампы находим по графику:

а) для анодного напряжения $U_a : U_c = -1,6$ в;

б) для анодного напряжения $U'_a : U'_c = -1,0$ в.

2. Анодный ток при $U_c = 0$ находим тоже по графику:

а) для $U_a : I_a = 1,3$ ма;

б) для $U'_a : I'_a = 0,7$ ма.

3. Крутизну анодно-сеточной характеристики на участке АВ при $U_a = 90$ в вычисляем по формуле:

$$s = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c}, \quad s = \frac{0,6 \text{ ма}}{0,4 \text{ в}} = 1,5 \frac{\text{ма}}{\text{в}}$$

Крутизна показывает, на сколько миллиампер увеличивается анодный ток при возрастании сеточного напряжения на 1 в.

4. Коэффициент усиления на участке АВ находим и вычисляем по графику

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_c},$$

$$\mu = \frac{90 \text{ в} - 70 \text{ в}}{0,4 \text{ в}} = 50.$$

Это число показывает, во сколько раз изменение напряжения на сетке действует сильнее, чем изменение анодного напряжения.

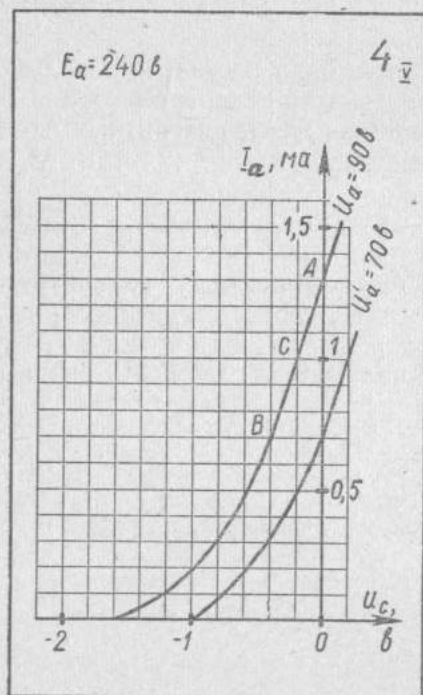


Рис. 8. Образец карточки V серии (№ 4).

5. Внутреннее сопротивление R_i (статическое) лампы вычисляем по формуле:

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}, \quad R_i = \frac{90 \text{ в} - 70 \text{ в}}{0,0006 \text{ а}} = 33\,300 \text{ ом} \approx 33 \text{ ком.}$$

На дополнительных занятиях с учащимися, интересующимися радиотехникой, полезно разобрать следующие четыре вопроса (6—9), выходящие за рамки программы физики средней школы. Предварительно учащимся надо будет ответить на вопросы 4 и 5 к карточкам этой серии.

Для той же карточки 4

6. Находим величину нагрузочного сопротивления R_H , которое понизит напряжение на лампе с 240 до 90 в. При последовательном соединении распределение напряжений будет прямо пропорционально сопротивлениям

$$\frac{R_H}{R_i} = \frac{E_a - U_a}{U_a}, \quad R_H = \frac{(E_a - U_a) R_i}{U_a},$$

$$R_H = \frac{(240 \text{ в} - 90 \text{ в}) \cdot 33,3 \text{ ком}}{90 \text{ в}} = 55,5 \text{ ком} \approx 56 \text{ ком.}$$

7. Если амплитуда колебаний напряжения на сетке равна $\Delta U_c = 0,2$ в, то амплитуда колебания напряжения в анодной цепи ($\Delta U_a + \Delta U_H$) окажется в μ раз большей

$$\mu \Delta U_c = 50 \cdot 0,2 \text{ в} = 10 \text{ в.}$$

8. Вычисляем амплитуду изменения напряжения на нагрузке

$$\frac{\Delta U_H}{\Delta U_a + \Delta U_H} = \frac{R_H}{R_i + R_H}, \quad \Delta U_H = \frac{R_H (\Delta U_a + \Delta U_c)}{R_i + R_H},$$

$$\Delta U_H = \frac{55,5 \text{ ком} \cdot 10 \text{ в}}{55,5 \text{ ком} + 33,3 \text{ ком}} = 6,24 \text{ в} \approx 6,2 \text{ в.}$$

9. Вычисляем коэффициент усиления в динамическом режиме

$$\mu_d = \frac{6,24 \text{ в}}{0,2 \text{ в}} = 31.$$

Пример программированного упражнения

Вопросы

I. Запирающее напряжение на сетке при анодном напряжении U_a , в.

II. Анодный ток при равенстве потенциалов сетки и катоды, ма.

Вопросы	Ответы на вопросы к карточкам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	а	б
1. Напряжение запирания, в: а) для U_a ; б) для U_a'	-6 -4	-4 -2	-8 -6	-1,6 -1,0	-7 -4	-2,5 -2	-10 -7	-8 -6	-22 -15	-18 -12	-9 -6	-2 -1,4
2. Анодный ток при $U_c=0$, ма: а) для U_a ; б) для U_a'	6,0 4,0	4,5 2,5	5,0 2,5	1,3 0,7	6,0 3,0	1,2 0,6	15 10	6,0 2,8	32 16	48 36	10 5,0	1,5 1,0
3. Крутизна анодно-сеточной характеристики, ма/в	2 10	2,0 18	2,5 20	1,5 50	3,0 30	1,2 40	2,5 15	1,6 12	3,2 4	4,0 5	2,5 20	1,3 50
4. Коэффициент усиления	5,0 10	9,0 18	8,0 16	33 56	10 14	33 67	6,0 10	7,5 12	1,3 2,1	1,3 1,8	8,0 11	4,0 8,0
5. Статическое внутреннее сопротивление, ком	2,0	3,6	4,0	10	6,0	8,0	3,0	2,4	0,8	1,0	4,0	10
6. Сопротивление нагрузки, ком	1,3	2,4	2,7	6,2	3,5	5,3	1,9	1,5	0,3	0,42	2,3	6,7
7. Амплитуда изменения напряжения в анодной цепи, в	6,6	12	13	31	17	26	9,5	7,5	1,5	2,1	11	33
8. Амплитуда изменения напряжения на нагрузке, в												
9. Усиление действительное												

III. Крутизна сеточной характеристики, ма/в.

IV. Коэффициент усиления.

V. Внутреннее сопротивление триода (статическое), ком.

Ответы к карточкам
1, 3, 5, 7, 9

	I	II	III	IV	V
1	-8	6	3,2	15	10
2	-10	32	2	30	8,0
3	-7	8	2,5	4	5,0
4	-22	5	4	10	6,0
5	-6	15	3,0	20	1,3

Ответы к карточкам
2, 4, 6, 8, 10

	I	II	III	IV	V
1	-2,5	4,5	1,5	12	1,3
2	-1,6	6	4,0	5,0	9,0
3	-4	1,2	1,6	40	33
4	-8	48	2,0	50	2,0
5	-18	1,3	1,2	18	7,5

Код для проверки:

№ 1—51 243
 № 3—14 352
 № 5—31 521
 № 7—25 314
 № 9—42 135

Код для проверки:

№ 2—31 452
 № 4—25 143
 № 6—13 533
 № 8—42 315
 № 10—54 221

Вопросы к карточкам V серии — Графики анодно-сеточных характеристик триодов

1. Определите напряжение на сетке при запирании триода.
2. Каков анодный ток при одинаковых потенциалах сетки и катода?
3. Вычислите крутизну анодно-сеточной характеристики триода.
4. Каков коэффициент усиления триода?
5. Определите статическое внутреннее сопротивление триода.
6. Вычислите сопротивление нагрузочного резистора R_n (схема на рисунке 136 учебного пособия, E_a указано в карточке).
7. В рабочей точке С амплитуда изменения сеточного напряжения равна 0,2 в. Определите амплитуду изменения напряжения во всей анодной цепи.
8. Какова будет при этом амплитуда колебания напряжения на нагрузке R_n ?
9. Определите действительное усиление при динамическом режиме.

На карточках VI серии имеются два рисунка (рис. 9): на верхнем дано расположение плоского зеркала, предмета (стрелки) и глаза; на нижнем показано расположение сферического зеркала с указанием центра сферы и предмета (стрелки) перед этим зеркалом.

Первый раз карточки можно использовать после изучения законов отражения и построения изображения в плоском зеркале.

Учащимся предлагают начертить в тетради верхний рисунок карточки и при помощи построения определить, какую часть предмета будет видеть глаз в плоском зеркале и где на той же прямой надо расположить глаз, чтобы увидеть изображение предмета полностью.

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 нижнего края 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. Сделаем построение для повернутого на 45° зеркала (рис. 10, б), заключаем, что с прежнего места глаз не может увидеть изображение предмета в зеркале.

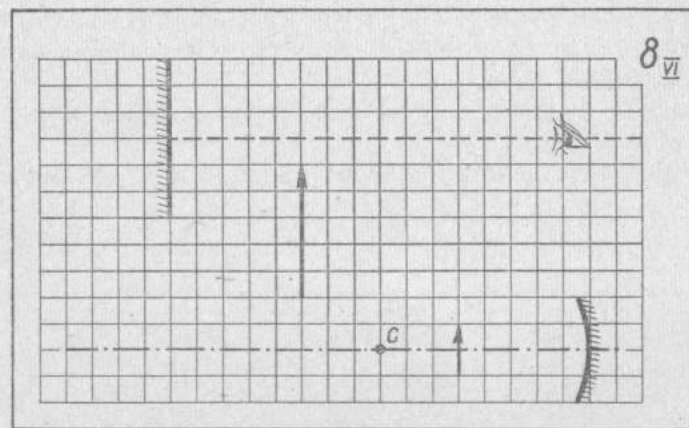


Рис. 9. Образец карточки VI серии (№ 8).

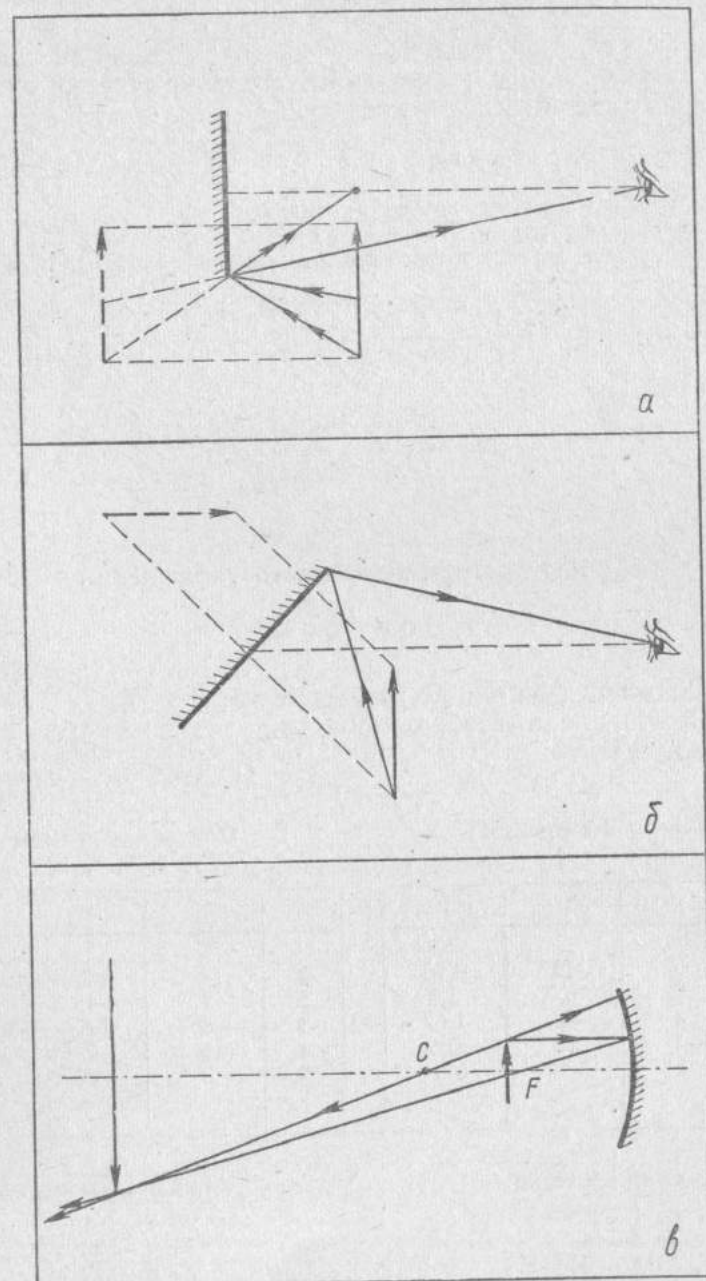


Рис. 10. Чертежи в тетради ученика: а) и б) построение изображений в плоском зеркале; в) построение изображения в сферическом зеркале.

Второй раз карточки данной серии рекомендуется использовать после изучения построения изображений в сферических зеркалах¹.

Сначала учащиеся должны перечертить нижний рисунок карточки в тетрадь, потом построить изображение стрелки в зеркале, затем определить его место и увеличение.

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

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

Пример программированного упражнения

Вопросы

- I. Фокусное расстояние, см.
- II. Расстояние до изображения, см.
- III. Увеличение.

Ответы к карточкам
1, 3, 5, 7, 9

	I	II	III
1	5	18	0,75
2	6	6,7	2,5
3	4	-2	1,67
4	-4	13	0,5
5	7	9	0,6

Код для проверки:

- № 1—325
- № 3—143
- № 5—254
- № 7—434
- № 9—112

Ответы к карточкам
2, 4, 6, 8, 10

	I	II	III
1	4	-9,3	0,5
2	7	-13	0,67
3	-6	7,5	2,67
4	5	-2	4
5	8	20	2,33

Код для проверки:

- № 2—431
- № 4—523
- № 6—342
- № 8—154
- № 10—215

¹ На карточках 9 и 10 показан вид половинок сферического зеркала в другой проекции.

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

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° 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?

На карточках VII серии даны три рисунка (рис. 11). На двух верхних показано направление лучей, падающих: а) на плоскопараллельную пластинку и б) на треугольную призму (рис. 11). Показатель преломления и материал, из которого сделаны призма и пластинка, указаны на карточке. На нижнем рисунке схематически изображены линза из этого же материала, положение главных фокусов и предмета перед линзой. Все рисунки выполнены в масштабе: сторона клетки — 1 см.

Первый раз карточки VII серии рекомендуется применить при изучении законов преломления света, предложив учащимся начертить ход луча в плоскопараллельной пластинке и ответить на первые четыре вопроса. Величину угла падения можно вычислить по тангенсу, используя клетчатую сетку, или непосредственно измерить транспортиром (в последнем случае могут оказаться заметные расхождения с ответами в таблице).

После выполнения лабораторной работы 3 в качестве упражнения полезно рекомендовать учащимся начертить ход луча через треугольную призму и ответить на вопросы 5—10.

Третий раз карточки данной серии следует использовать после изучения линзы и построения изображений в ней. В этом случае предлагают учащимся ответить на вопросы 11—15.

Покажем решение на примере карточки 5

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

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

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

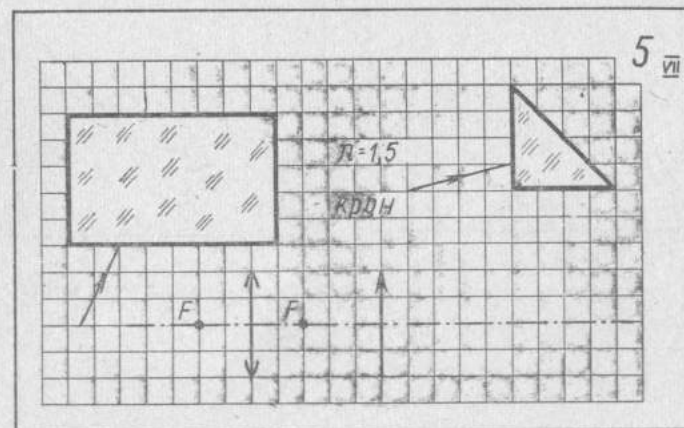


Рис. 11. Образец карточки VII серии (№ 5).

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:

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

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

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.

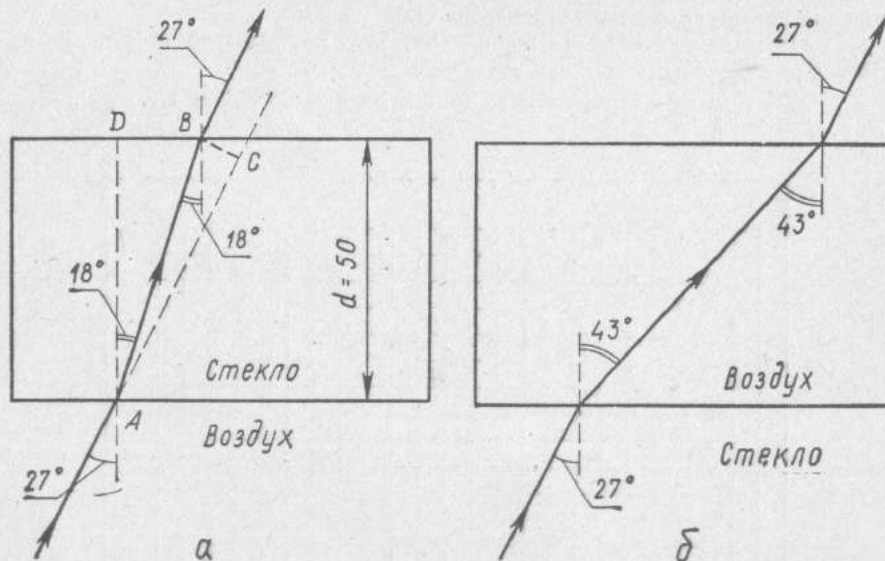


Рис. 12. Чертежи в тетради ученика: а) луч идет из воздуха через стекло в воздух; б) луч идет из стекла через воздух снова в стекло.

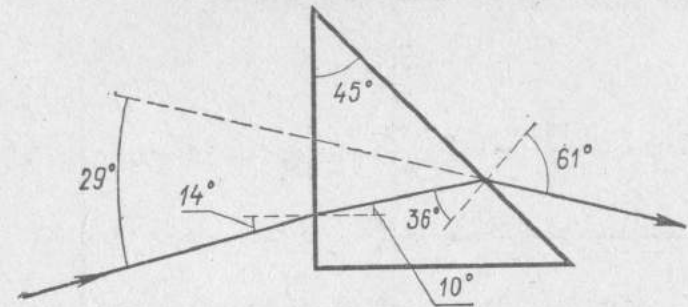


Рис. 13. Чертеж в тетради ученика. Построение хода луча через призму.

Решение для призмы (рис. 13)

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

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.

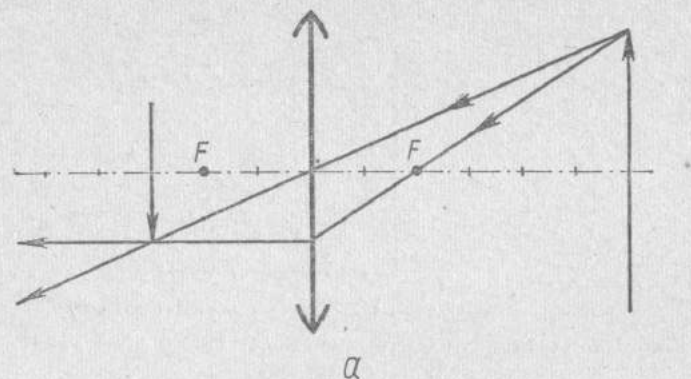
11. Фокусное расстояние $F = 2$ см.

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

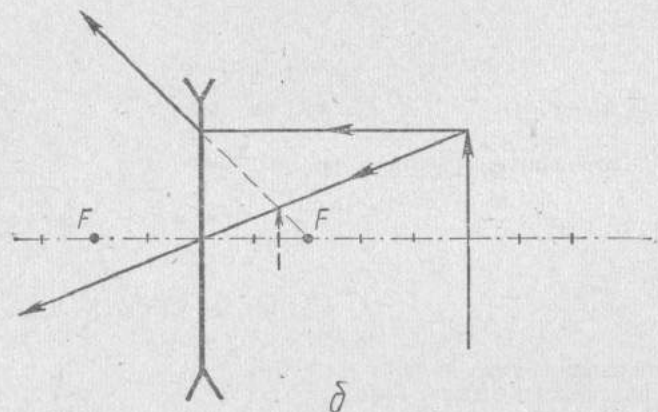
13. Расстояние до изображения находим по формуле линзы

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

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



а



б

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

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

Пример программированного упражнения

Вопросы

- I. Фокусное расстояние, см.
- II. Расстояние от предмета до линзы, см.
- III. Расстояние до изображения, см.
- IV. Увеличение.
- V. Радиус кривизны линзы, см.

Ответы к карточкам
1, 3, 5, 7, 9

	I	II	III	IV	V
1	-5	5	18	0,4	4,8
2	5	4	5,6	0,67	-8
3	3	8	3,3	2,5	2,7
4	2	14	12	0,39	5
5	4	7	-3,1	3	2

Ответы к карточкам
2, 4, 6, 8, 10

	I	II	III	IV	V
1	6	8	8,1	2	3
2	-6	3	4,1	0,62	9,6
3	4	5	-3,4	0,38	8
4	5	11	-30	0,43	4,8
5	3	13	-6	6	-6

Код для проверки:

- № 1—25 134
- № 3—32 451
- № 5—41 325
- № 7—54 213
- № 9—13 542

Код для проверки:

- № 2—45 123
- № 4—13 452
- № 6—54 234
- № 8—12 514
- № 10—21 345

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.

Таблица VII

Вопросы	Ответы на вопросы к карточкам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	а	б
Плоскопараллельная пластинка												
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	—	—	—	—
Треугольная призма												
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
Линза												
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 воз- душной 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

Перечертите рисунок с призмой и постройте ход луча через нее.

- Каков угол падения луча на грань призмы?
- Каков угол преломления?
- Определите величину преломляющего угла призмы.
- Вычислите угол падения луча на вторую грань.
- Каков будет угол преломления при выходе луча из призмы?
- Определите угол полного отклонения луча при прохождении через призму.

- Чему равно фокусное расстояние линзы (масштаб тот же)?
- На каком расстоянии находится предмет (стрелка) от середины линзы?

Перечертите чертёж в тетрадь и постройте изображение предмета в линзе.

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

- Какое увеличение дает в этом случае линза?

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

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

- Какое увеличение получится в этом случае?

VIII СЕРИЯ — ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ И ДИФРАКЦИЯ СВЕТА

На верхнем рисунке карточек VIII серии изображен прибор, который используется в лабораторных работах средней школы для определения длины волны света с помощью дифракционной решетки, указаны расстояние в миллиметрах от шкалы до дифракционной решетки и ее период d . На шкале даны положения одного-двух максимумов, видимых глазу при рассматривании через решетку (рис. 15).

На нижнем рисунке изображена картина интерференции при освещении плоско-выпуклой линзы, лежащей на плоской поверхности, монохроматическим светом той длины волны, которую измерили выше.

На этой картине показаны темные кольца и для измерения их диаметра измерительная шкала. Рисунок содержит только часть колец Ньютона. Для расчета радиуса кривизны линзы следует измерять диаметр наибольшего начерченного кольца.

Карточки VIII серии рекомендуется использовать после изучения явлений интерференции и дифракции света.

При ответе на вопросы по верхнему рисунку учащиеся должны вспомнить формулу для главных максимумов от дифракционной решетки.

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 φ 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:

$$\lambda = \frac{10^{-5} \text{ м} \cdot 55 \cdot 10^{-8} \text{ м}}{9 \cdot 10^{-1} \text{ м}} = 6,11 \cdot 10^{-7} \text{ м} \approx 610 \text{ нм (нанометров)}.$$

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 бесконечно-сти, поэтому

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

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

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

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

Пример программированного упражнения

Вопросы

- I. Расстояние от 0-го до 1-го максимума, мм.
- II. Длина волны в воздухе, нм.
- III. Радиус последнего темного кольца, мм.
- IV. Радиус кривизны линзы, м.

Ответы к карточкам
1, 3, 5, 7, 9

	I	II	III	IV
1	90	600	2,4	3,4
2	30	480	1,8	2,0
3	12	670	2,6	1,1
4	60	400	2,2	0,73
5	40	560	2,0	2,8

Ответы к карточкам
2, 4, 6, 8, 10

	I	II	III	IV
1	55	480	2,0	2,0
2	96	670	1,5	2,5
3	60	400	1,7	1,6
4	80	610	1,6	1,7
5	8	430	2,2	1,4

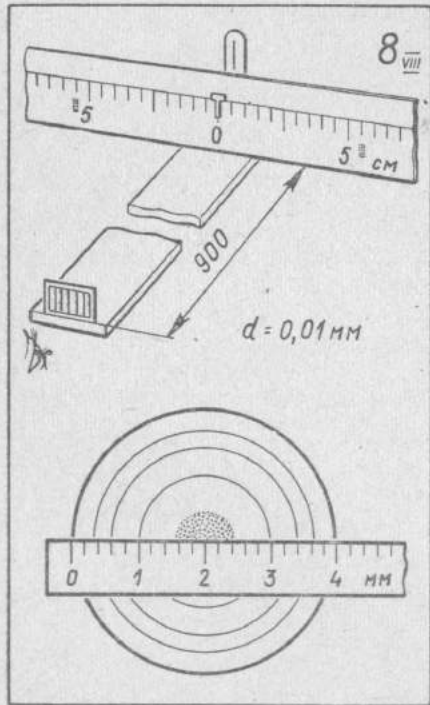


Рис. 15. Образец карточки VIII серии (№ 8).

Таблица VIII

Вопросы	Ответы на вопросы к карточкам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	а	б
1. Цена деления, мм	2	2	20	20	10	10	10	5	5	8	10	20
2. Расстояние от 0 до 1-го максимума, мм	12	8	60	80	40	60	90	55	60	96	70	90
3. Длина волны света, нм	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, мм	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, м	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, дптр	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, м	-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

Код для проверки:

№ 1—3241
 № 3—4135
 № 5—5344
 № 7—1452
 № 9—4513

Код для проверки:

№ 2—5312
 № 4—4245
 № 6—3541
 № 8—1413
 № 10—2154

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 м?
9. Какое при этом получается увеличение?

IX СЕРИЯ — СПЕКТРОСКОП

На рисунках карточек IX серии (рис. 16) даны графики зависимости между показаниями микрометра некоторого спектроскопа и длинами световых волн. Под графиком помещен рисунок микрометра, по которому определяют его показания в момент совпадения нити зрительной трубы со спектральной линией, наблюдаемой в эту трубу. Цена деления микрометра 0,02 мм.

Первый раз карточки данной серии рекомендуется использовать по теме «Излучение и спектры», предложив первые три вопроса.

Покажем решение на примере карточки 5

1. Показания микрометра 3,7 мм.

2. Соответствующую длину волны находим по графику

$$\lambda = 540 \text{ нм} = 540 \cdot 10^{-9} \text{ м.}$$

3. Частоту вычисляем по формуле $\lambda\nu = c$, округляя скорость света в воздухе до $3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}, \nu = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}}{540 \cdot 10^{-9} \text{ м}} = 5,56 \cdot 10^{14} \text{ гц.}$$

Второй раз имеет смысл использовать карточки IX серии в теме «Световые кванты. Действия света», предложив ответить на

все вопросы или записав для каждой карточки соответствующую частоту на вопросы 4—11.

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

$$E = mc^2, \\ m = \frac{E}{c^2}, m = \frac{36,8 \cdot 10^{-20} \text{ дж}}{(3 \cdot 10^8 \text{ м/сек})^2} = \\ = 4,09 \cdot 10^{-36} \text{ кг} \approx 4,1 \cdot 10^{-36} \text{ кг.}$$

6. Импульс вычисляем по формуле

$$p = mc, \\ p = 4,09 \cdot 10^{-36} \text{ кг} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек} = \\ = 12,3 \cdot 10^{-28} \text{ кг} \cdot \text{м/сек} \approx \\ \approx 12 \cdot 10^{-28} \text{ кг} \cdot \text{м/сек.}$$

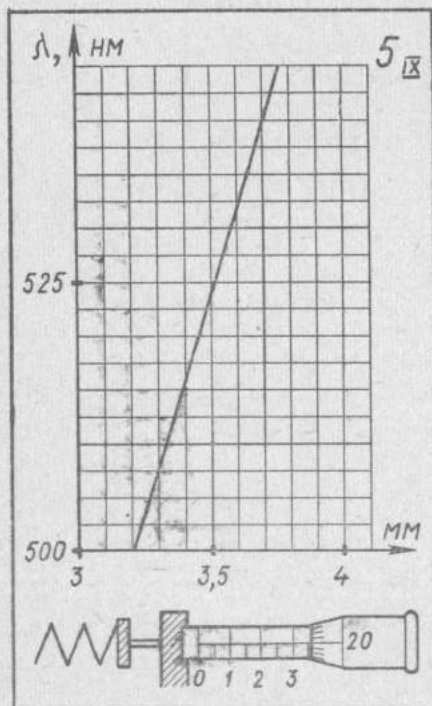


Рис. 16. Образец карточки IX серии (№ 5).

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

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

9. Скорость фотоэлектрона рассчитаем по формуле

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

10. Если мощность потока фотоэлектронов 0,33 ватт, 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

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

Пример программированного упражнения

Вопросы

- I. Показания микрометра, мм.
- II. Длина волны, нм.
- III. Частота, 10^{14} гц.
- IV. Энергия фотона при этой частоте, эв

Ответы к карточкам
1, 3, 5, 7, 9

	I	II	III	IV
1	3,7	590	6,37	2,6
2	3,0	471	5,08	3,0
3	4,3	480	7,26	2,3
4	2,88	413	5,56	2,1
5	1,9	540	6,25	2,8

Ответы к карточкам
2, 4, 6, 8, 10

	I	II	III	IV
1	4,18	448	4,35	1,7
2	5,14	690	4,89	2,6
3	4,4	730	6,70	1,8
4	2,5	613	5,10	2,1
5	4,9	588	4,11	2,0

Код для проверки:

№ 1—2351
№ 3—5432
№ 5—1543
№ 7—3124
№ 9—4211

Код для проверки:

№ 2—5213
№ 4—3425
№ 6—2351
№ 8—4132
№ 10—1544

Таблица IX

Вопросы	Ответы на вопросы к карточкам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	а	б
1. Показания микрометра, мм	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, нм	480	690	413	613	540	730	590	448	471	588	520	452
3. Частота, 10^{14} гц	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} Дж	41	29	48	32	37	27	34	44	42	34	38	43
5. Масса фотона, 10^{-38} кг	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} кг·м/сек	14	9,6	16	11	12	9,1	11	15	14	11	13	14
7. Энергия фотона, эв	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, эв	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, 10^6 м/сек	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 сек, 10^{12}	17	52	13	33	23	69	29	15	17	29	21	16
11. Сила тока насыщения, мка	2,8	8,2	2,1	5,3	3,7	11	4,6	2,4	2,7	4,7	3,3	2,6

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 эв?
9. Какую скорость приобретут эти электроны?
10. Общая мощность всех фотонов, попадающих на металл, равна 0,33 ватт. Сколько электронов в 1 сек выбивается из этого металла, если квантовый фотоэффект составляет только 1%?
11. Какой ток насыщения может быть при этом эффекте?

На нижнем рисунке карточек Х серии изображена траектория движения протона в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле (рис. 17). Величина вектора индукции магнитного поля, направленного перпендикулярно плоскости траектории, дана в карточке.

Клетчатая сетка и указание положения центров кривизны траектории протона O_1 и O_2 дают возможность определять соответствующие радиусы.

На верхнем рисунке карточки показана ядерная реакция расщепления ядра лития на две альфа-частицы при помощи протона, движущегося со скоростью, равной его скорости в точке 2 на нижнем рисунке карточки.

Прямолинейность траекторий указывает на то, что во время реакции величина индукции магнитного поля, влияющего на траекторию движения частиц, не изменяется.

Учащимся предлагают произвести расчет угла, под которым разлетаются альфа-частицы в результате реакции, используя известные законы сохранения.

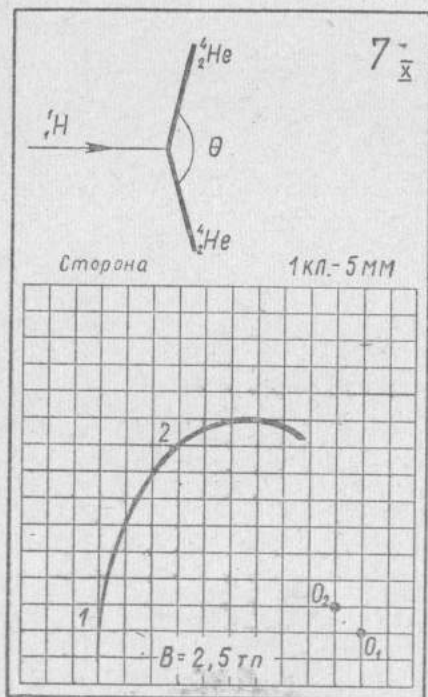


Рис. 17. Образец карточки Х серии (№ 7).

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.):

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

4. Скорость протона в точке 2:

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

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:

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

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

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).

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

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

Пример программированного упражнения

Вопросы

Вычислите следующие данные о протоне в точке 2:

- I. Радиус кривизны траектории, см.
- II. Скорость протона, м/сек.
- III. Импульс протона, кг · м/сек.
- IV. Кинетическая энергия протона, Мэв.

Ответы к карточкам
1, 3, 5, 7, 9

	I	II	III	IV
1	4,3	1,8	2,2	0,54
2	5,3	1,5	1,7	1,6
3	4,2	1,4	1,5	1,1
4	4,6	1,0	2,4	1,0
5	5,0	1,2	2,9	0,71

Код для проверки:

- № 1—5244
- № 3—4152
- № 5—1243
- № 7—3421
- № 9—2343

Ответы к карточкам
2, 4, 6, 8, 10

	I	II	III	IV
1	6,7	1,0	2,3	1,1
2	3,4	1,2	3,5	1,4
3	5,0	2,1	2,7	0,99
4	5,4	1,6	2,6	0,74
5	4,5	1,4	2,0	2,2

Код для проверки:

- № 2—3254
- № 4—1432
- № 6—2442
- № 8—4325
- № 10—5513

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° .

Вопросы к карточкам X 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.

XI СЕРИЯ — ДАВЛЕНИЕ
В ЖИДКОСТИ

На карточках XI серии (рис. 18) изображен сосуд с жидкостью и твердым телом, которое поднимается из состояния покоя вертикально вверх, постоянной силой тяги F (величина силы указана на рисунках). Рядом дан рисунок этого тела с указанием его размеров в миллиметрах.

Эта серия карточек предназначена для повторения материала программы прежних лет и в какой-то мере может быть использована в VI классе при изучении темы «Давление жидкостей и газов» (1—10 вопросы).

Учащимся X класса с целью повторения предлагают определить равнодействующую силу и то начальное ускорение, которое должно получить тело. Без расчетов представить себе возможный характер движения этого тела при подъеме в следующих случаях:

- а) когда часть пути в жидкости тело проходит равномерно;
 - б) когда нет равномерного движения тела внутри жидкости.
- Определить положение тела в конце подъема (7—13 вопросы).

Вопросы 14—16 помогут учащимся вспомнить материал о действии сил на пружину и законы колебания пружинных маятников.

Вопрос 17 напомним условия плавания тел на поверхности жидкости.

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, ρ , кг/м ³	Вещество	Плотность ρ , 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		

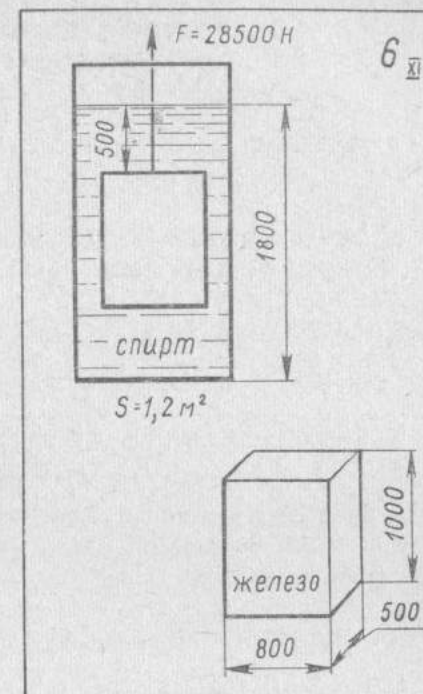


Рис. 18. Образец карточки XI серии (№ 6).

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 Δh .

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

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

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, вынутого из жидкости полностью, на пружине данного динамометра будет равен

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

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

17. Если тело изготовить из дерева с плотностью 500 кг/м^3 , 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

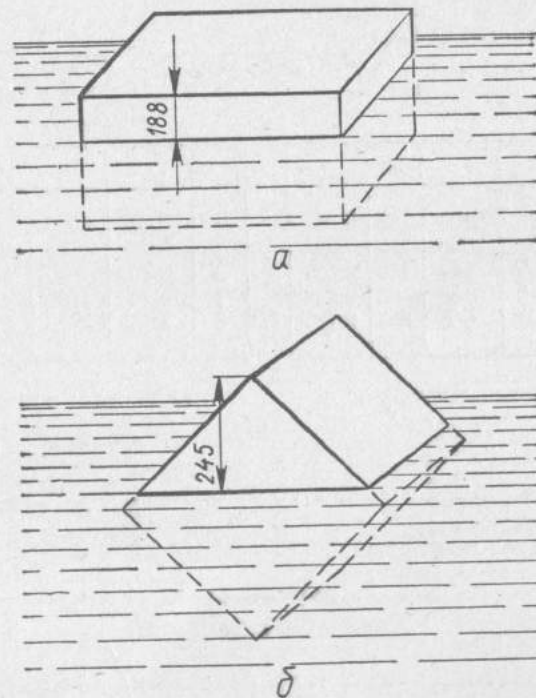


Рис. 19. Расположение при плавании в жидкости тел, изображенных а) на всех карточках, кроме 4 и 5; б) на карточках 4 и 5.

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

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

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

Пример программированного упражнения

Вопросы

- I. Объем тела, м^3 .
- II. Масса тела, кг .
- III. Архимедова сила, н .
- IV. Равнодействующая, н .
- V. Начальное ускорение, м/сек^2 .

Ответы к карточкам
1, 3, 5, 7, 9

	I	II	III	IV	V
1	0,080	220	2100	80	0,05
2	0,36	2300	8000	120	0,23
3	0,15	200	640	550	0,031
4	0,80	710	2900	50	0,24
5	0,26	2600	560	100	0,17

Код для проверки:

- № 1—43 251
- № 3—25 413
- № 5—14 325
- № 7—11 542
- № 9—52 134

Ответы к карточкам
2, 4, 6, 8, 10

	I	II	III	IV	V
1	0,20	2000	500	70	0,17
2	0,26	720	3200	500	0,19
3	0,40	540	1800	90	0,16
4	0,29	3100	2000	600	0,14
5	0,15	3600	2300	100	0,045

Код для проверки:

- № 2—35 241
- № 4—13 452
- № 6—34 223
- № 8—42 554
- № 10—21 335

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?

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	9,6
4. Сила давления снизу, кН	9,6	4,5	5,8	3,2	1,3	4,8	0,77	3,5	4,9	4,3	7,0	5,1
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	2,8	2,5	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

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 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 кг/м^3 . Ответ свой проверьте на опыте, уменьшив линейные размеры тела в 10 раз.

На левых рисунках карточек XII серии изображены измерительные цилиндры (мензурки), в которых находится определенный объем керосина при 20°C (рис. 20).

На правых рисунках дано изображение той же мензурки с погруженным в керосин телом. Тело перед погружением имело температуру 100°C . На карточках указана масса стеклянной мензурки и надписан род вещества, из которого сделано тело.

Эти карточки рекомендуется использовать при повторении пройденного программного материала прежних лет обучения. В основном поставленные вопросы связаны с калориметрическими расчетами, учитывающими неизбежное рассеивание внутренней энергии.

Покажем решение на примере карточки 5

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

$$m_k = \rho_k V_k,$$

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

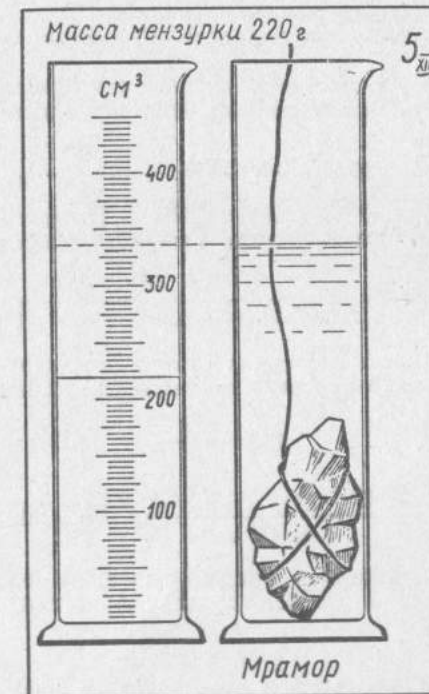


Рис. 20. Образец карточки XII серии (№ 5).

5. Масса куска 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

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

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

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

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

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

8. Количество воды, которое можно нагреть от 20 до 100°C и 5% выпарить, сжигая весь керосин в установке с к.п.д. 40%, рассчитаем по следующему уравнению (L взять равным 540 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°C, конечная 270°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 кат в к.п.д. 25% указанного в карточке количества керосина хватит на T сек.

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

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

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:

$$P_B = (g + a)m - (g + a)\rho_K V_T,$$

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

$$P_B = 14 \text{ м/сек}^2 \cdot 0,310 \text{ кг} - 14 \text{ м/сек}^2 \cdot 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 115 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 3,05 \text{ н} \approx 3,1 \text{ н}.$$

13. При опускании системы вниз с ускорением 4 м/сек² показание динамометра равно:

$$P_H = (g - a)m - (g - a)\rho_K V_T,$$

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

$$P_H = 6 \text{ м/сек}^2 \cdot 0,310 \text{ кг} - 6 \text{ м/сек}^2 \cdot 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 115 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 1,31 \text{ н} \approx 1,3 \text{ н}.$$

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 м/сек², 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:

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

Пример программированного упражнения

Вопросы

- I. Объем жидкости, см³.
- II. Объем тела, см³.
- III. Масса керосина, г.
- IV. Масса тела, г.
- V. Температура после погружения тела, °C.

Стветы к карточкам

1, 3, 5, 7, 9

	I	II	III	IV	V
1	7,4	160	180	81	55
2	280	115	37	27	34
3	115	12	5,9	1700	44
4	46	30	220	310	37
5	220	3,4	92	100	47

Код для проверки:

№ 1—43 251
 № 3—34 512
 № 5—52 143
 № 7—21 435
 № 9—15 324

Ответы к карточкам

2, 4, 6, 8, 10

	I	II	III	IV	V
1	11,5	0,15	88	16	51
2	53	70	15	36	21
3	1,7	31	9,2	180	30
4	110	6,5	1,4	240	72
5	19	4,0	42	2,9	48

Код для проверки:

№ 2—23 541
 № 4—54 213
 № 6—15 324
 № 8—42 135
 № 10—31 452

Ответы в таблице получены при следующих значениях физических величин.

Вещество	Плотность г/см ³	Удельная теплоем- кость, кал/(г·град)	Вещество	Плотность г/см ³	Удельная теплоем- кость, кал/(г·град)
Пробка	0,20	0,50	Алюминий	2,7	0,21
Мрамор	2,7	0,21	Серебро	10,5	0,050
Железо	7,8	0,11	Фарфор	2,3	0,18
Медь	8,9	0,093	Стекло	2,5	0,20
Золото	19,3	0,030	Латунь	8,5	0,090
Свинец	11,3	0,031	Керосин	0,8	0,50
Олово	7,8	0,055			

Вопросы к карточкам XII 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° С, а тело 100° С? (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° С 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° С, можно расплавить и нагреть до 270° С, 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 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 м/сек².
13. Вычислите показание динамометра при движении всей системы вниз с постоянным ускорением 4 м/сек².
14. Что покажет динамометр в состоянии невесомости: а) при покое или равномерном движении всей системы относительно кор-

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, °С	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°С 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

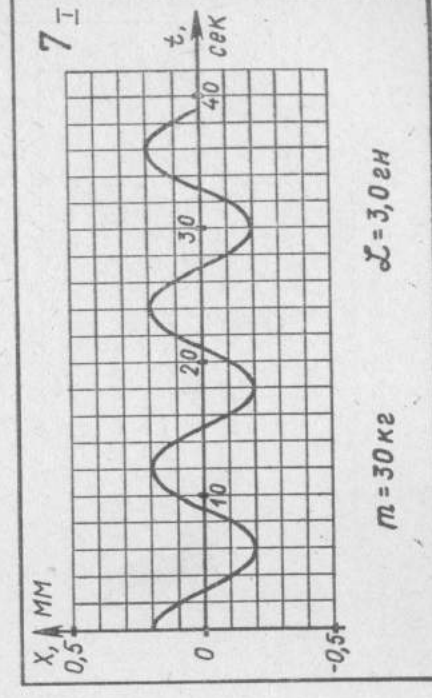
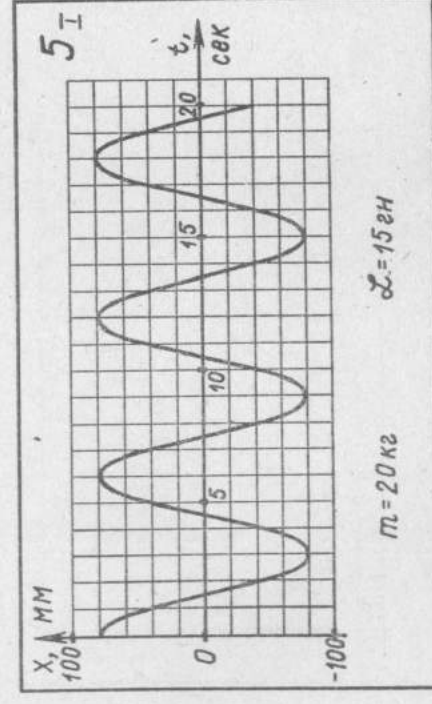
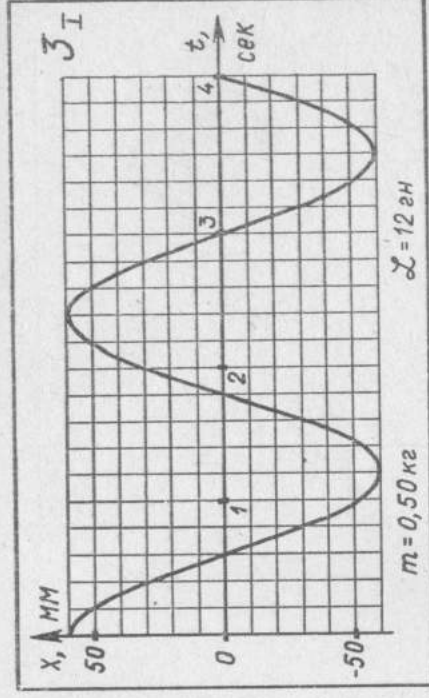
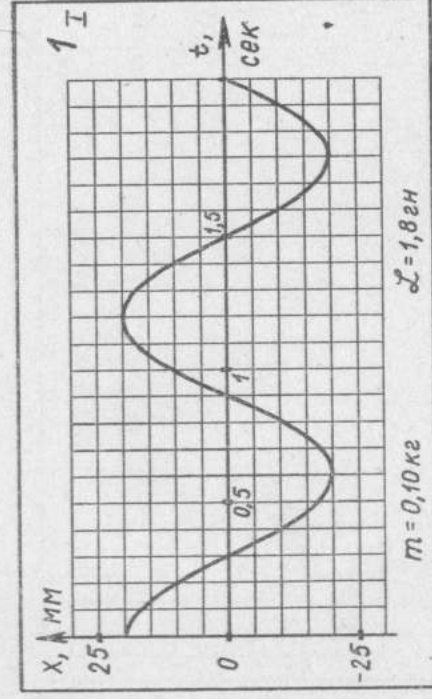
пуса космического корабля; б) при движении с ускорением 4 м/сек^2 вдоль линии тело — динамометр?

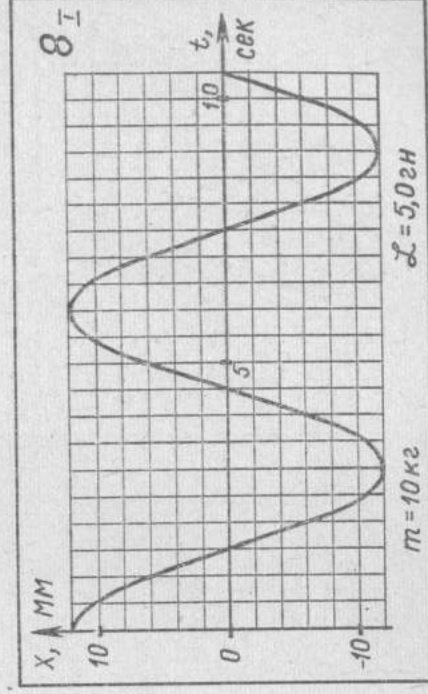
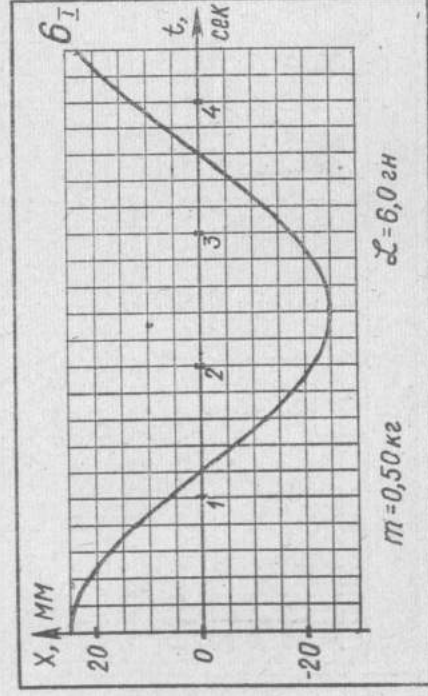
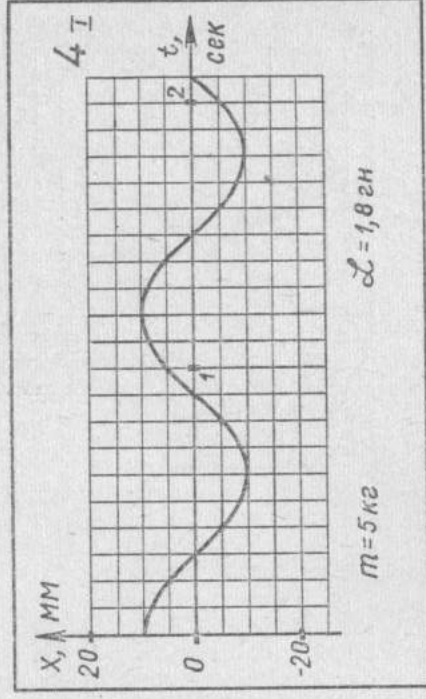
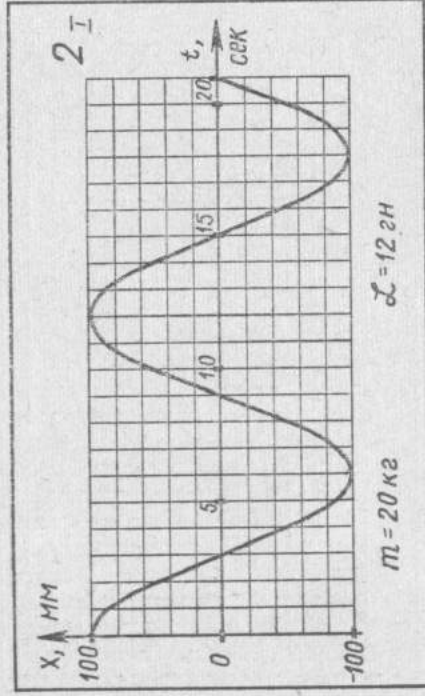
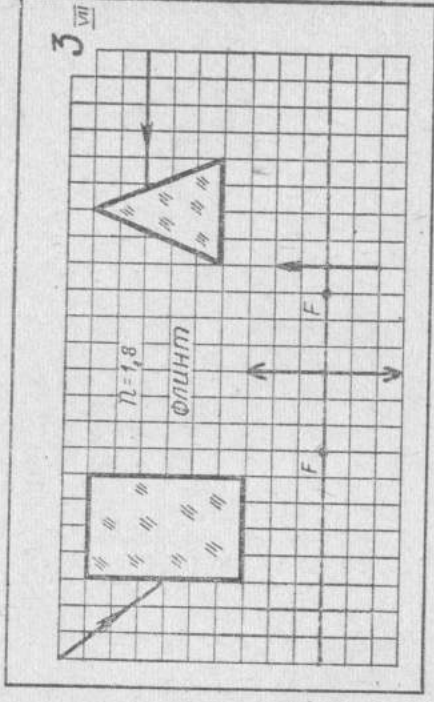
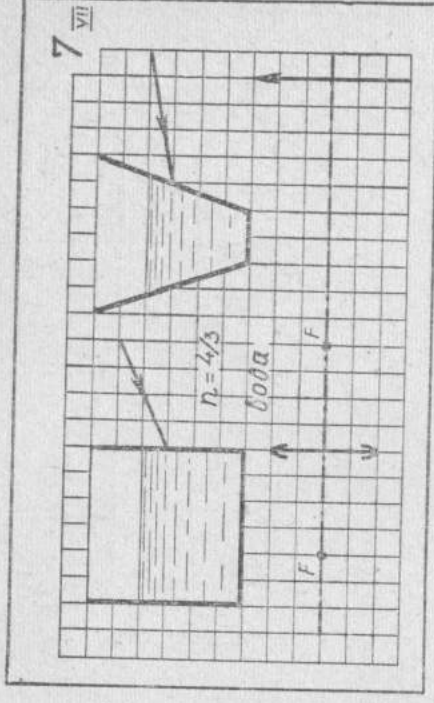
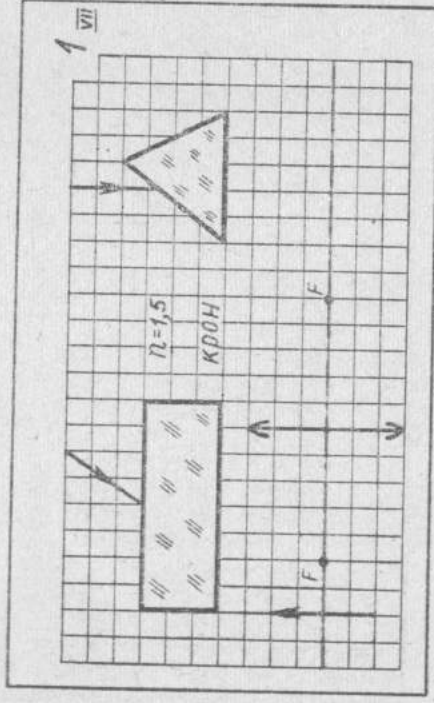
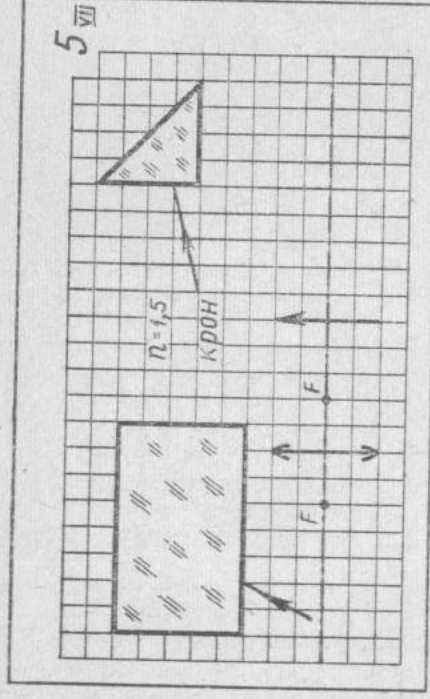
15. Чему равны сила тяжести и вес тела, опущенного в керосин на космическом корабле, движущемся по орбите вокруг Земли на расстоянии 300 км?

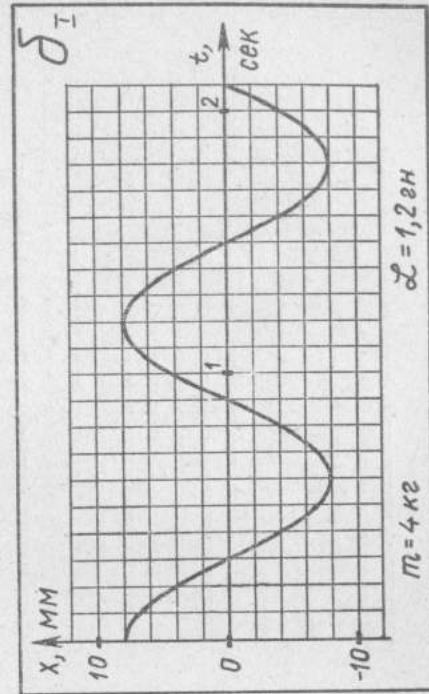
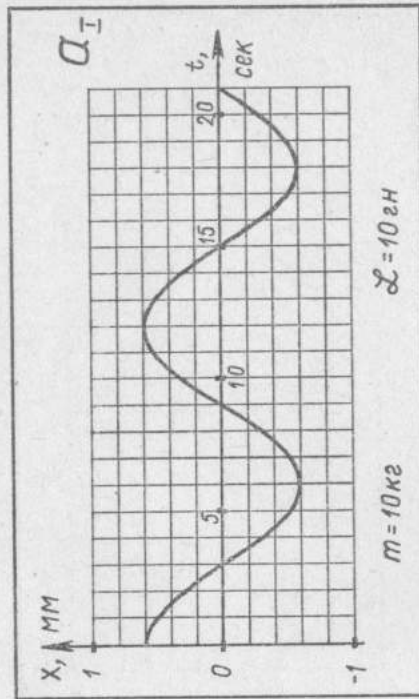
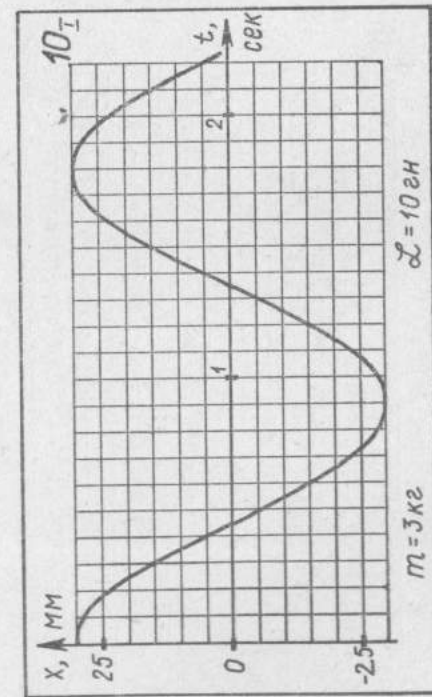
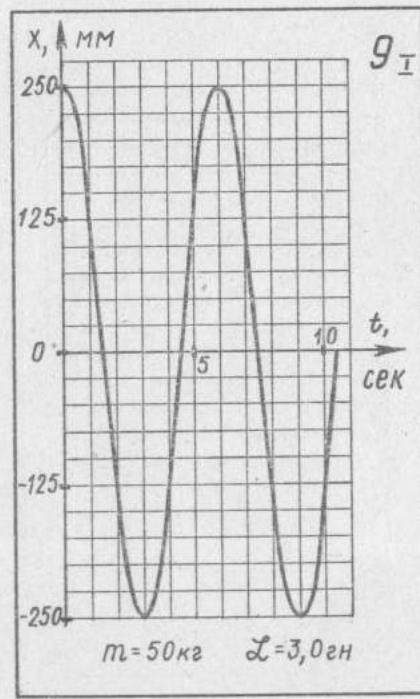
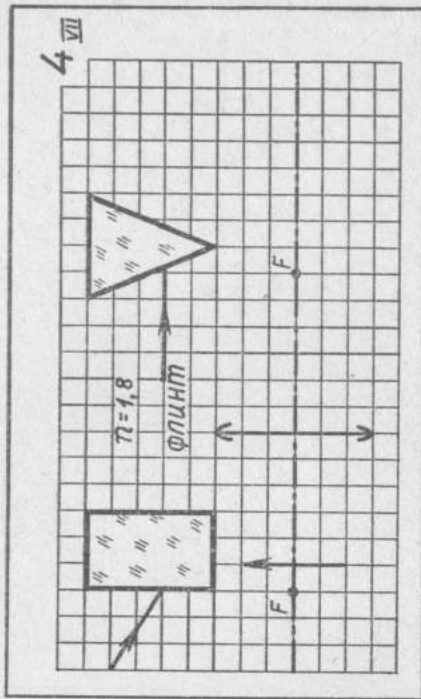
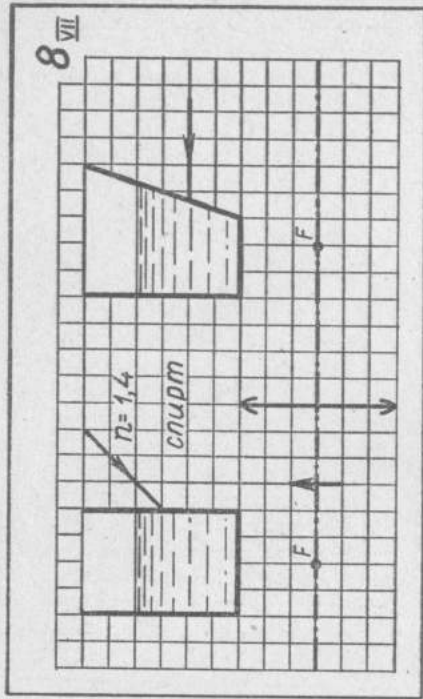
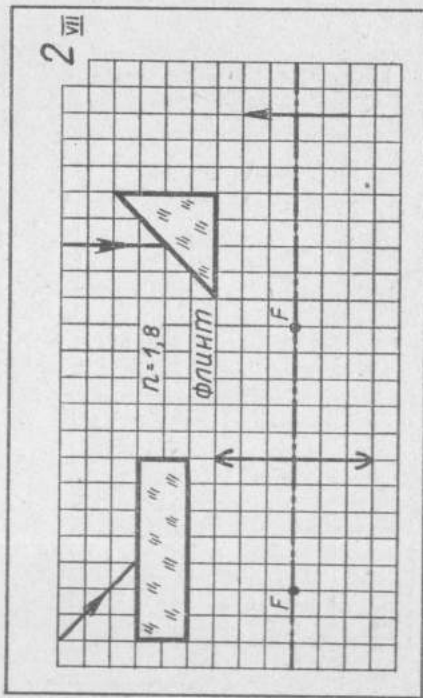
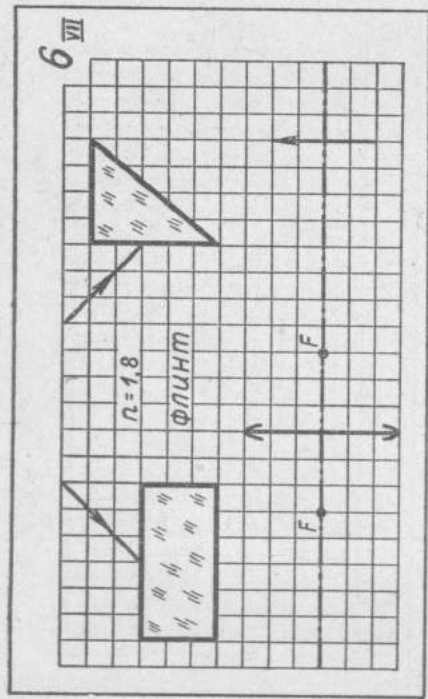
Кроме перечисленных в тексте вопросов, учитель, используя рисунки, приведенные в работах, может найти и много других, которые будут развивать мышление учащихся.

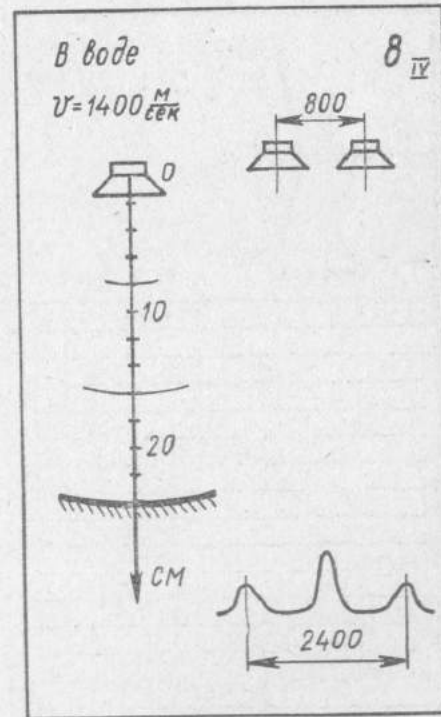
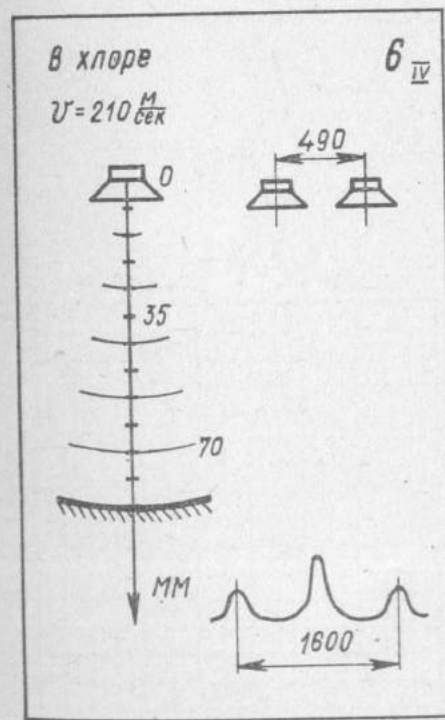
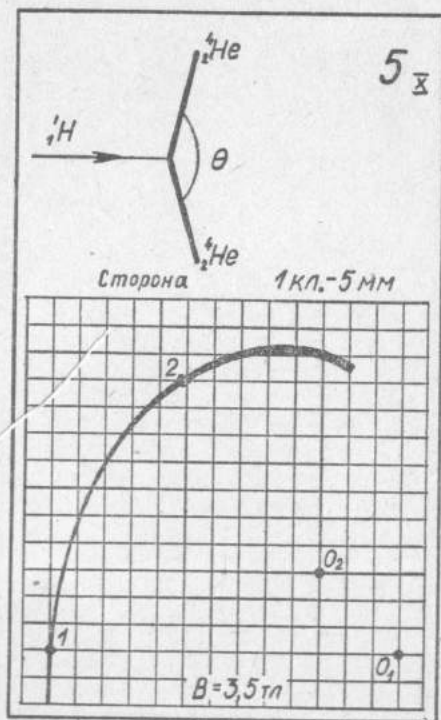
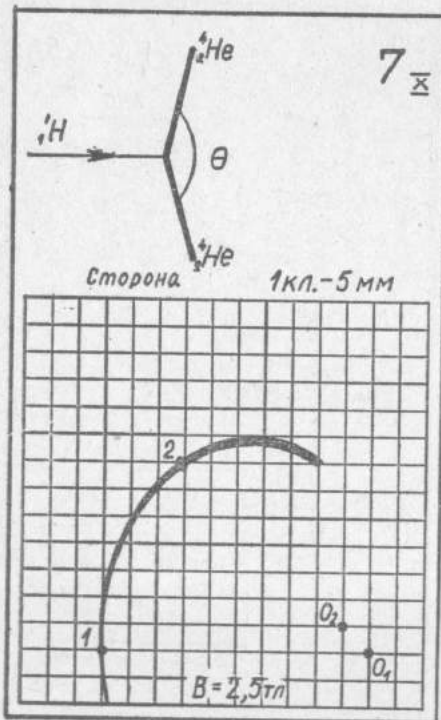
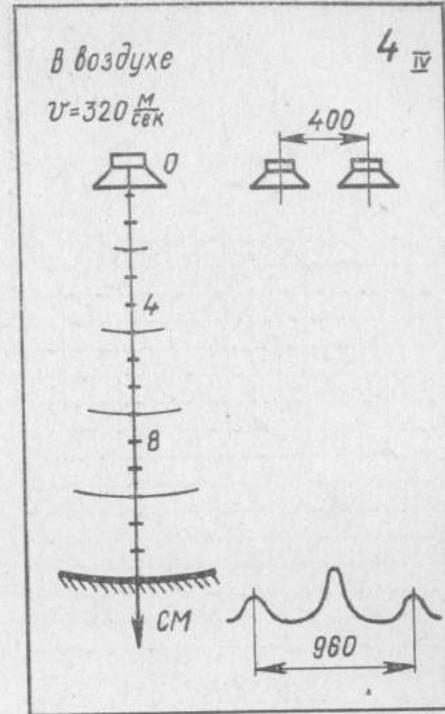
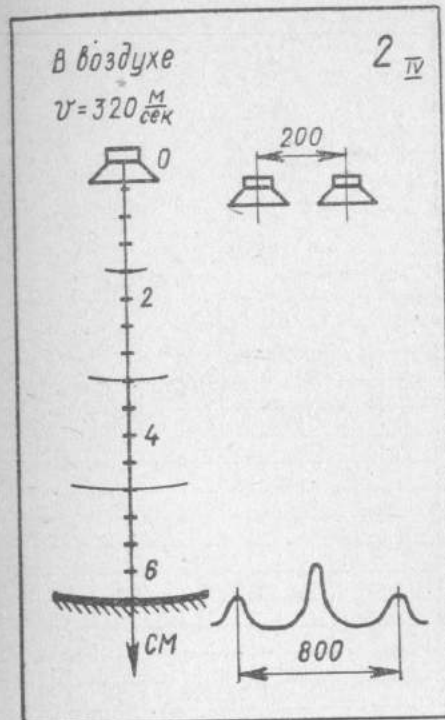
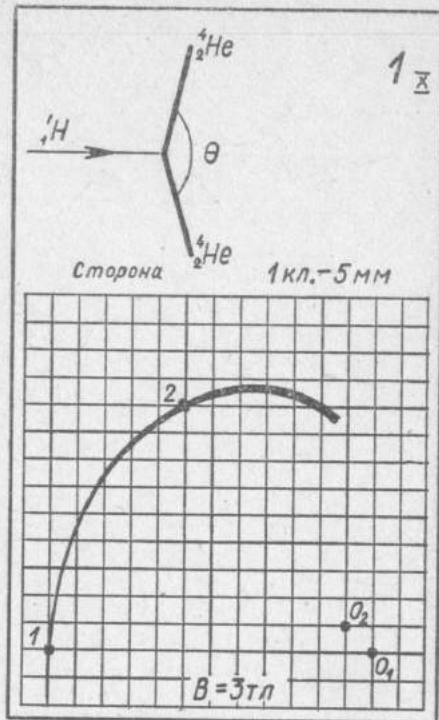
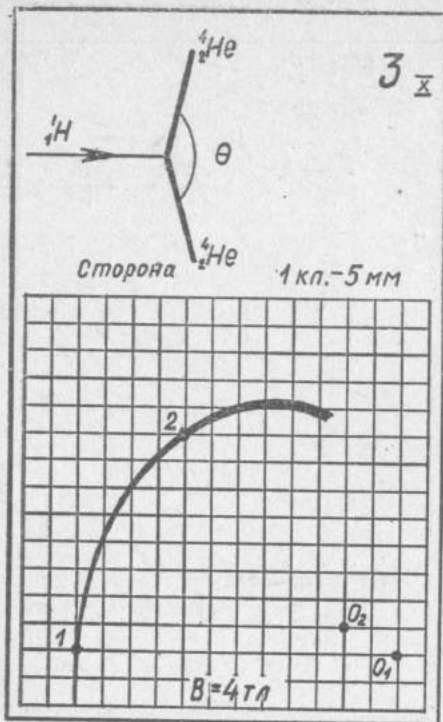
В тексте даны примеры программированных упражнений, по одному на каждую серию. Основываясь на них, учитель сам может составлять необходимые для данного урока программированные упражнения, учитывая все имеющиеся в его распоряжении технические средства. Следует иметь в виду, что подобные упражнения позволяют обеспечить существенный элемент всякого обучения — поэтапный самоконтроль учащегося за своей работой.

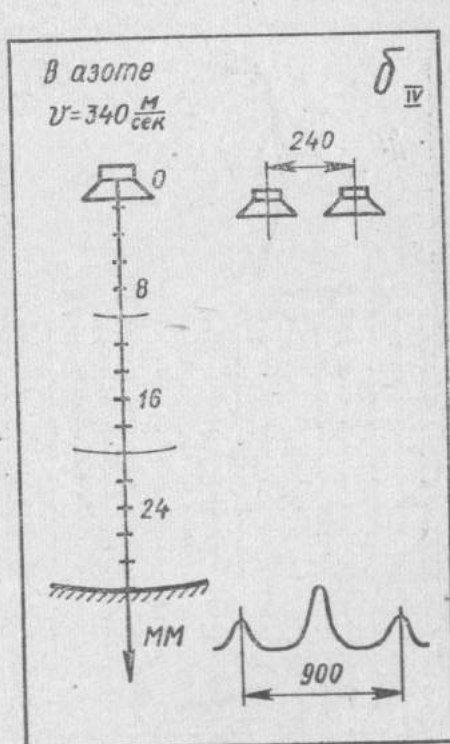
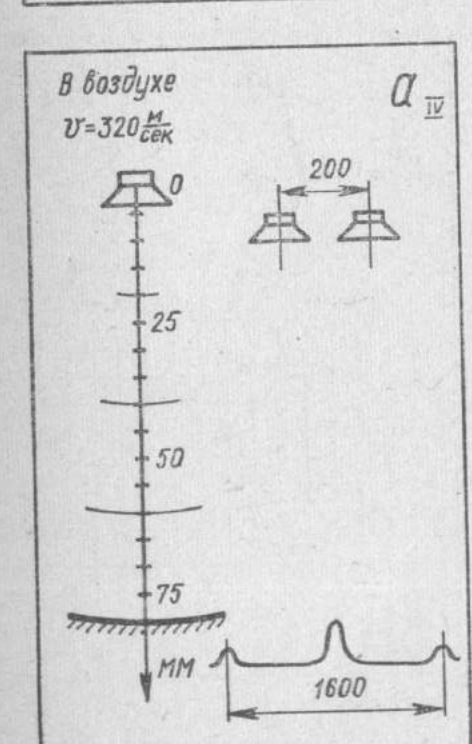
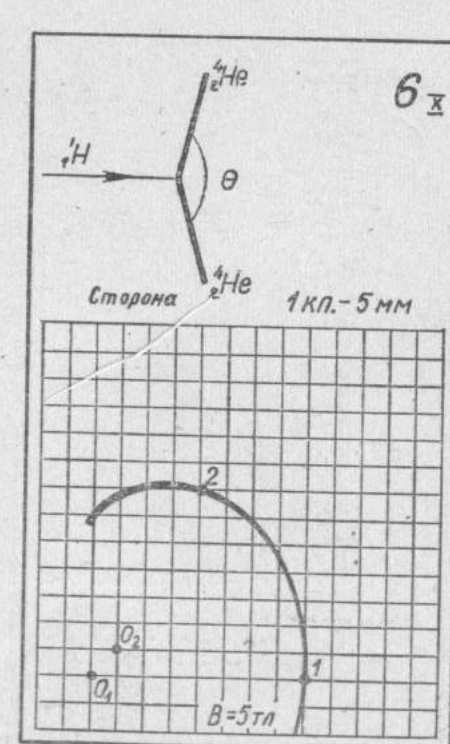
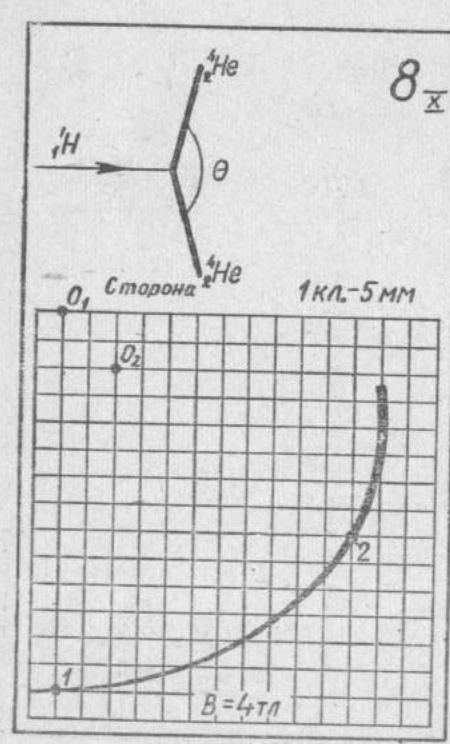
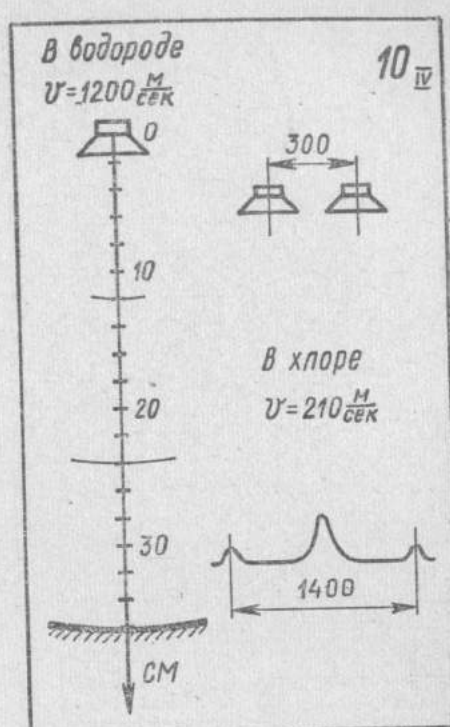
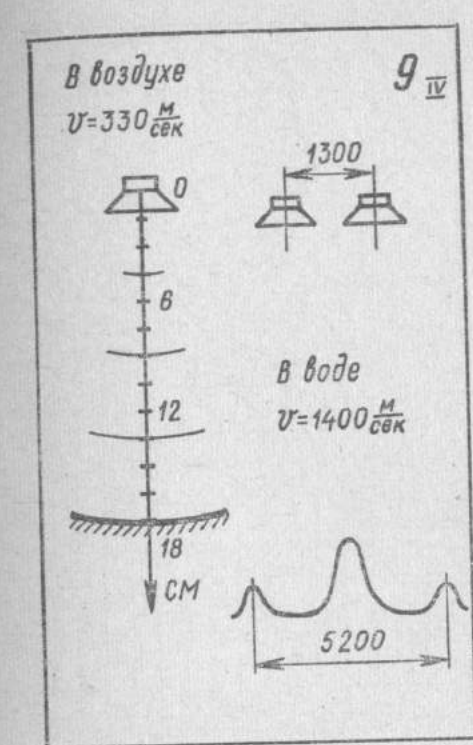
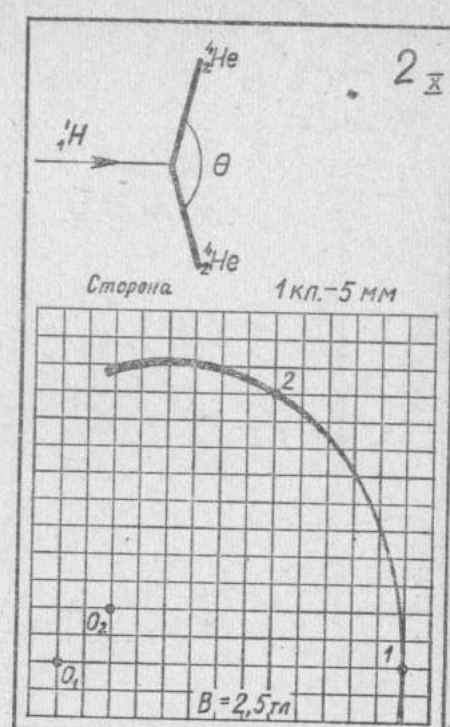
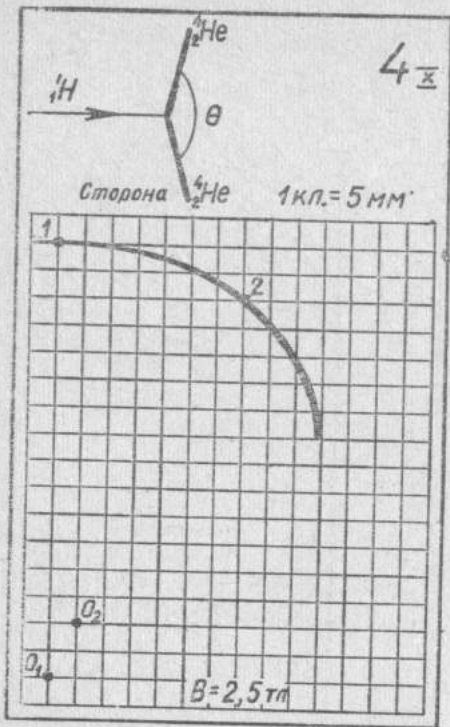
ДИДАКТИЧЕСКИЕ КАРТОЧКИ

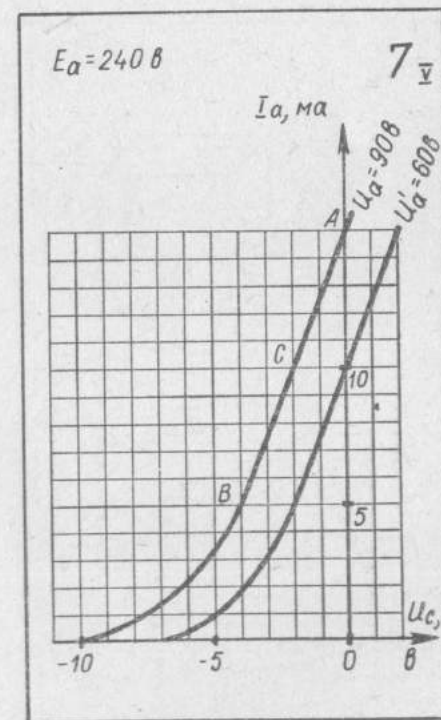
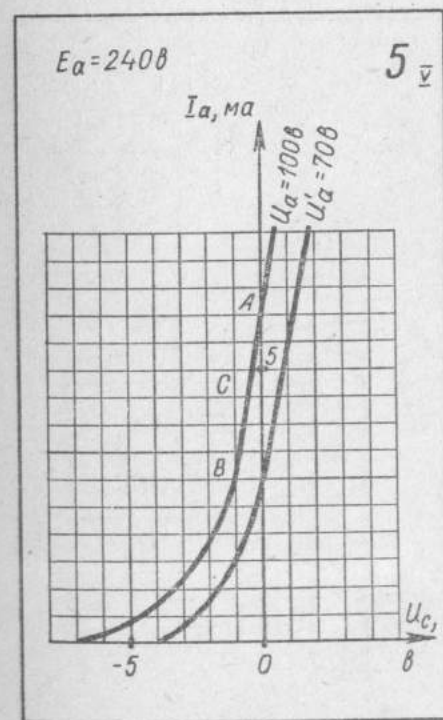
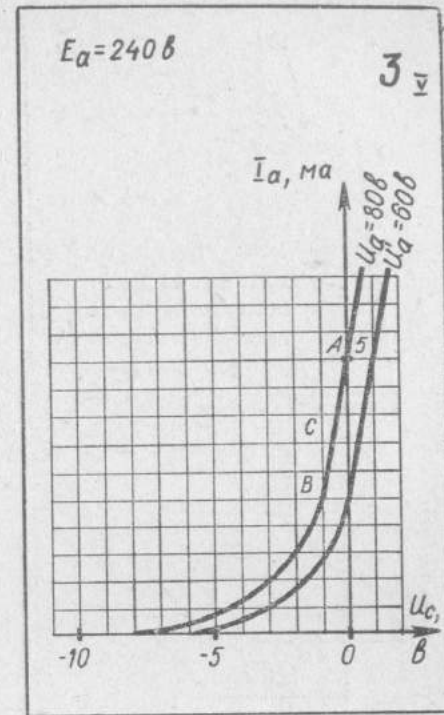
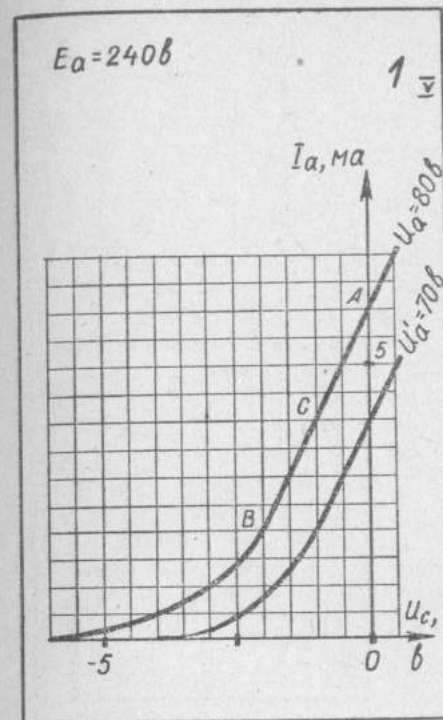
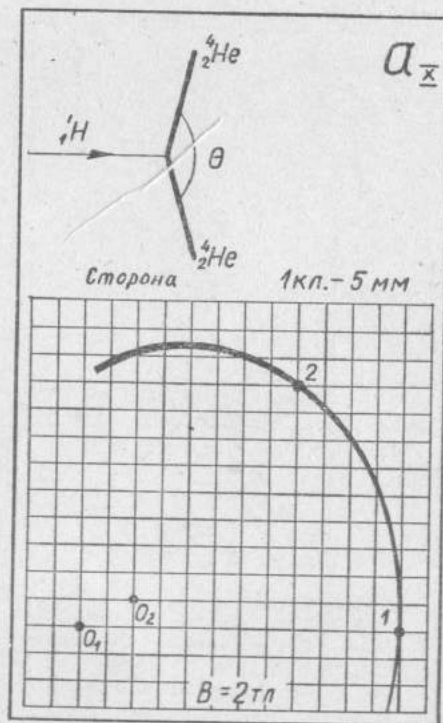
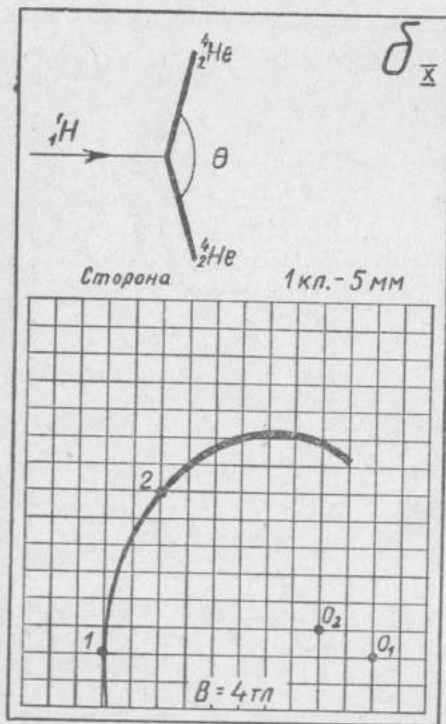
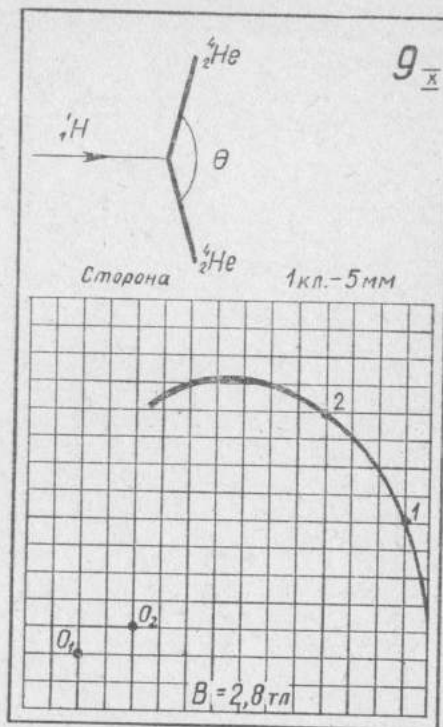
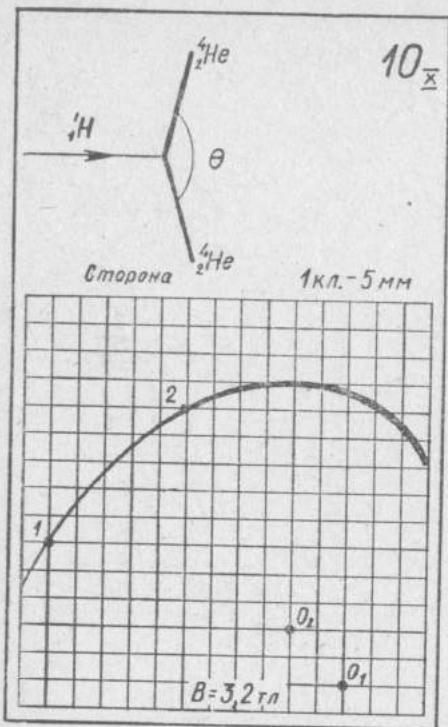












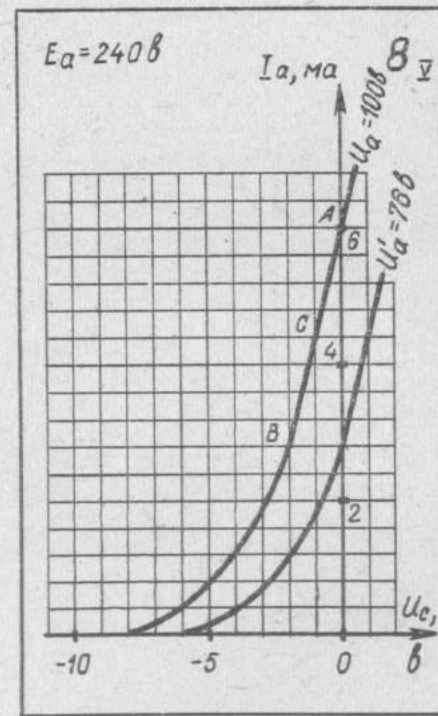
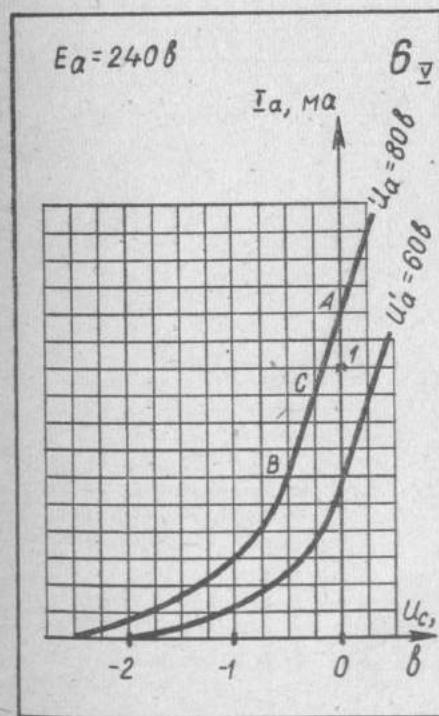
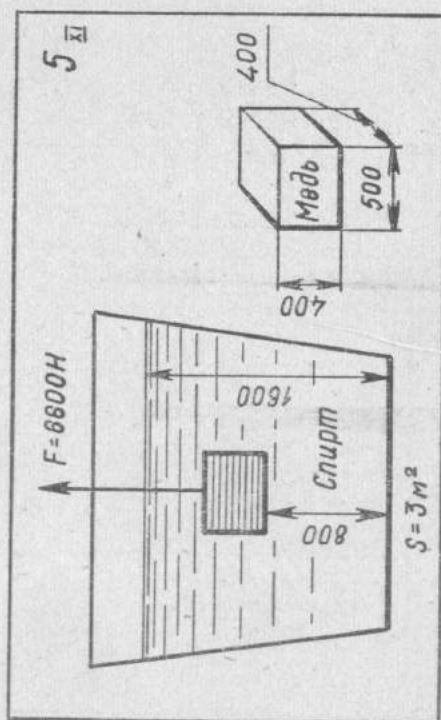
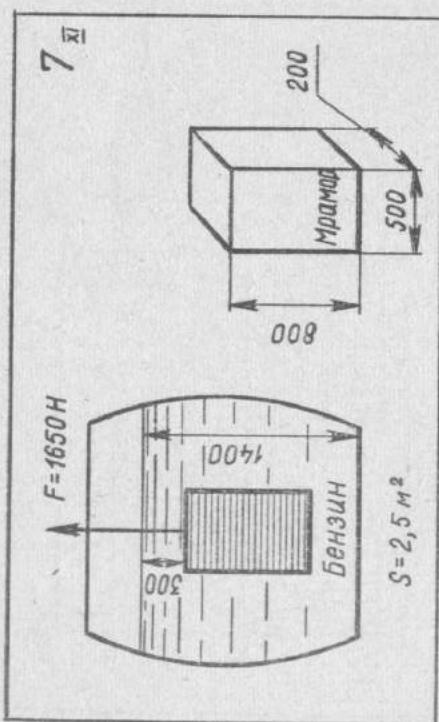
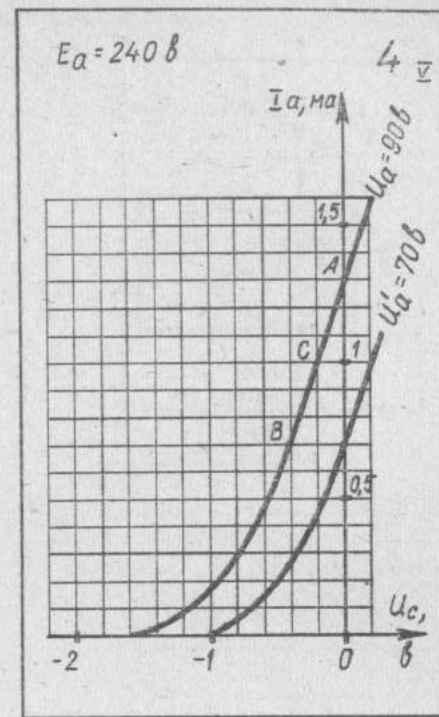
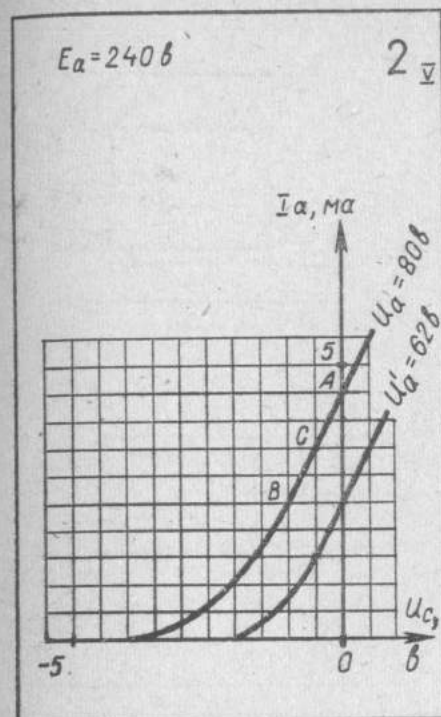
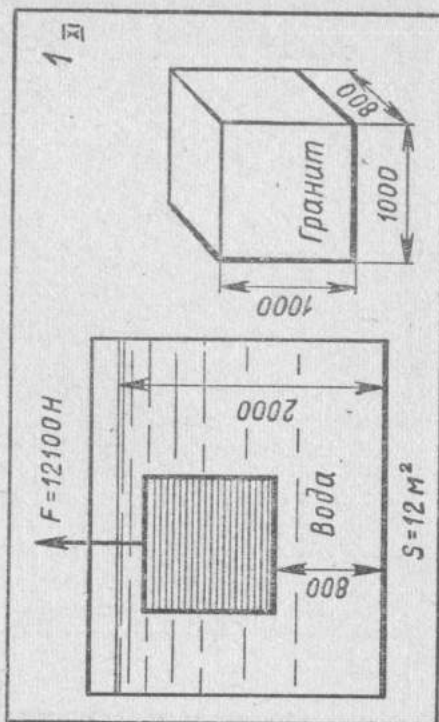
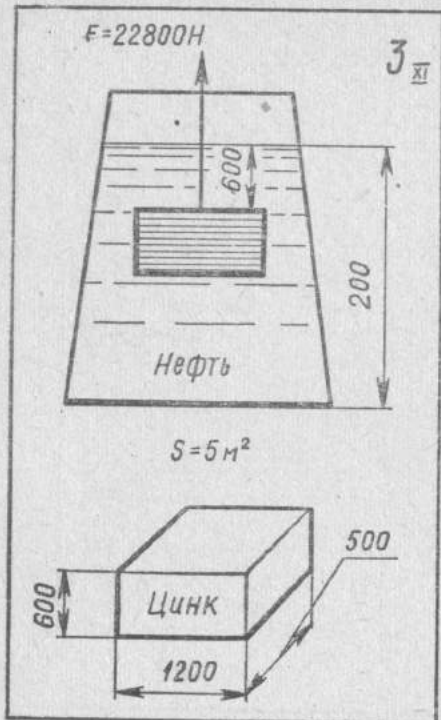
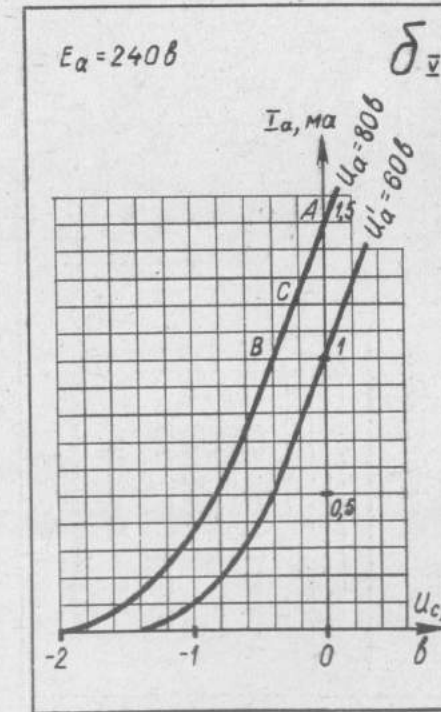
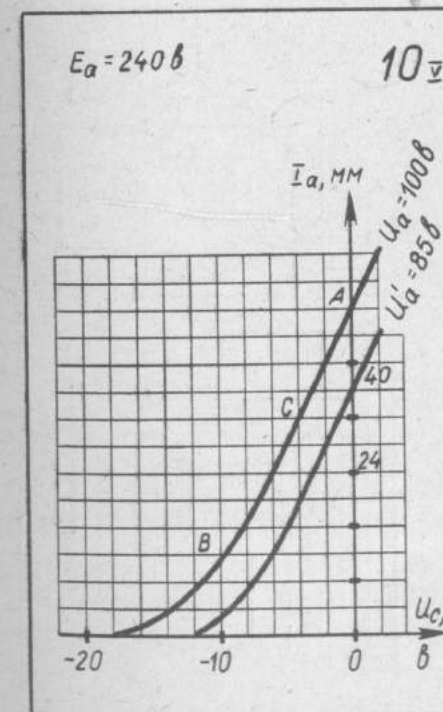
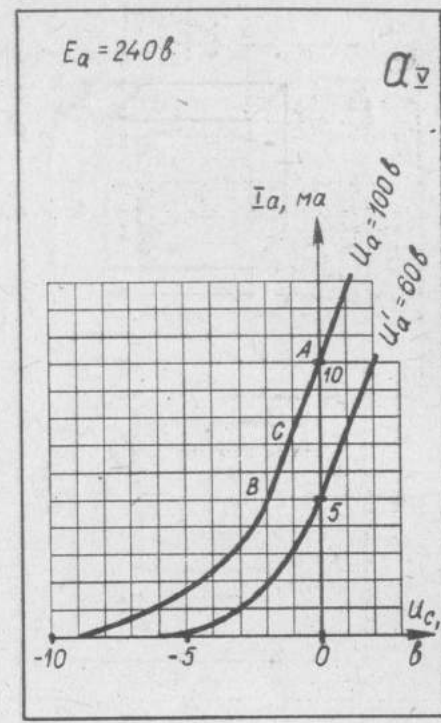
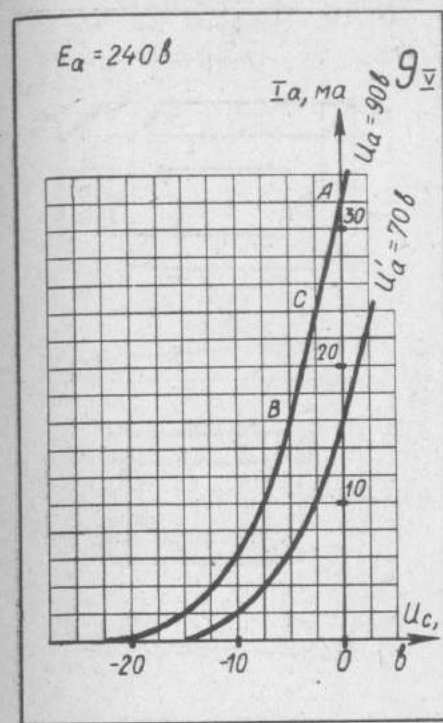
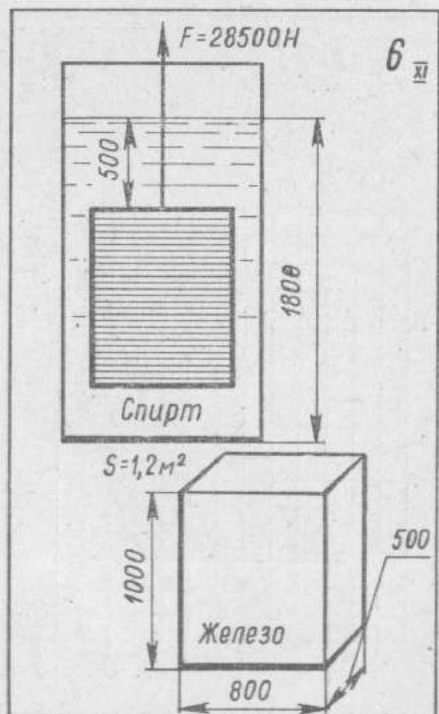
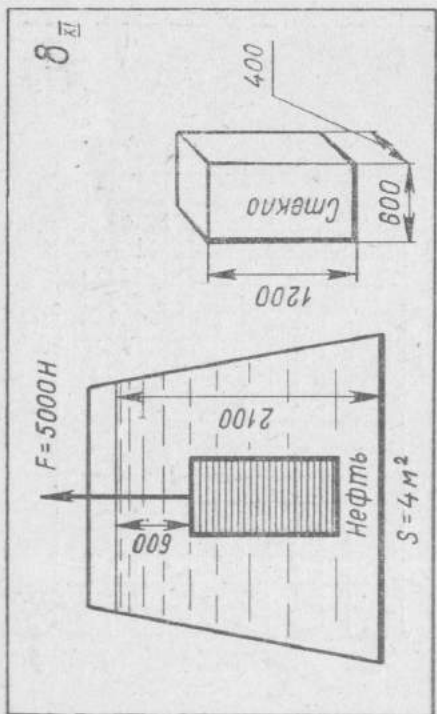
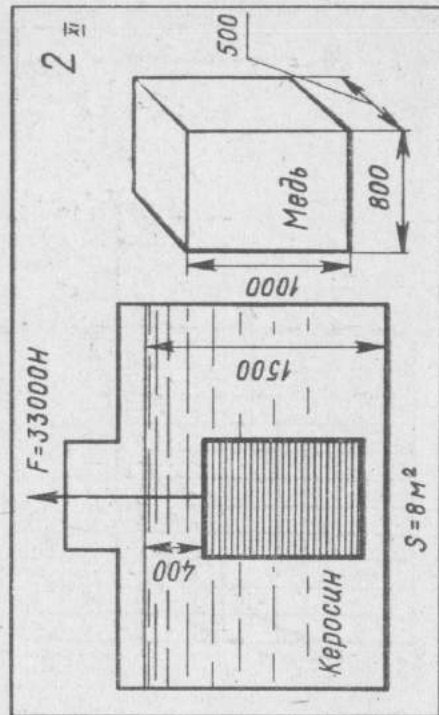
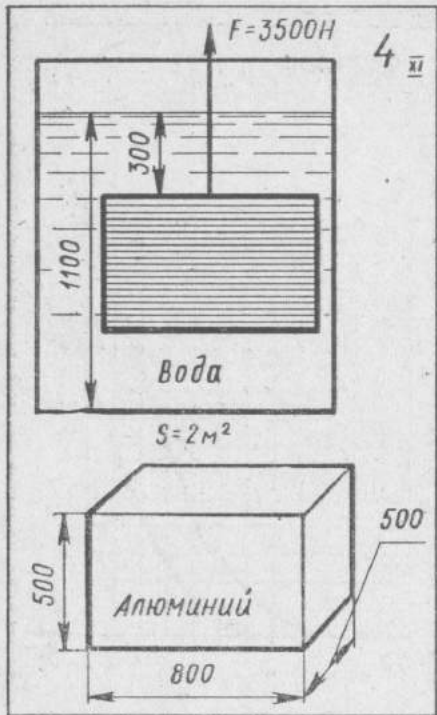
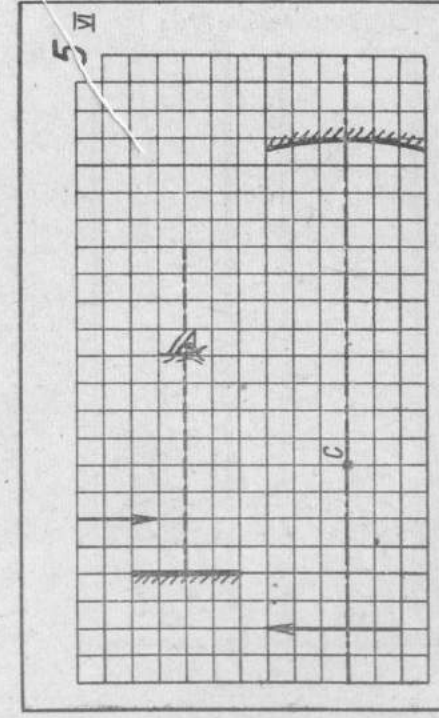
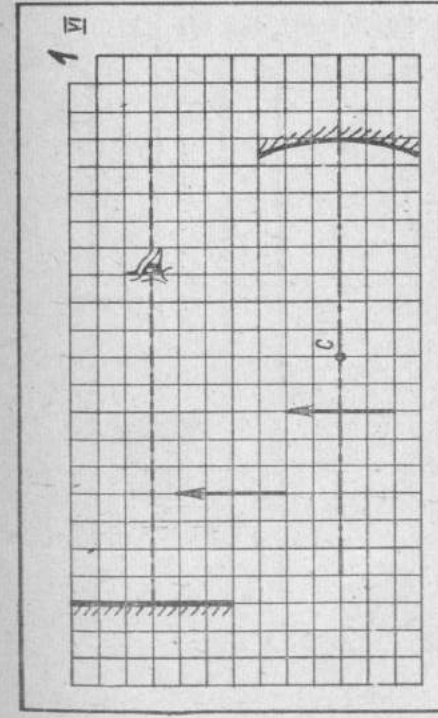
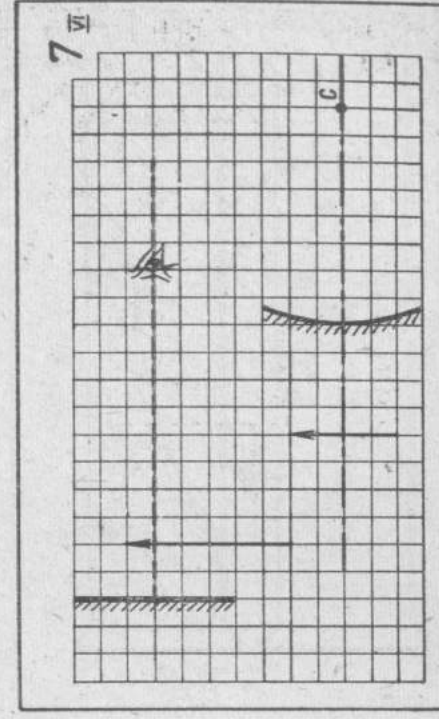
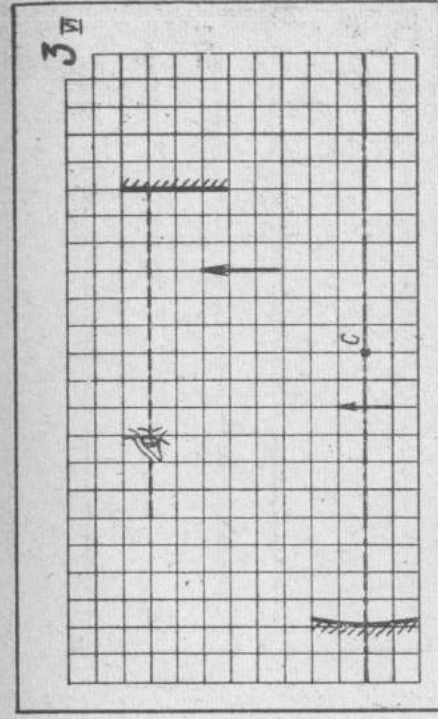
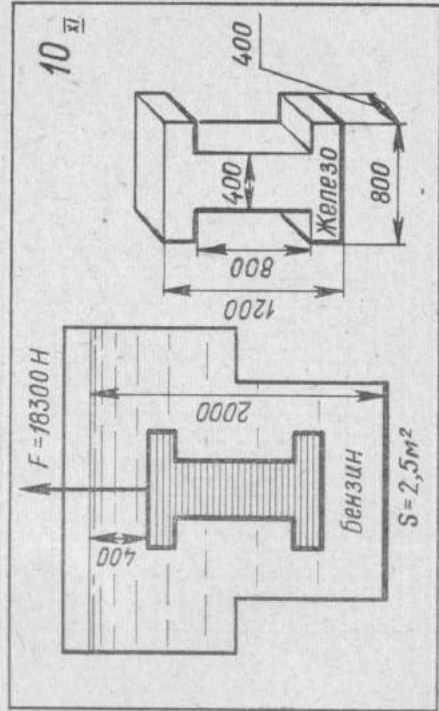
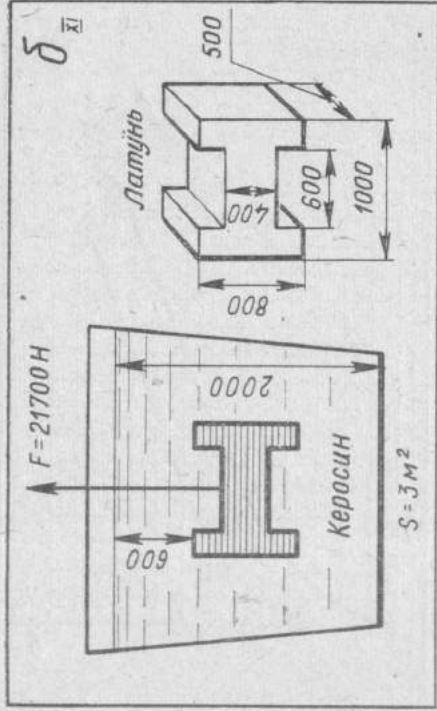
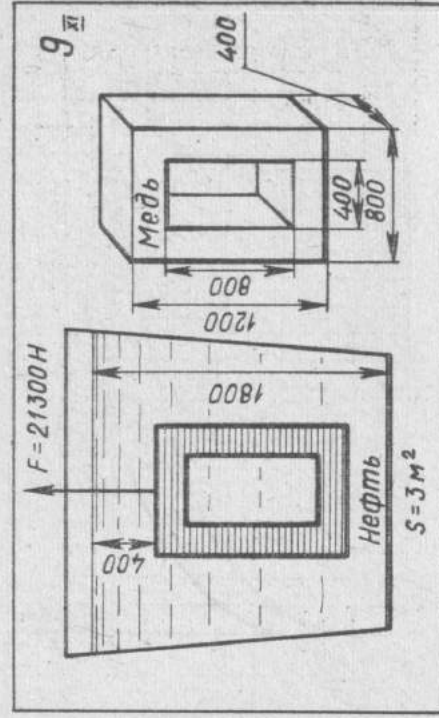
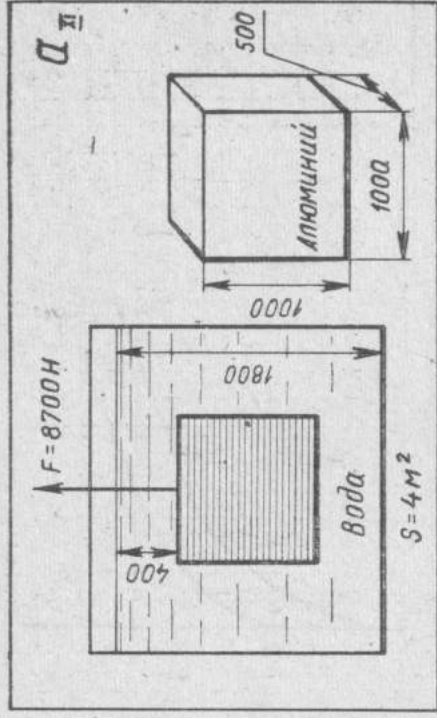
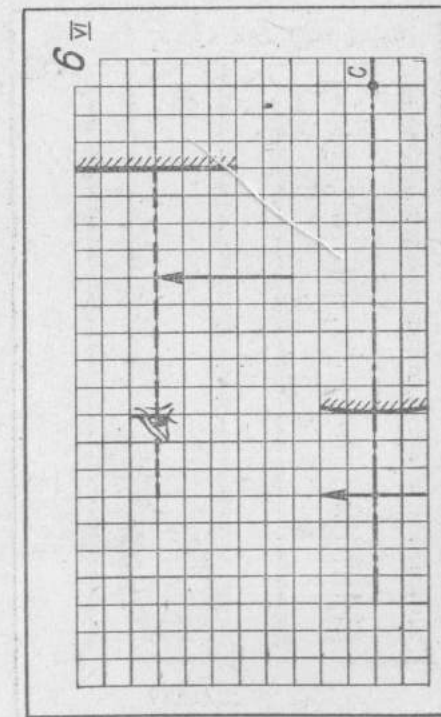
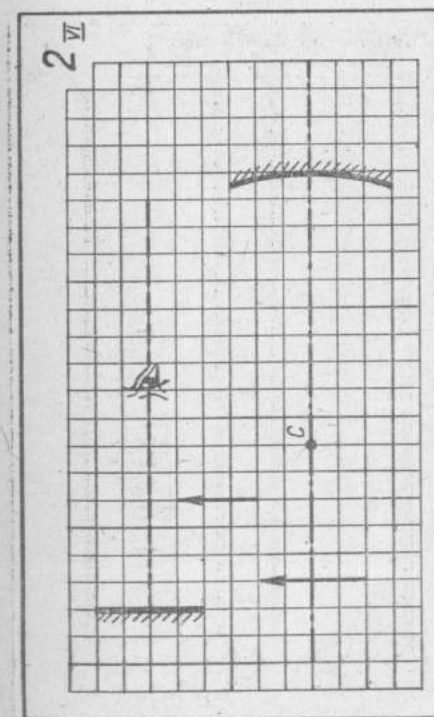
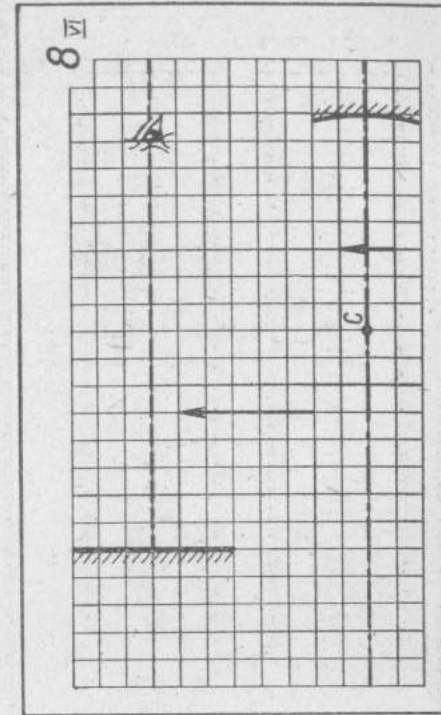
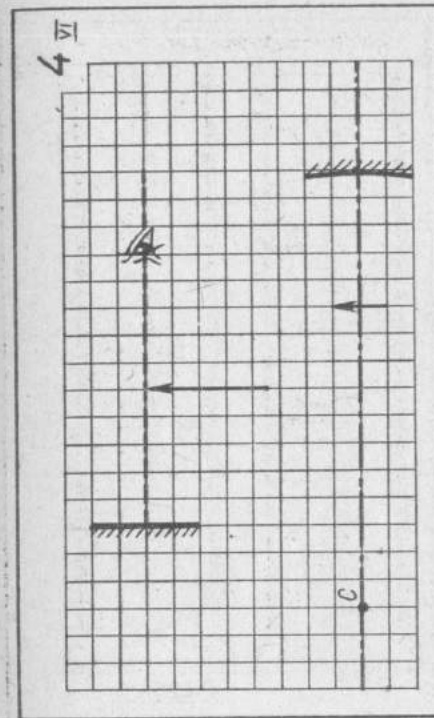
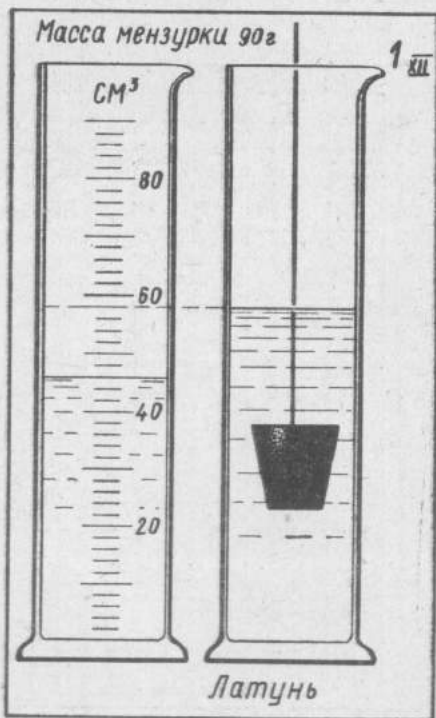
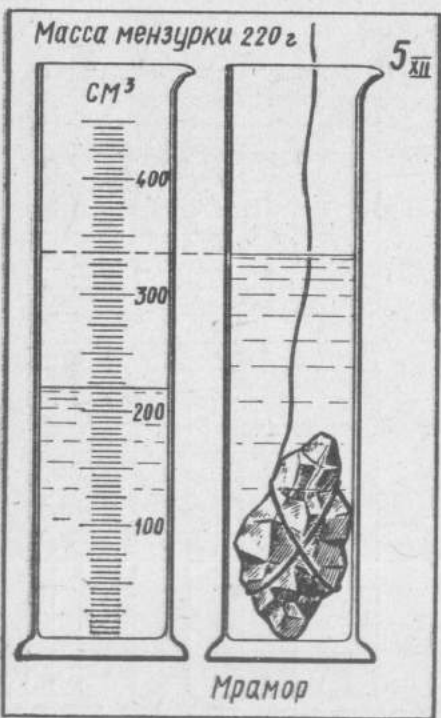
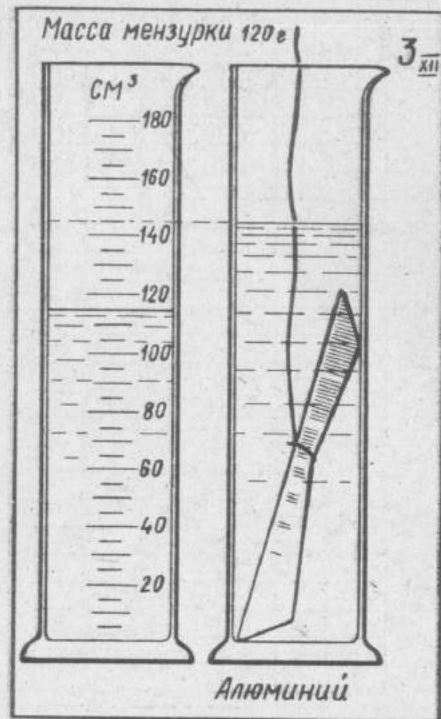
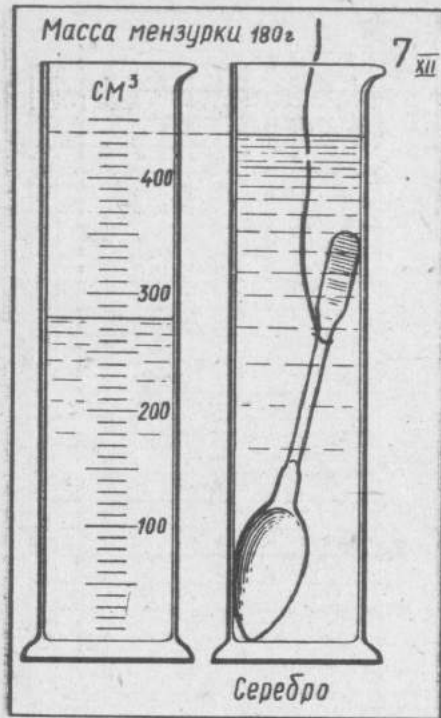
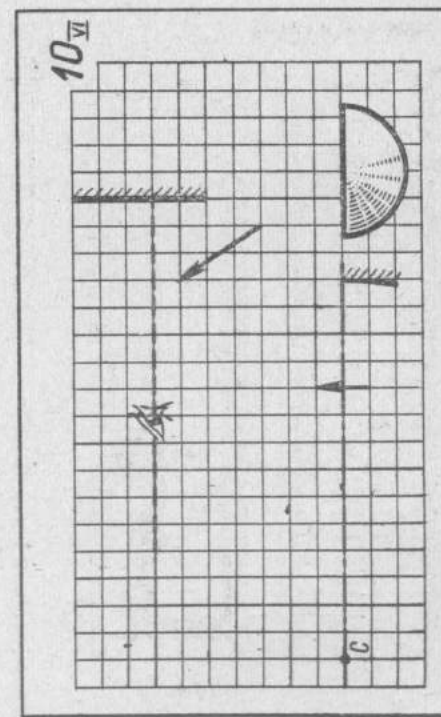
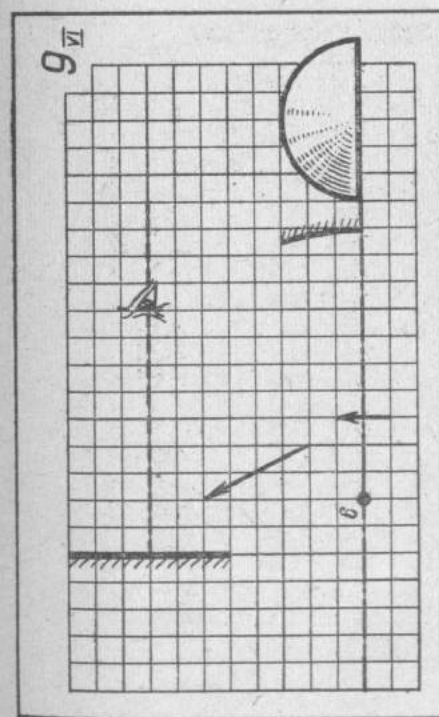
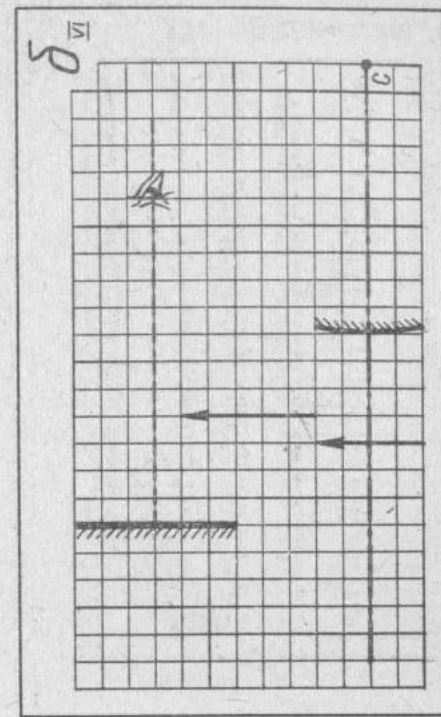
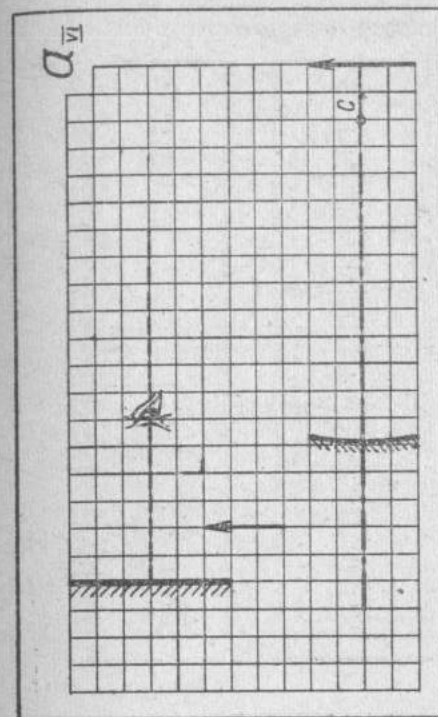
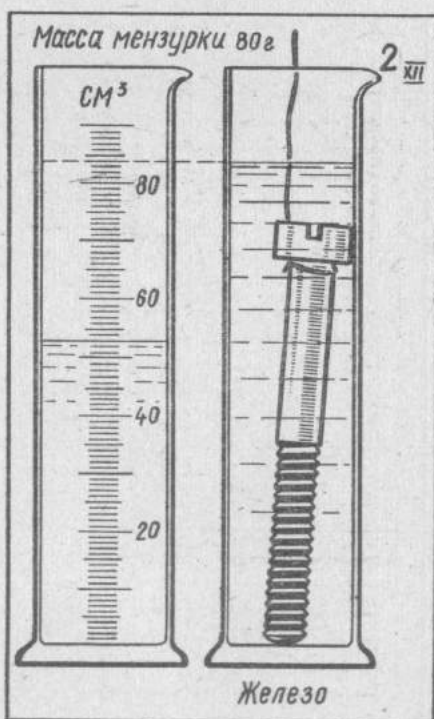
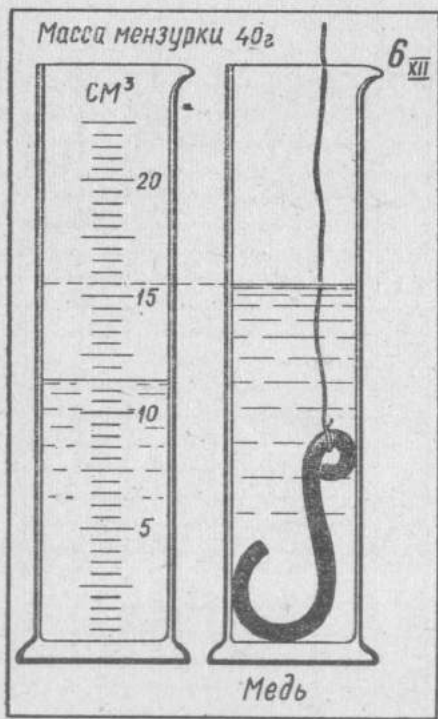
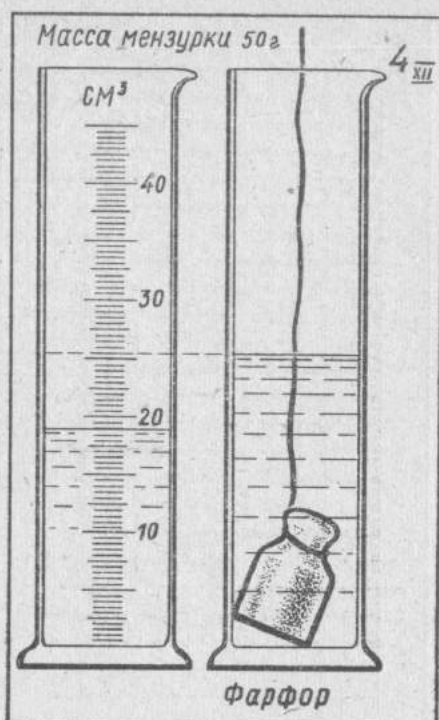
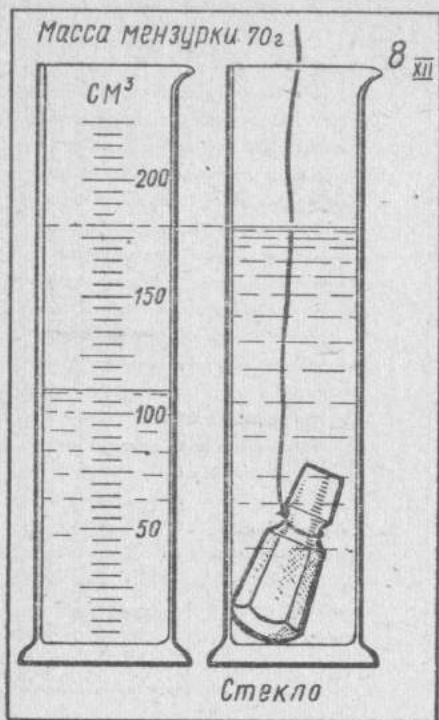


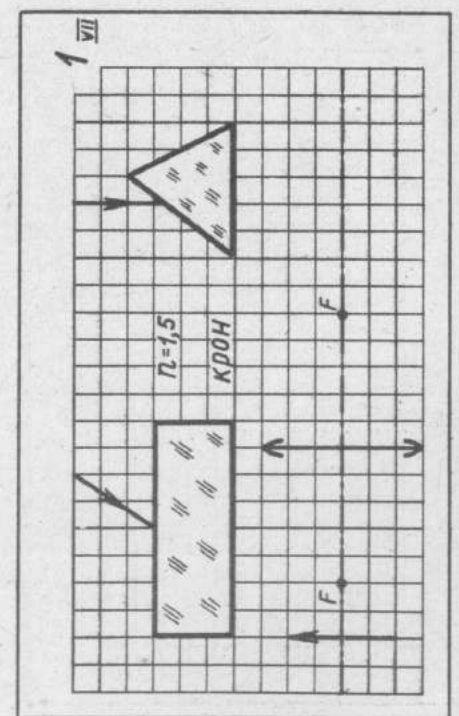
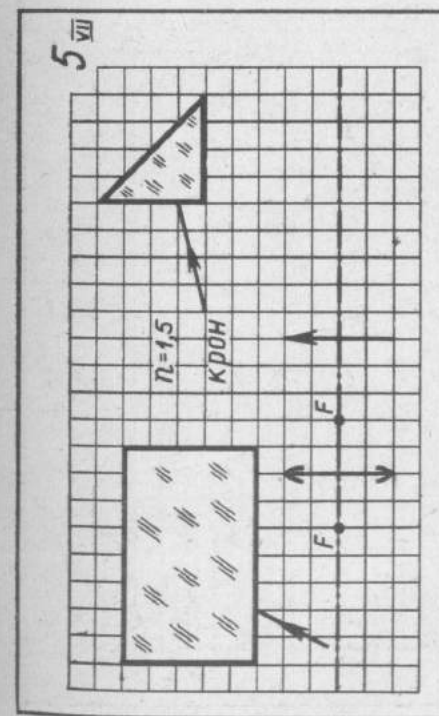
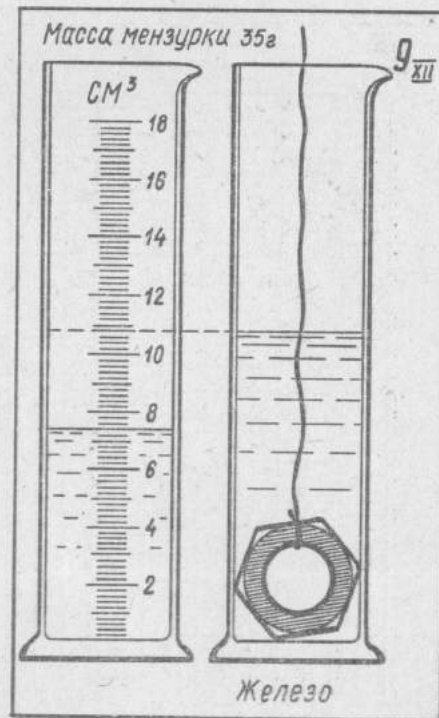
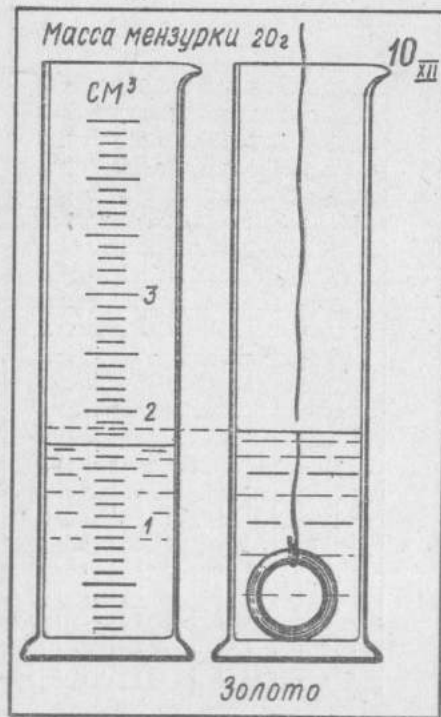
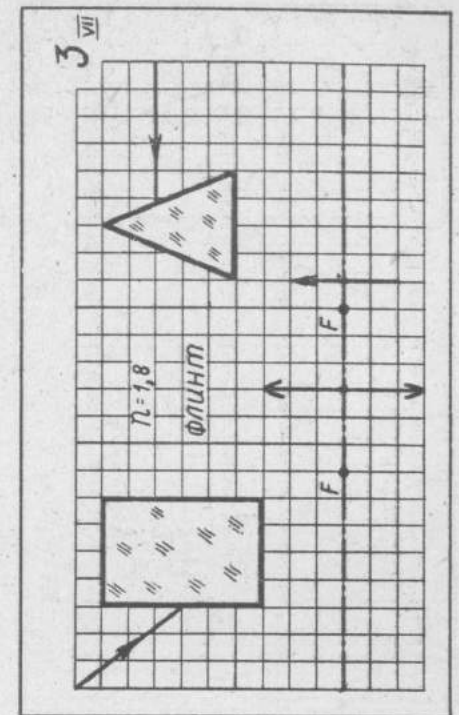
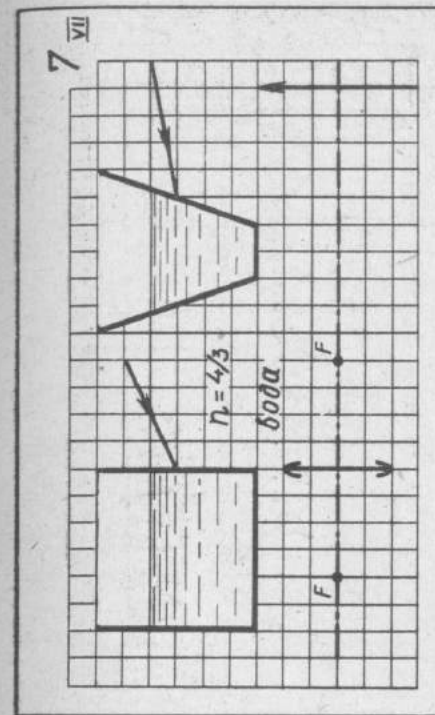
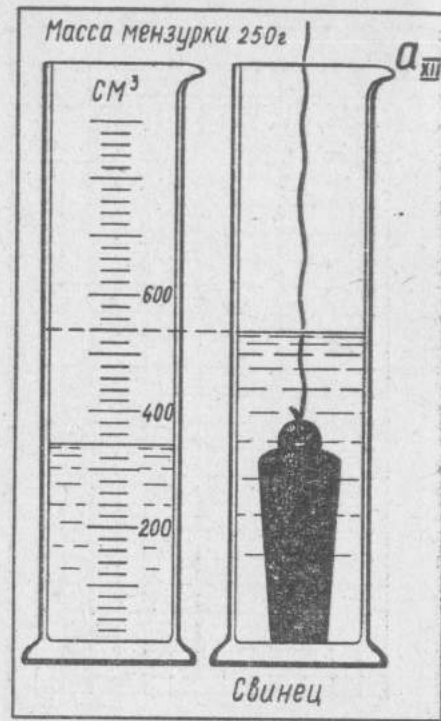
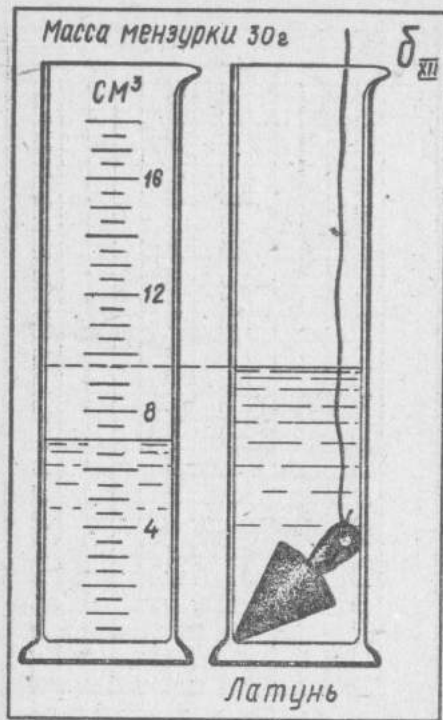
Рис. 14

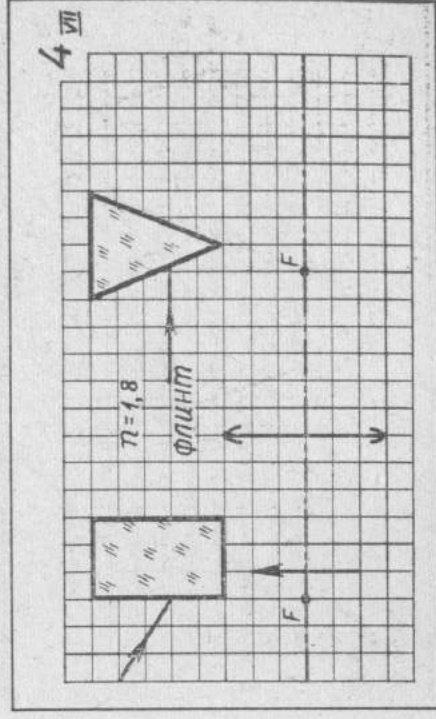
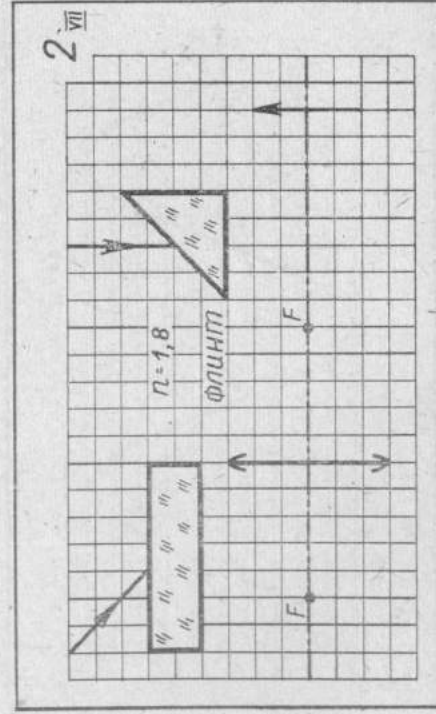
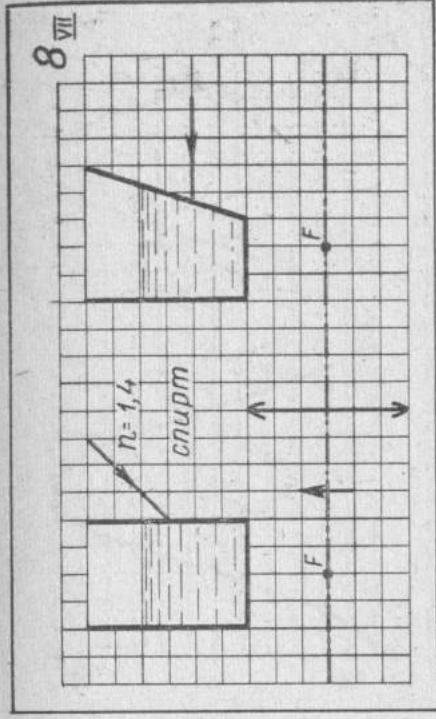
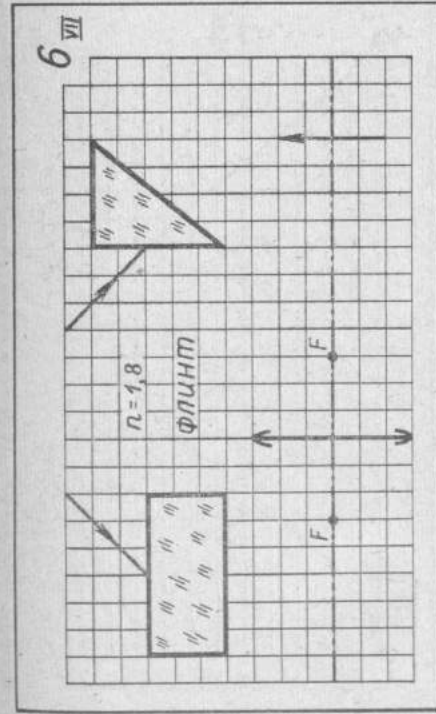
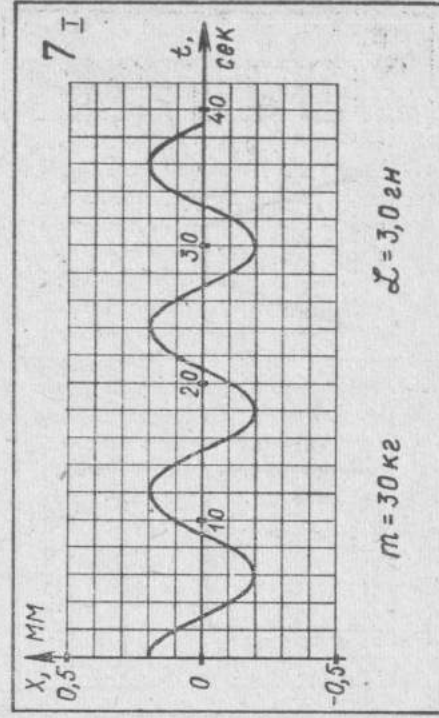
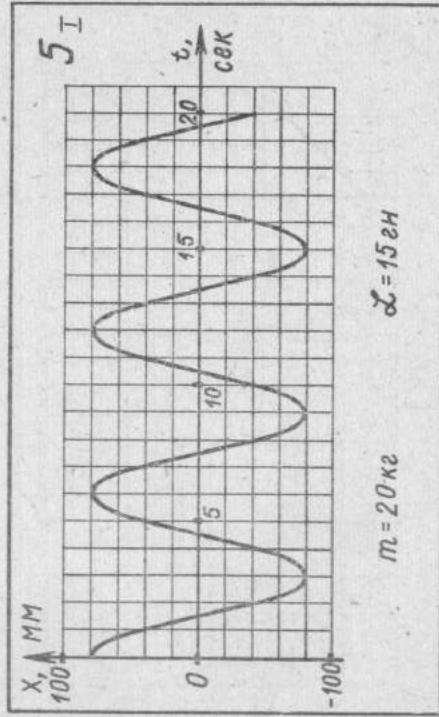
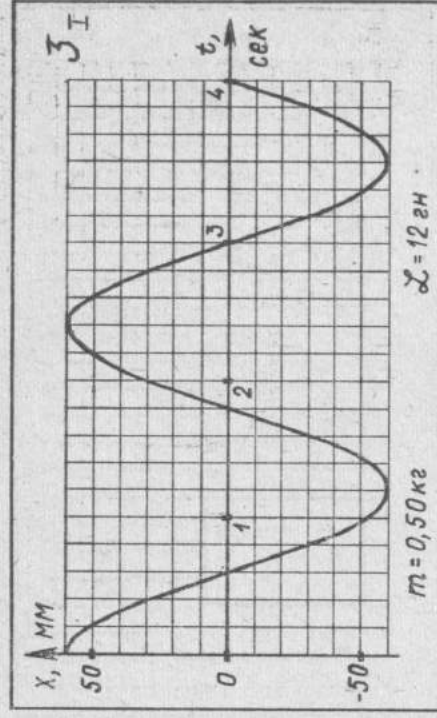
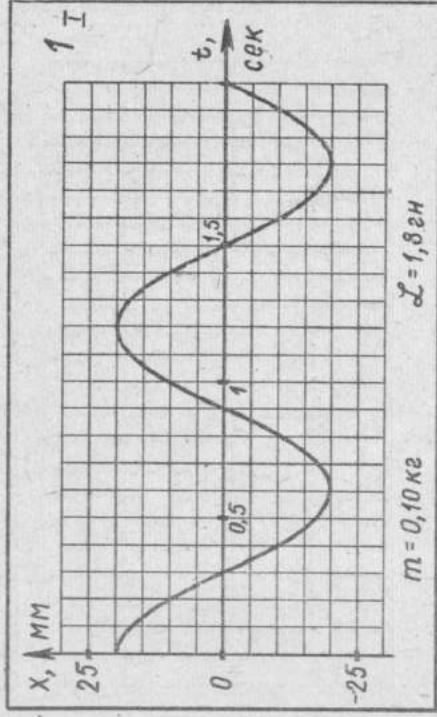


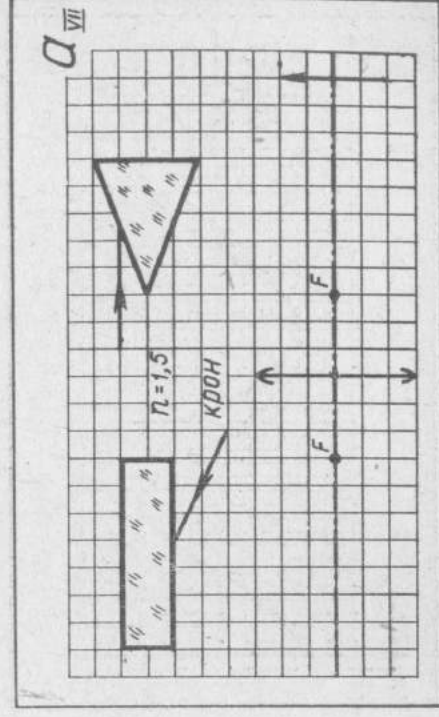
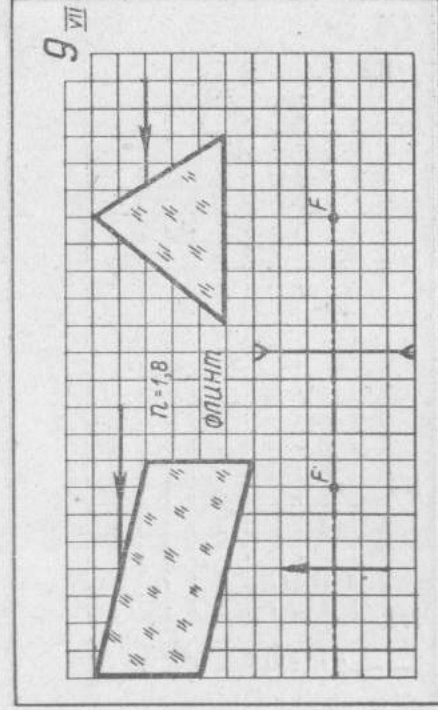
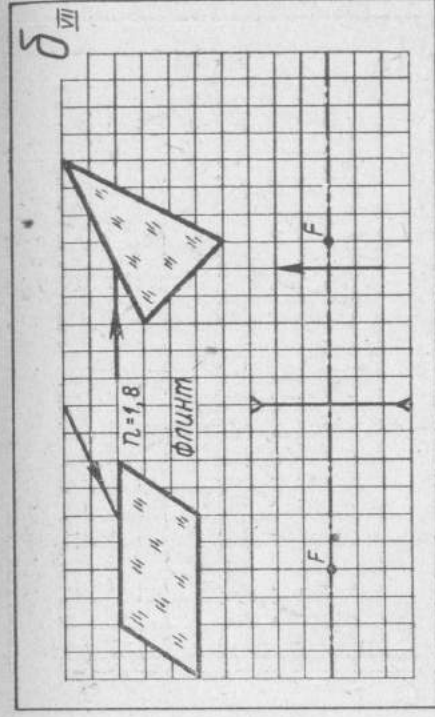
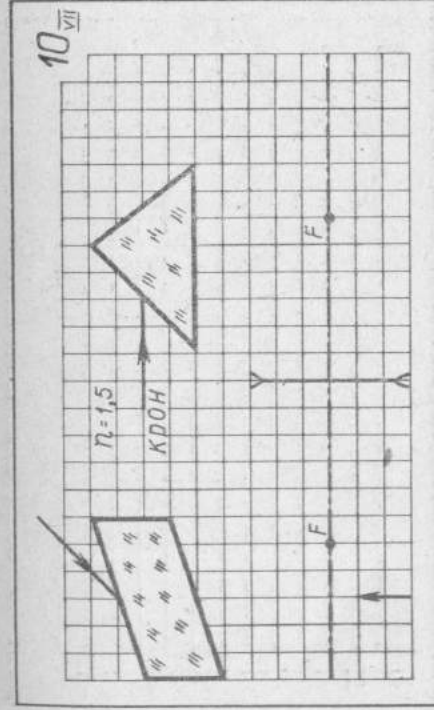
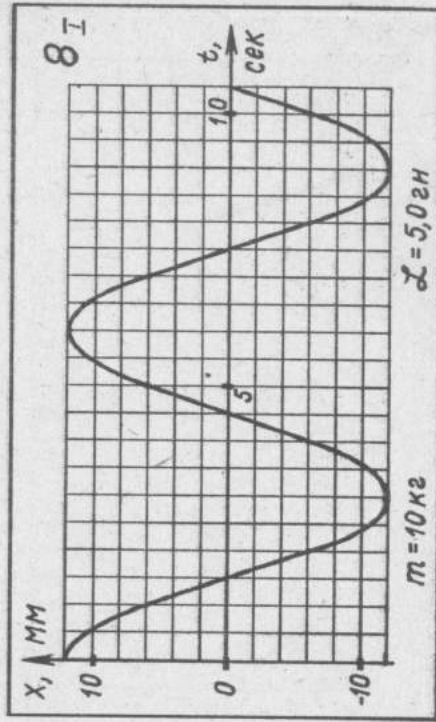
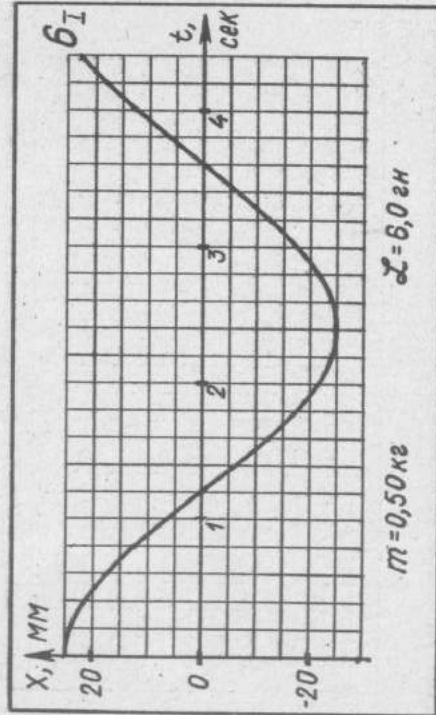
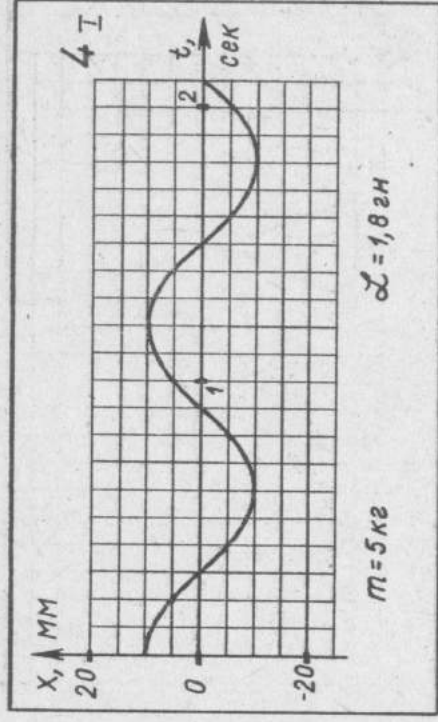
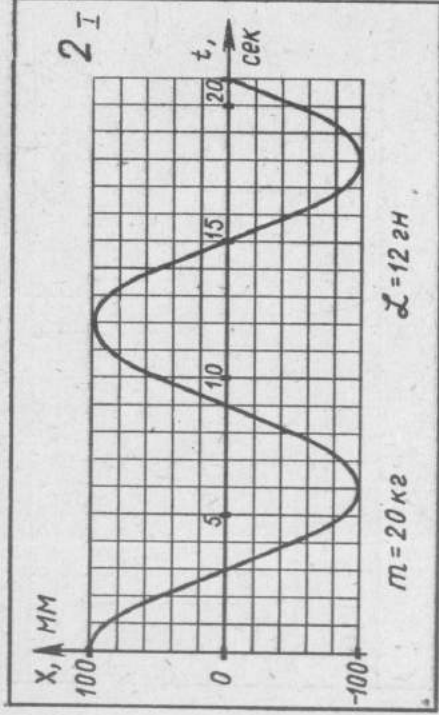


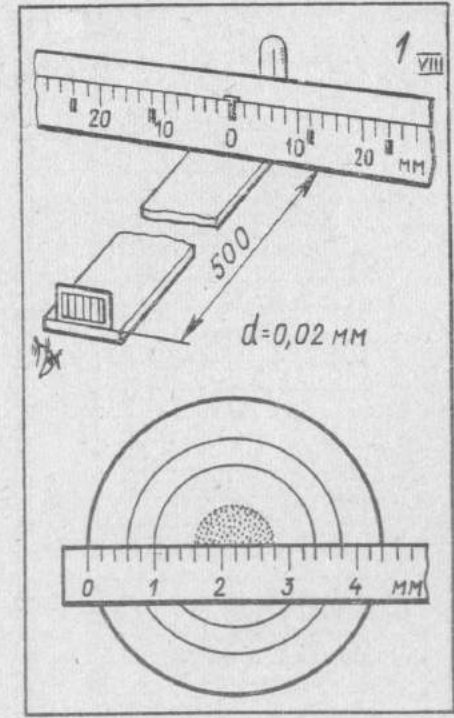
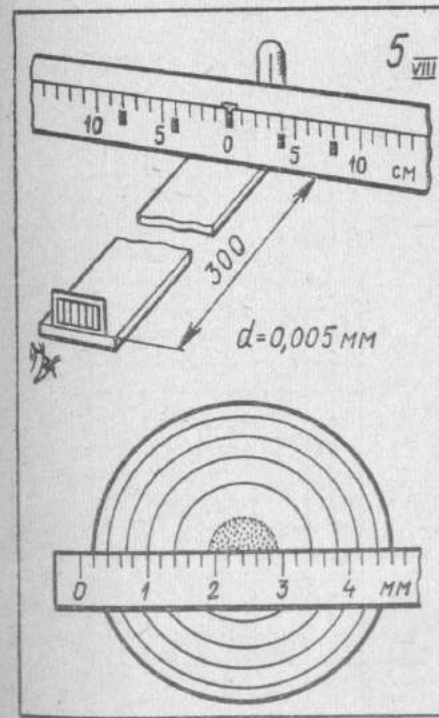
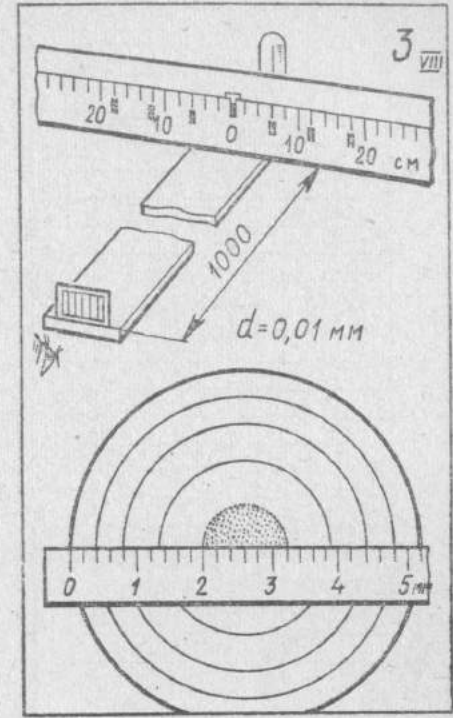
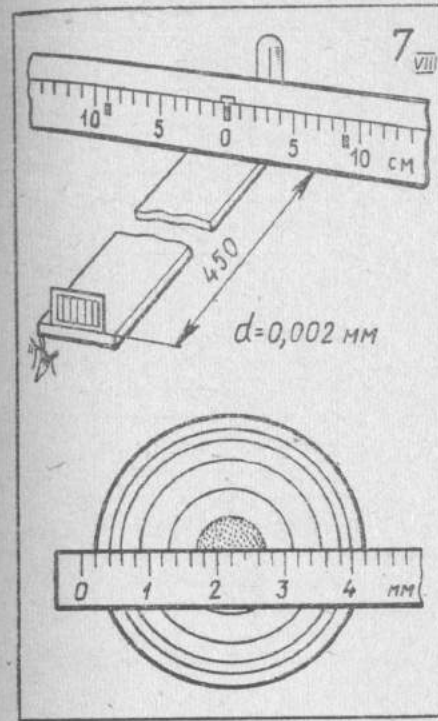
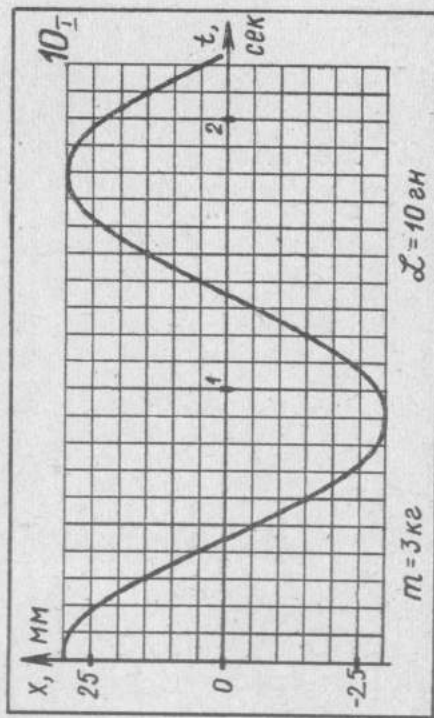
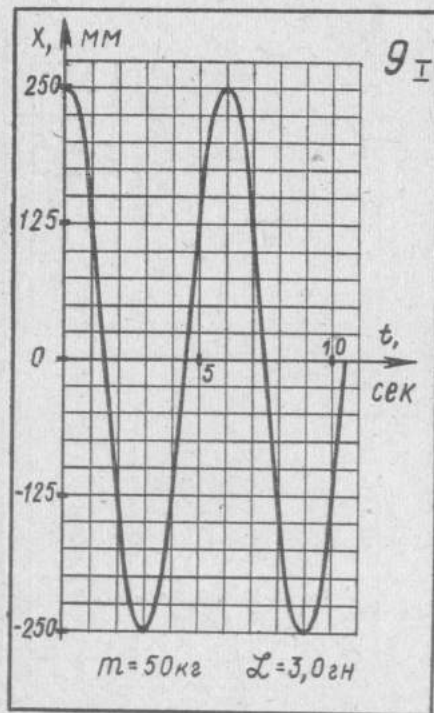
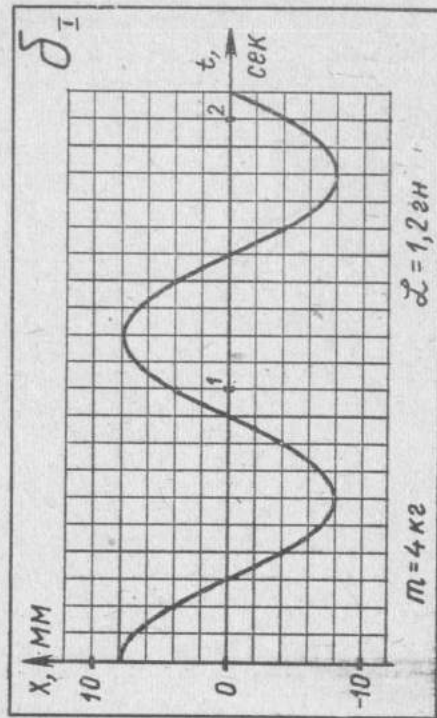
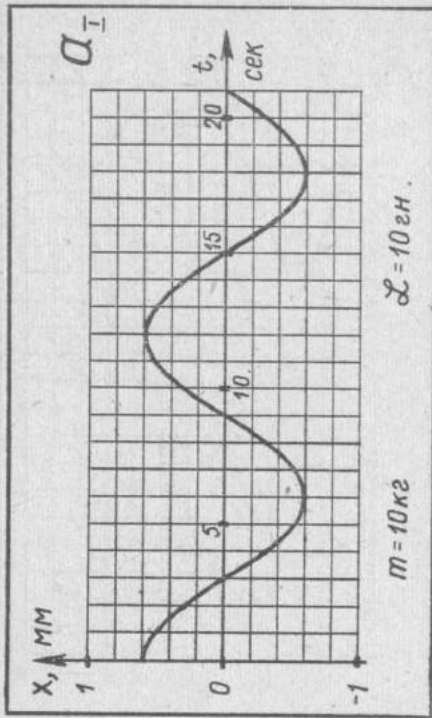


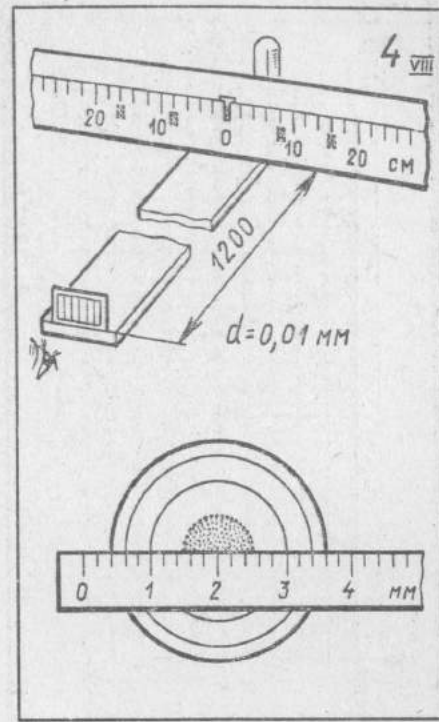
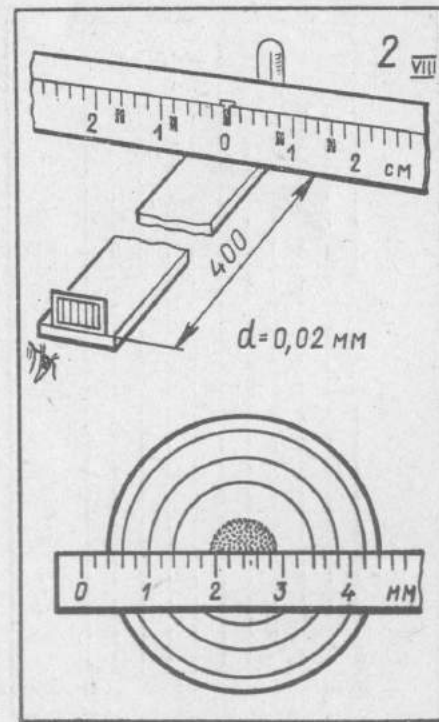
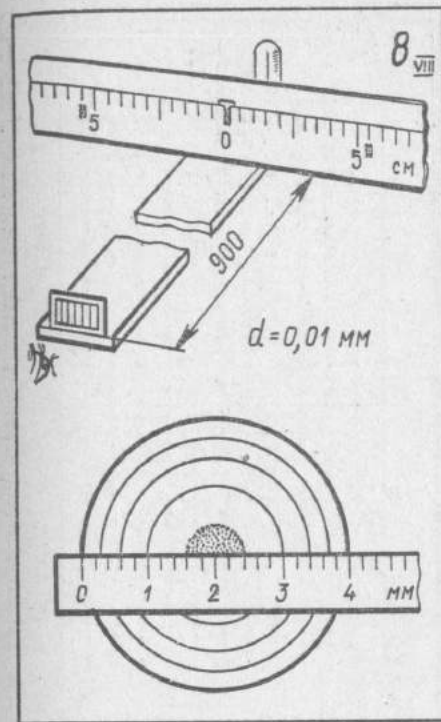
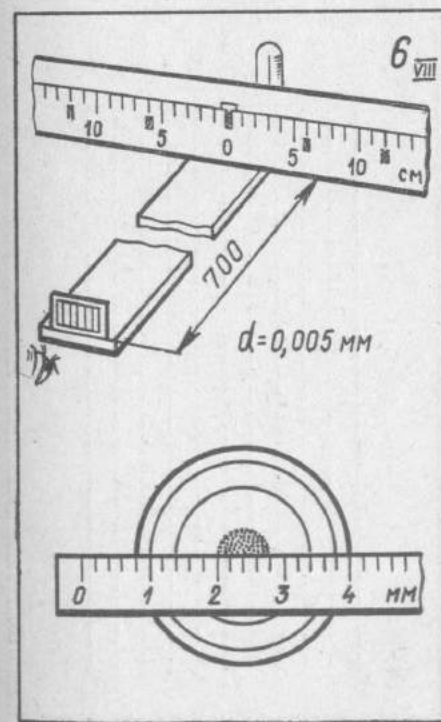
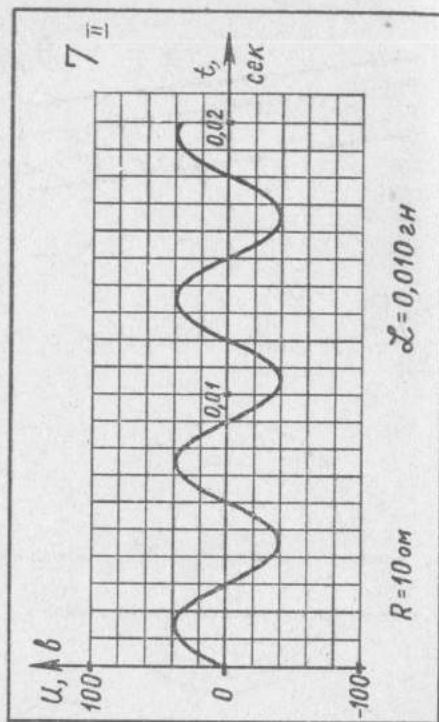
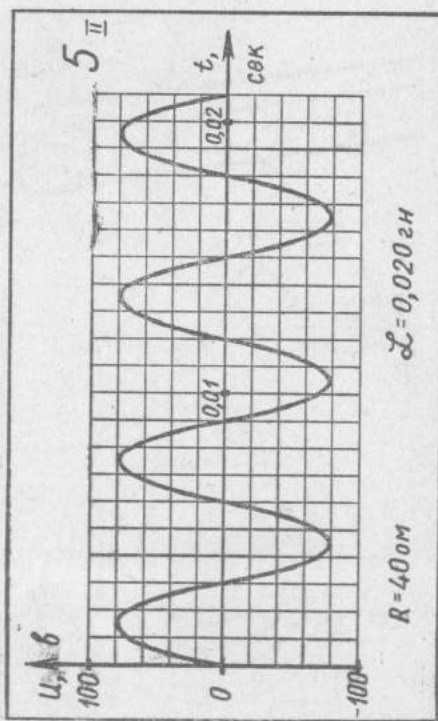
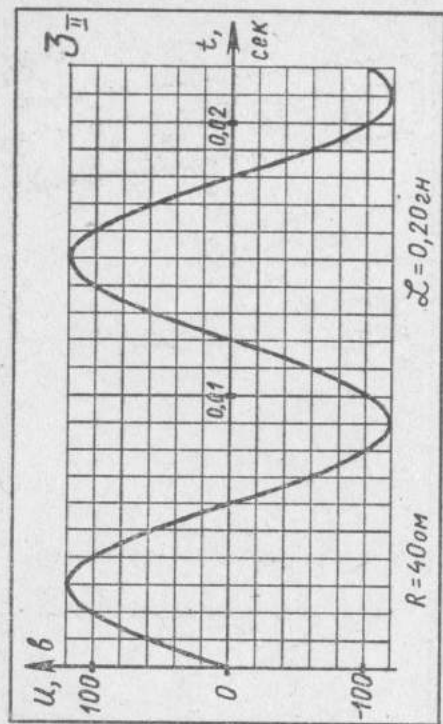
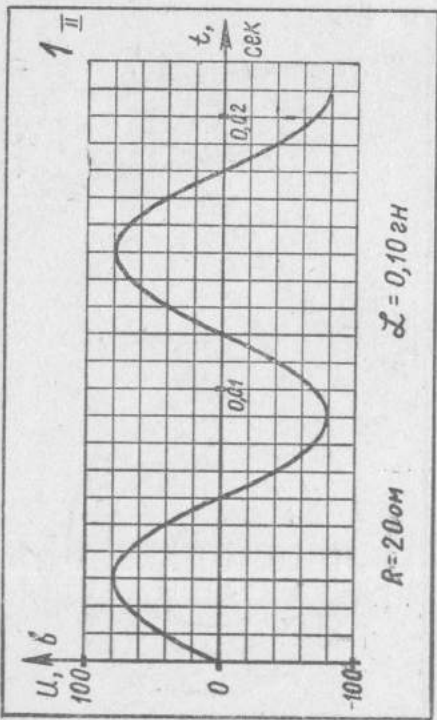


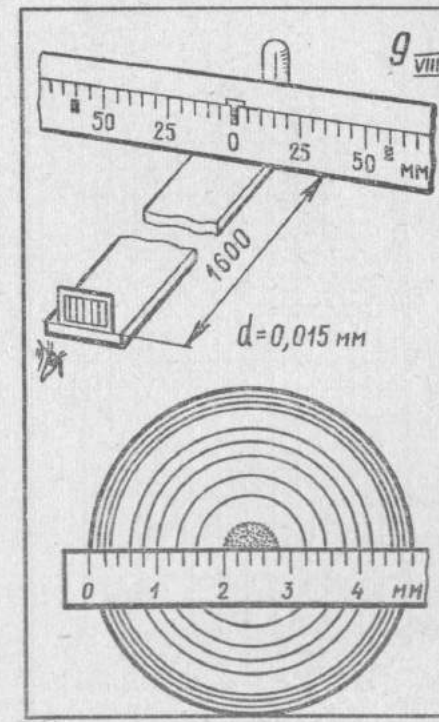
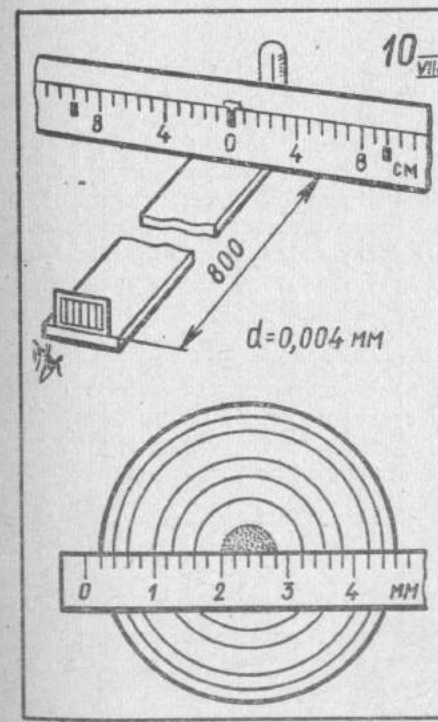
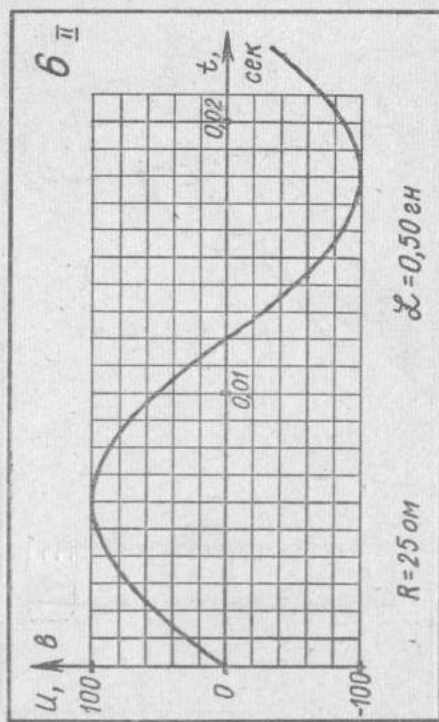
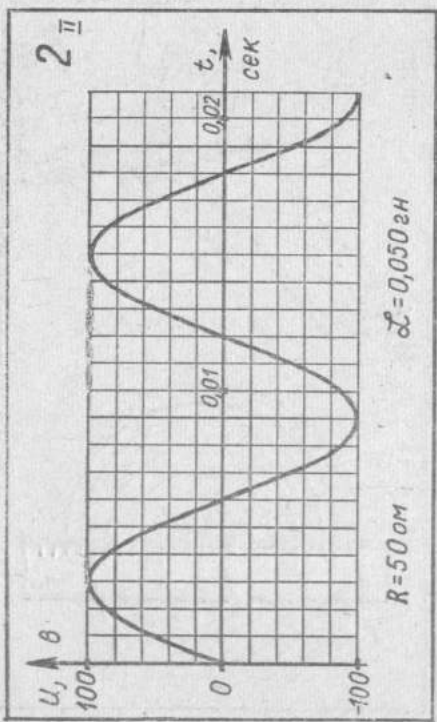
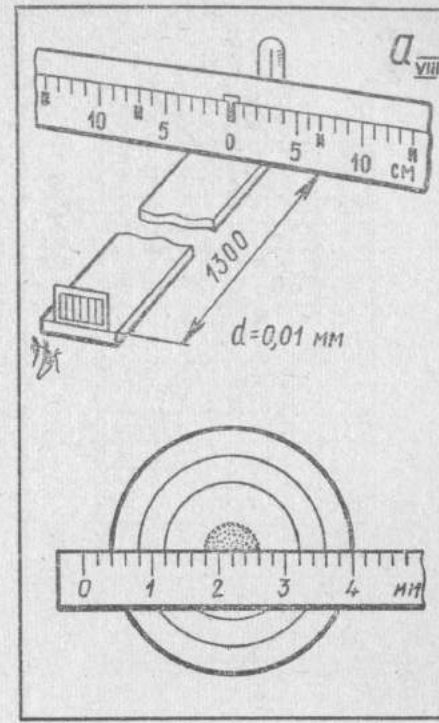
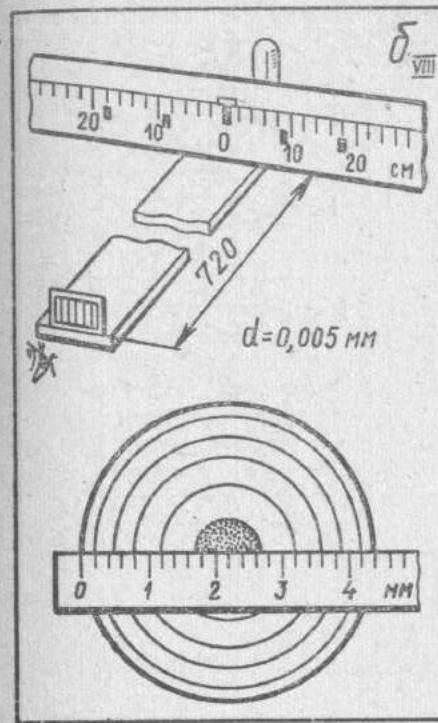
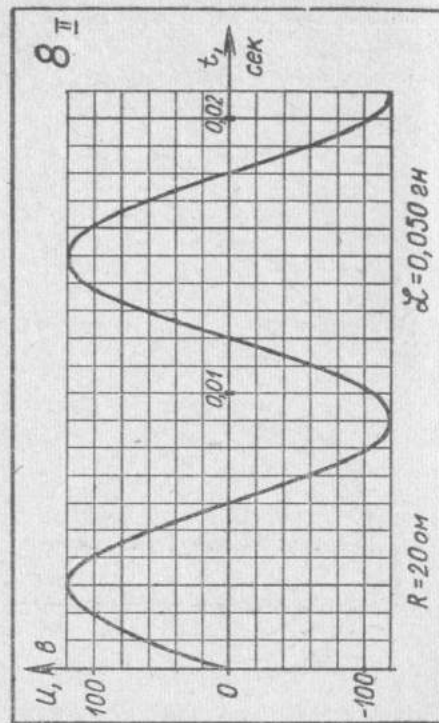
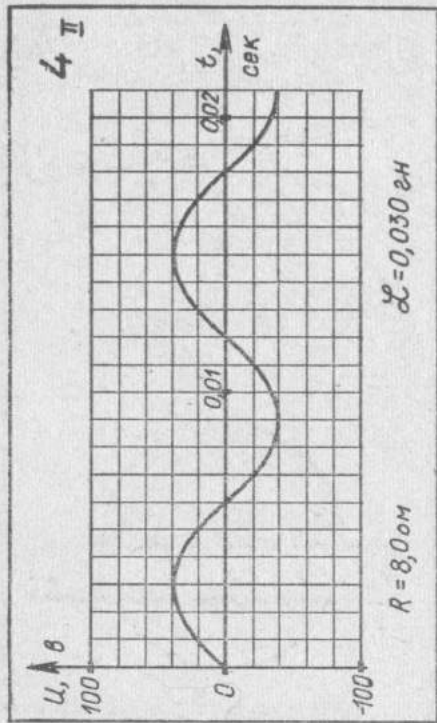


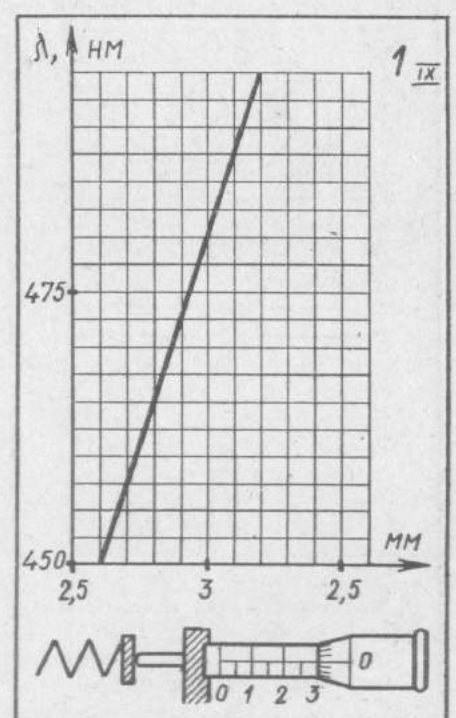
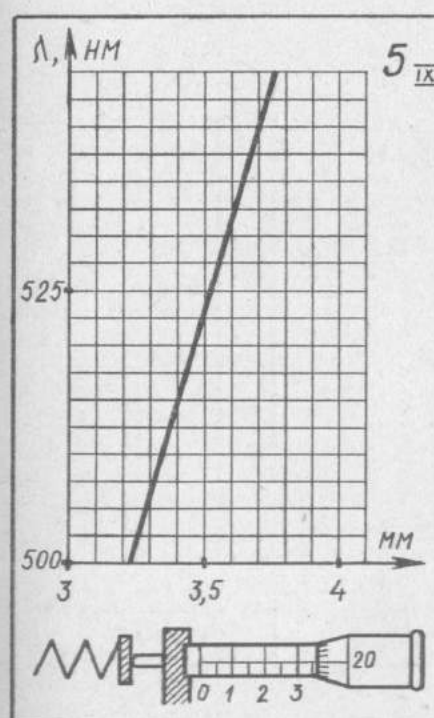
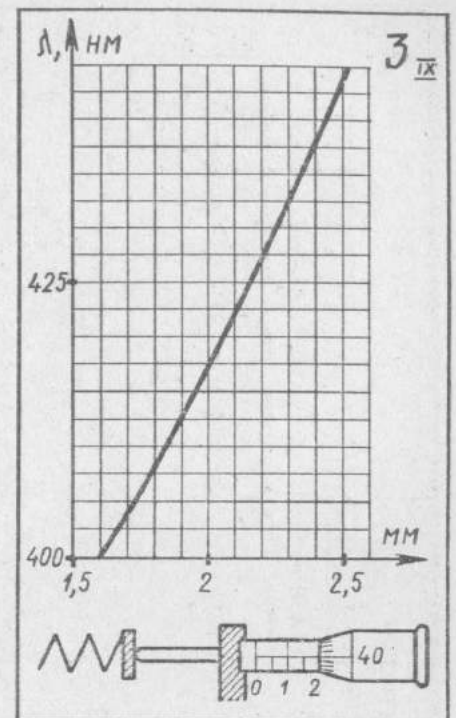
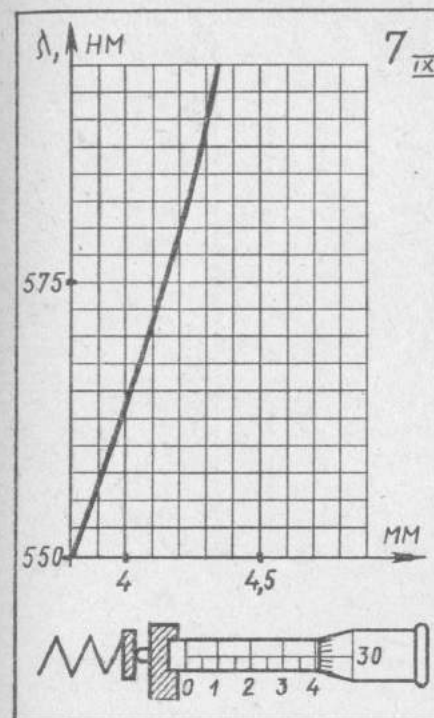
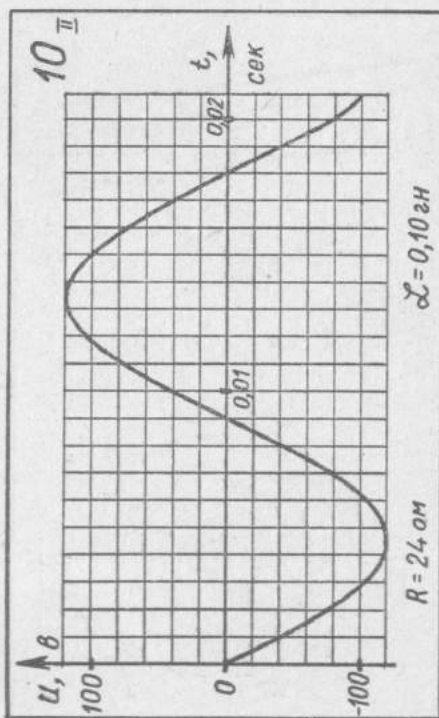
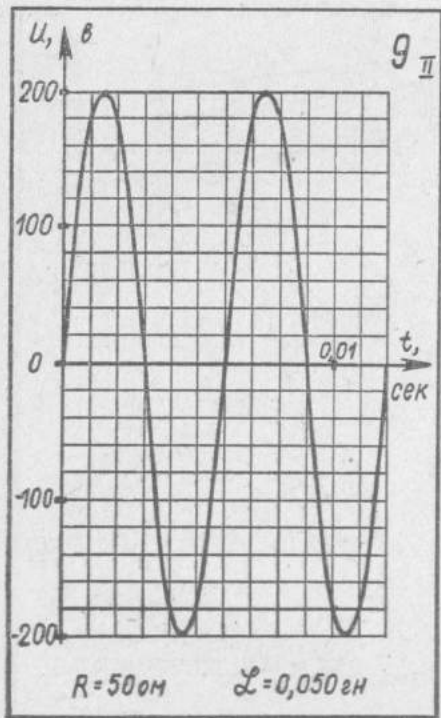
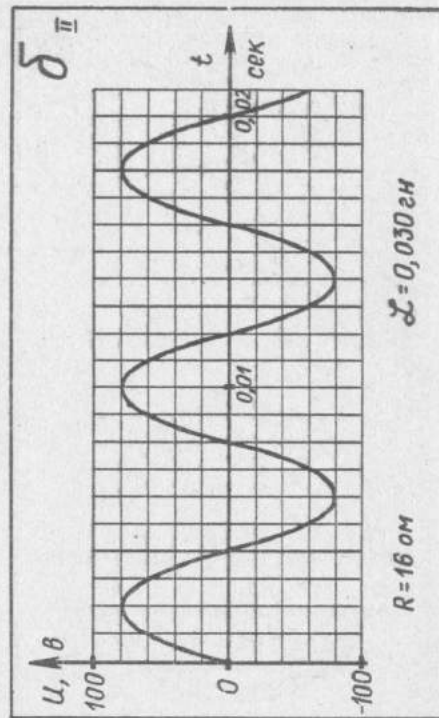
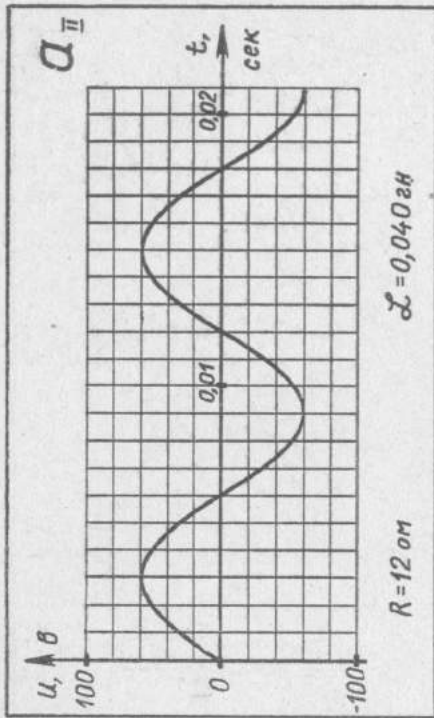


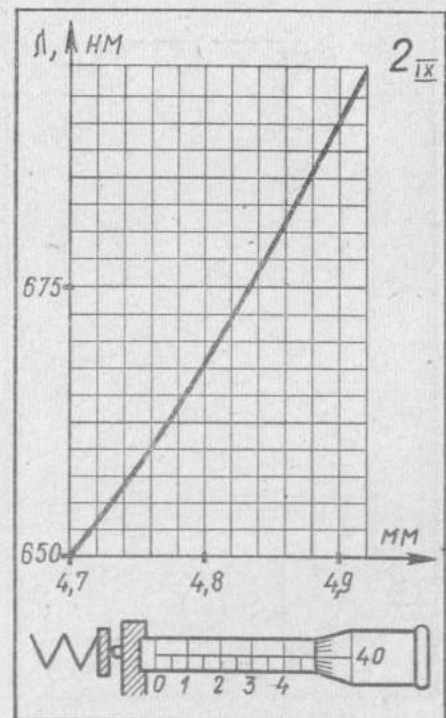
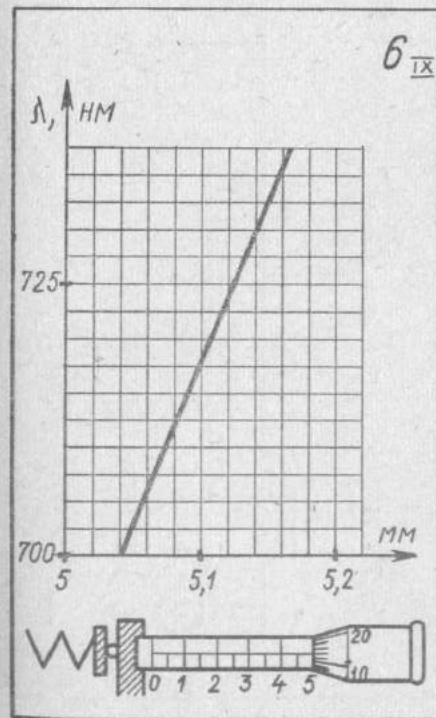
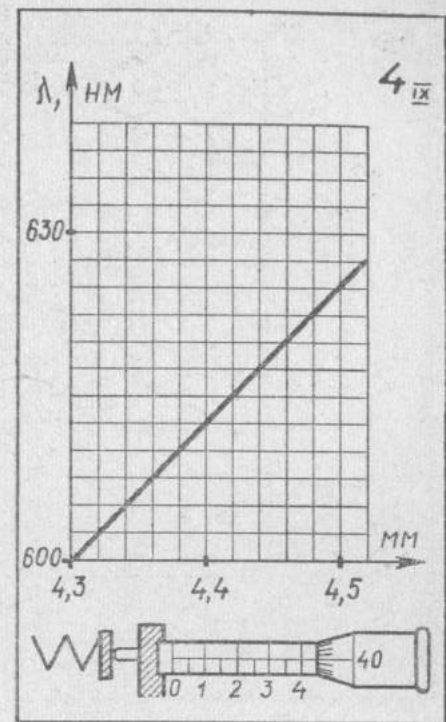
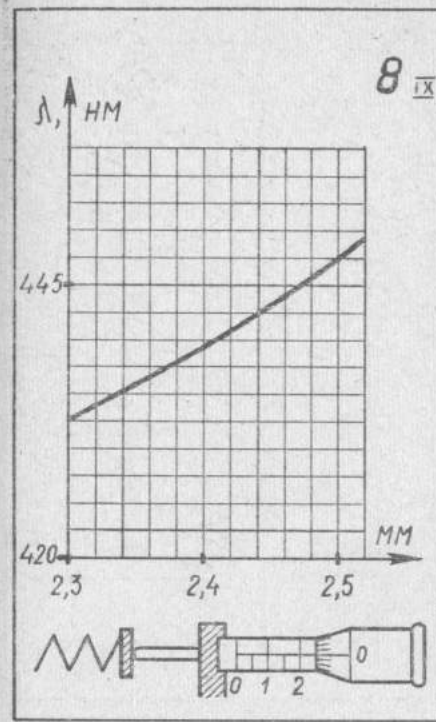
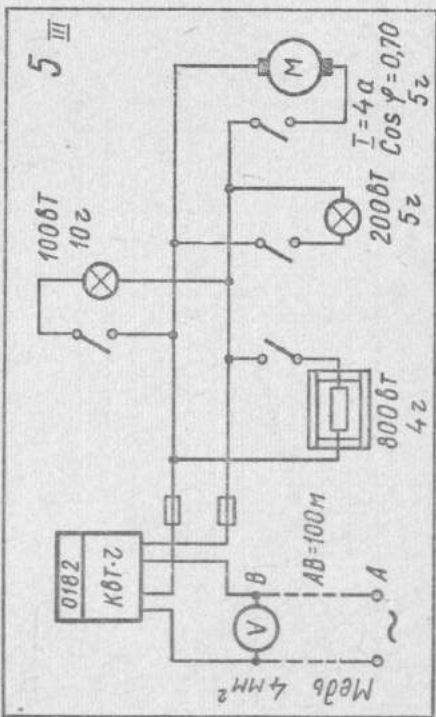
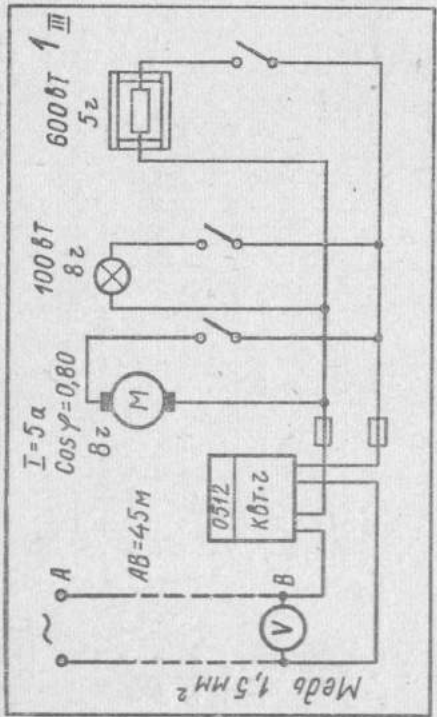
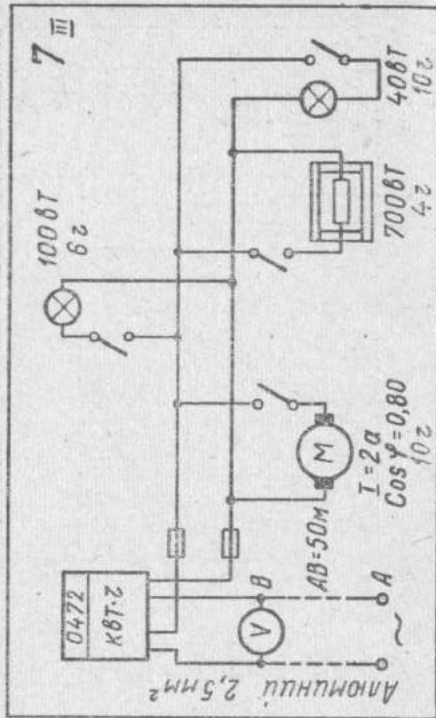
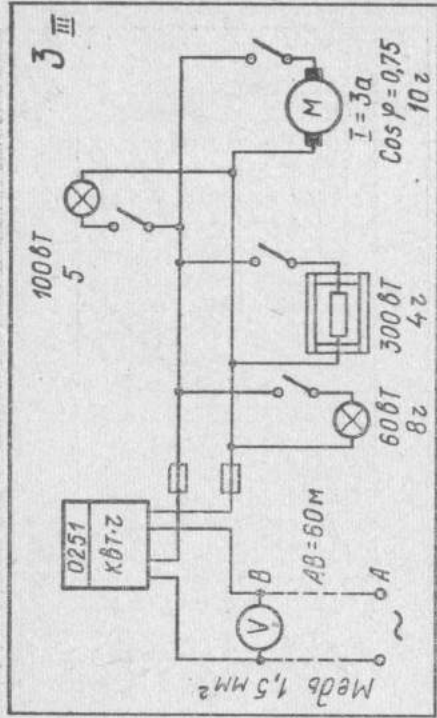


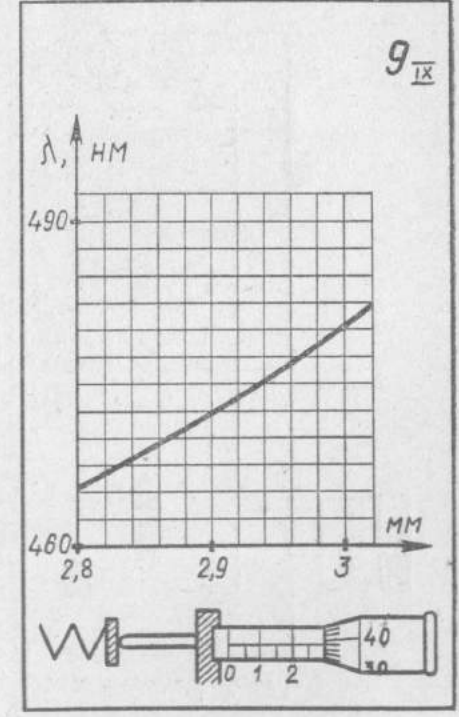
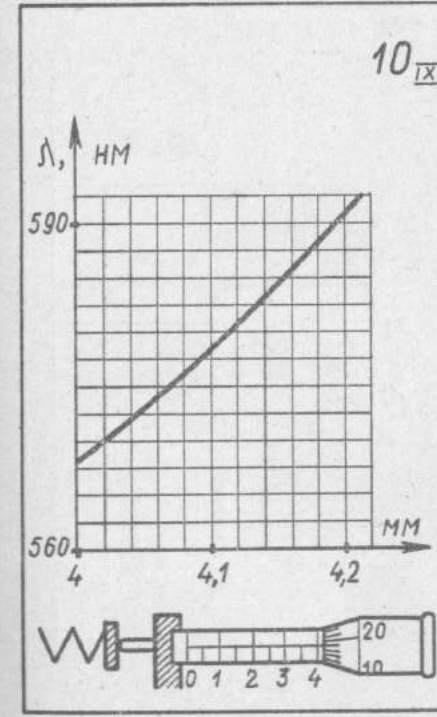
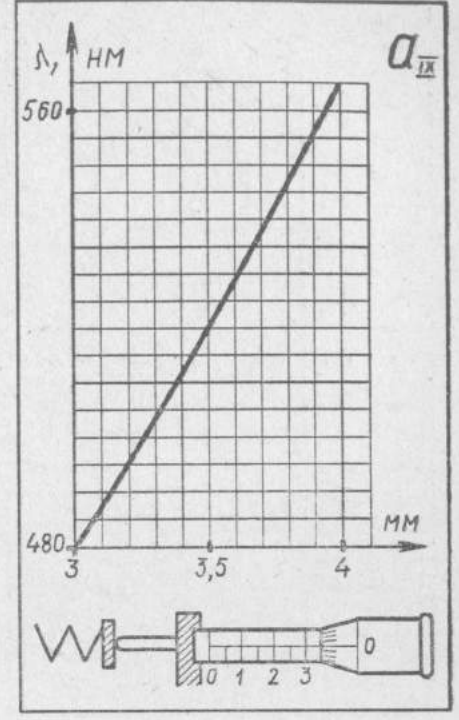
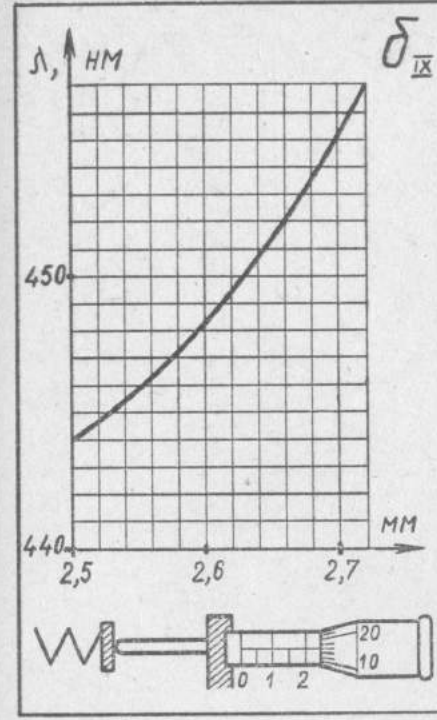
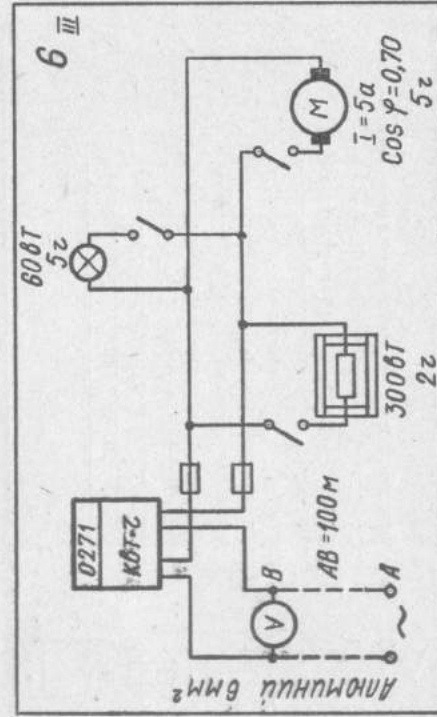
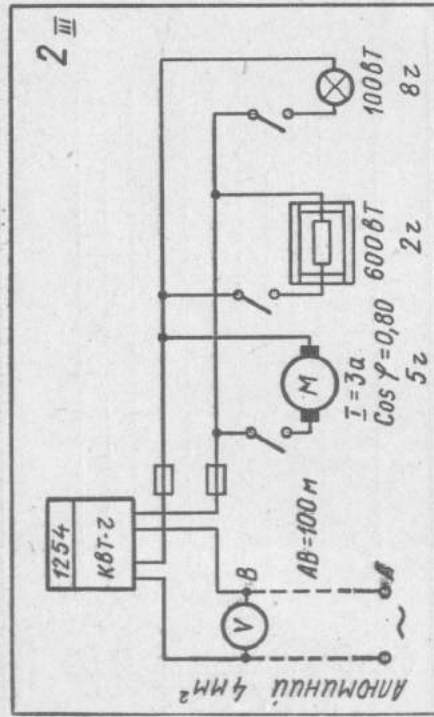
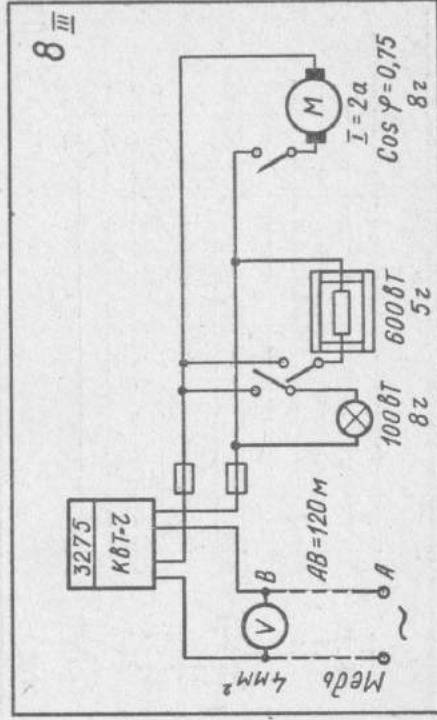
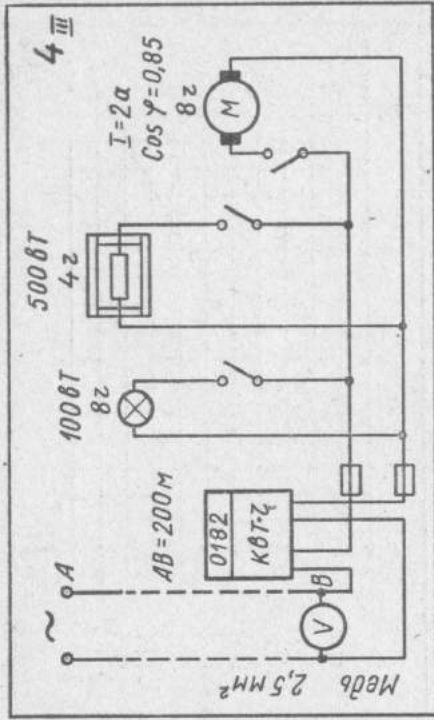


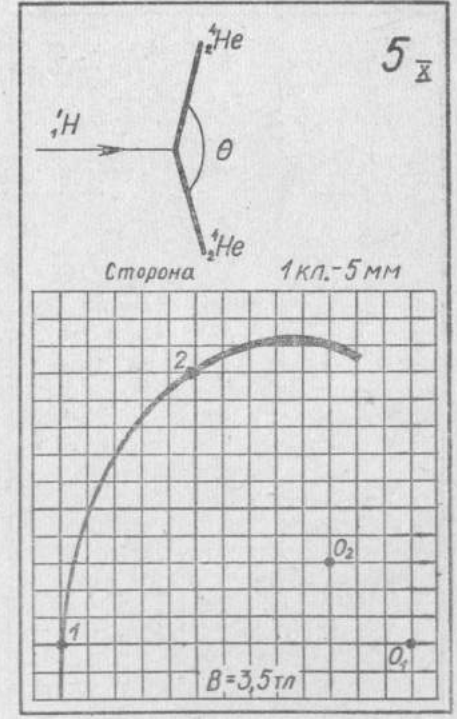
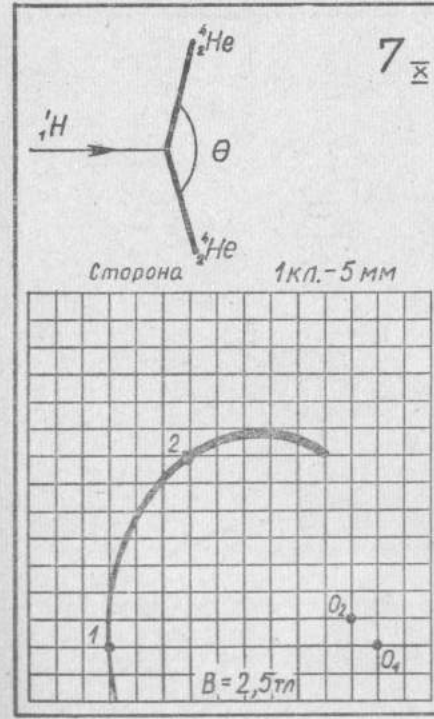
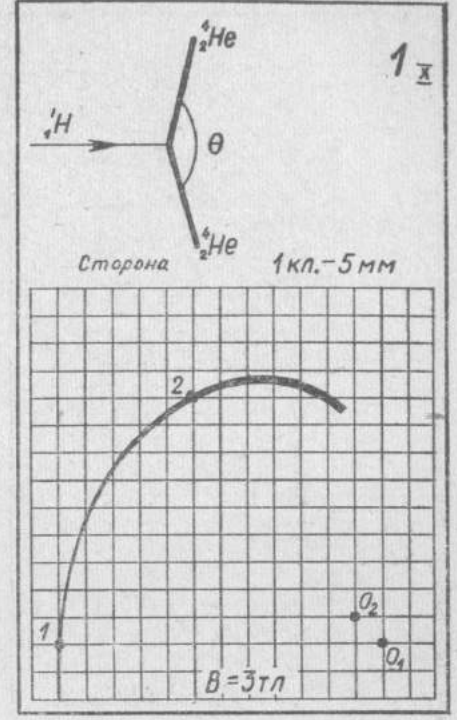
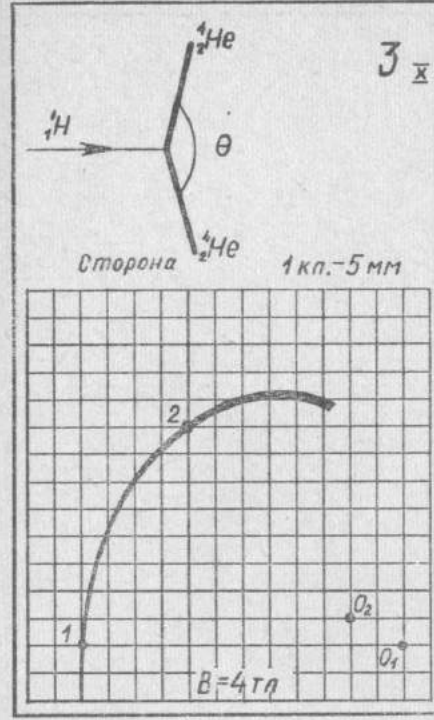
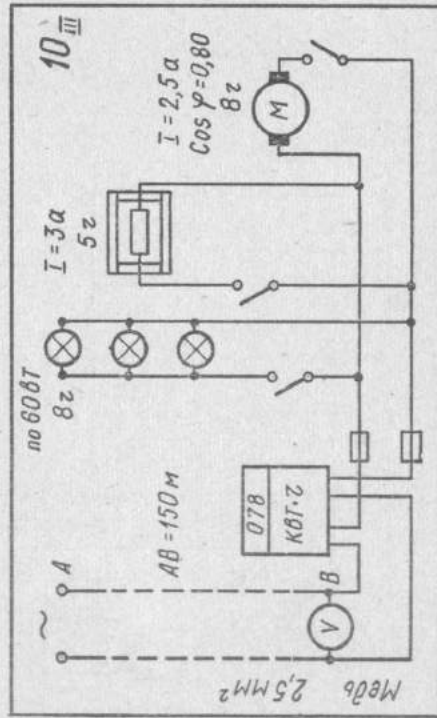
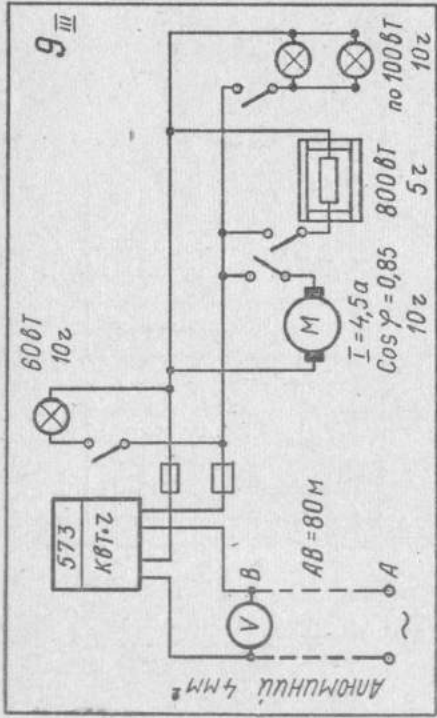
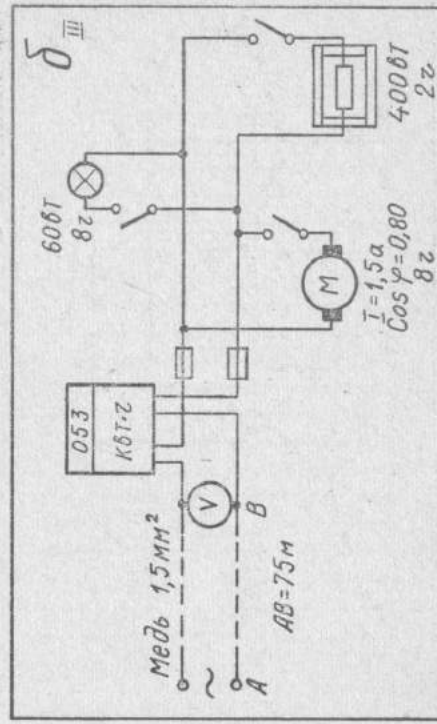
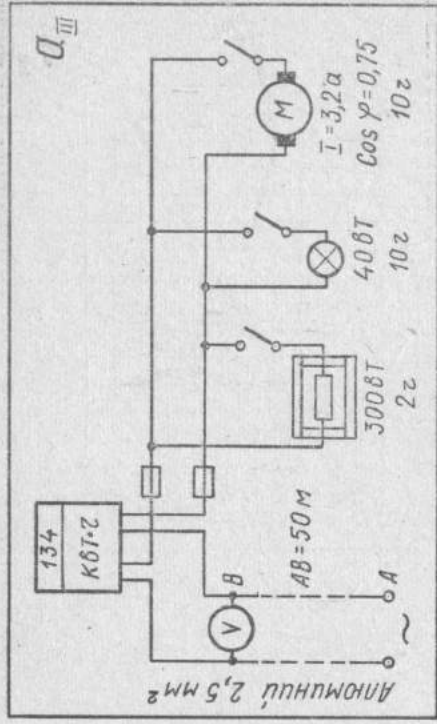


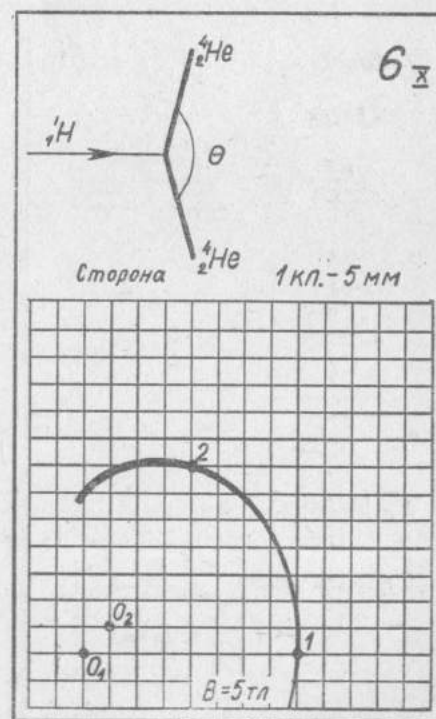
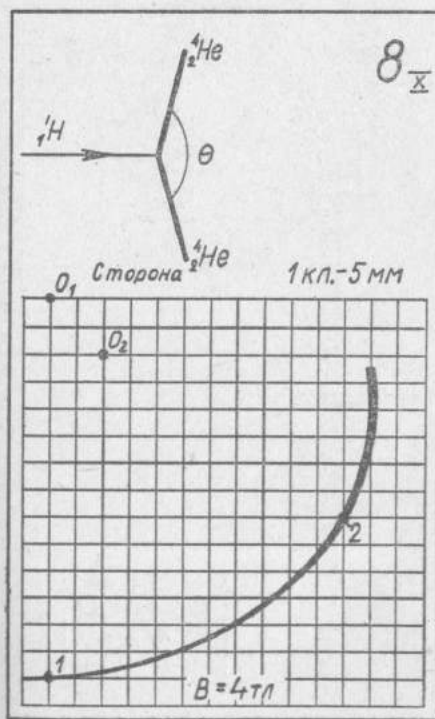
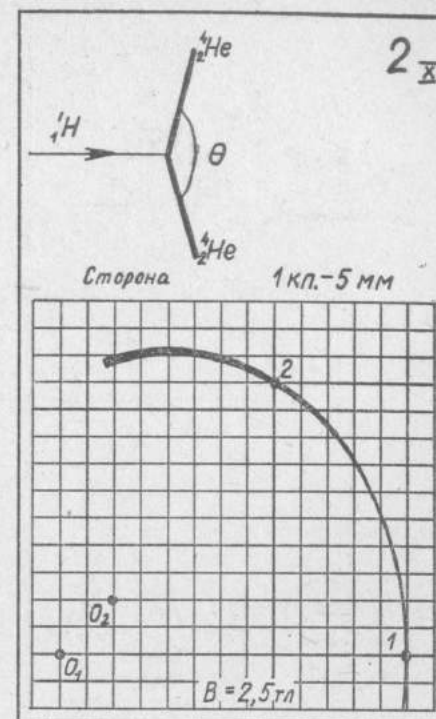
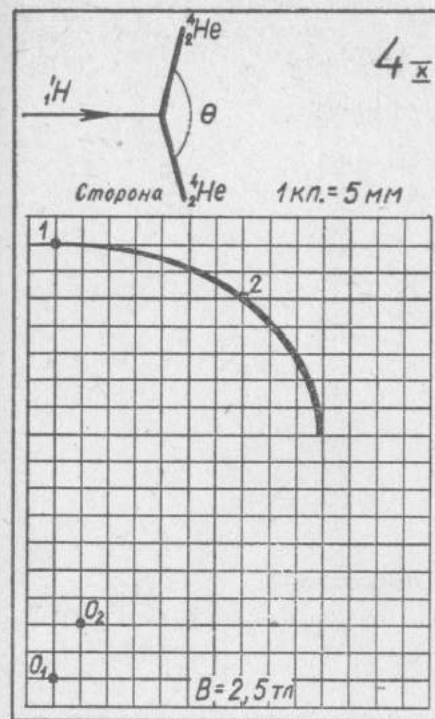
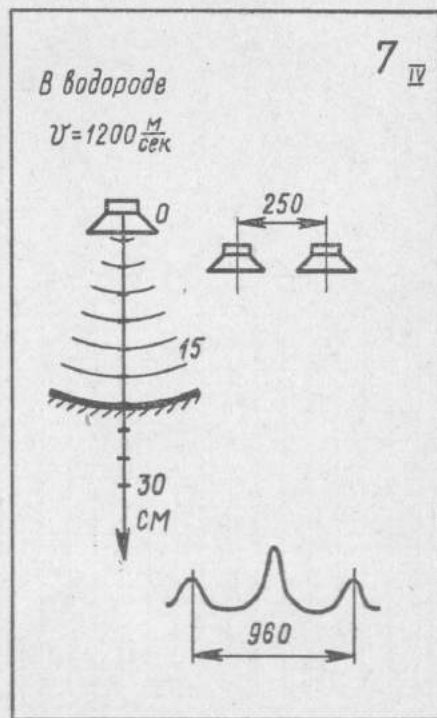
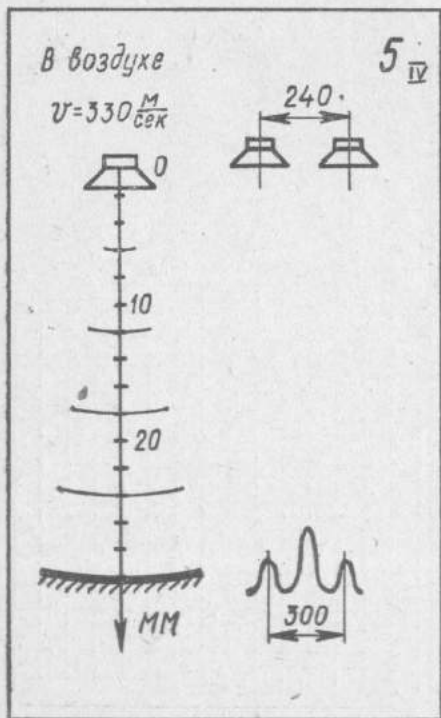
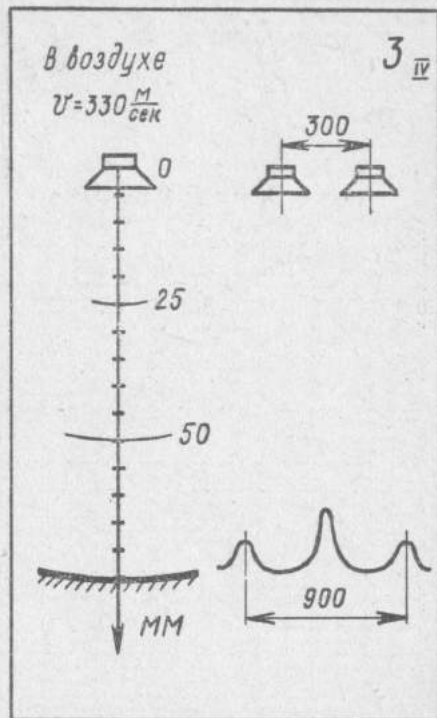
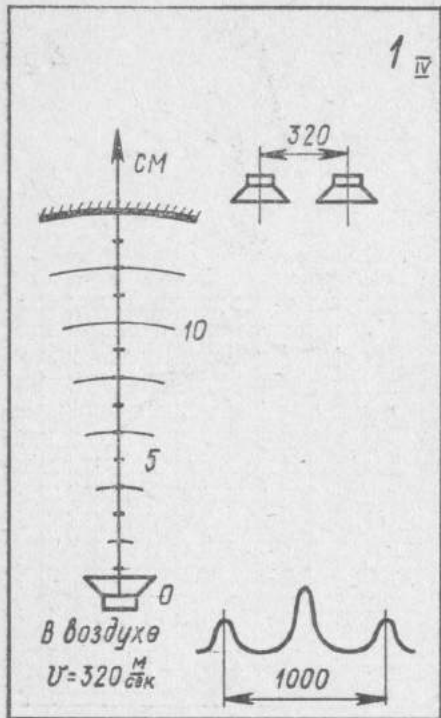


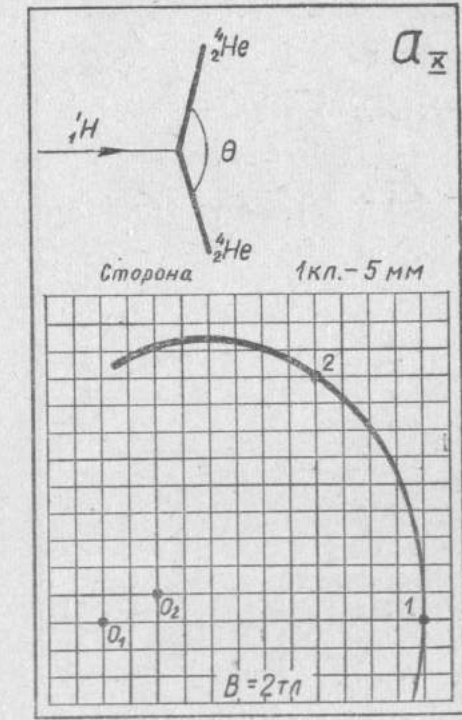
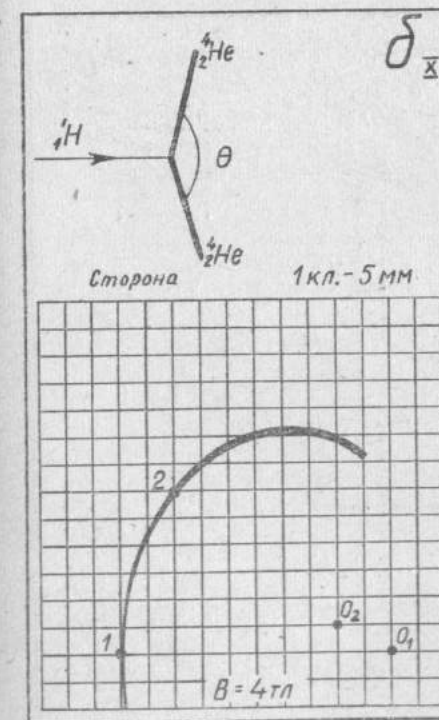
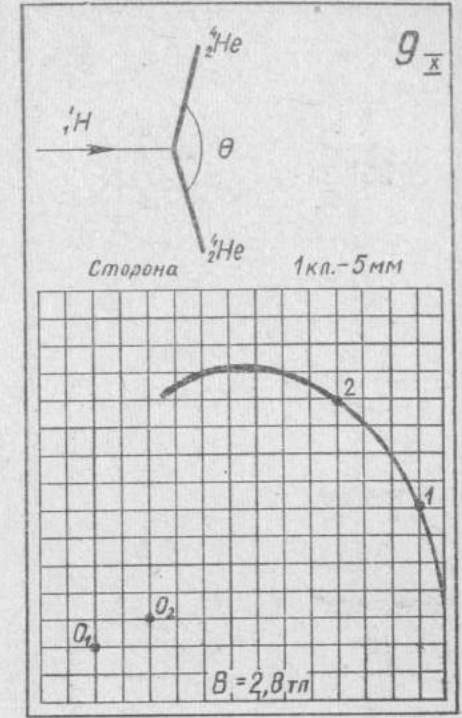
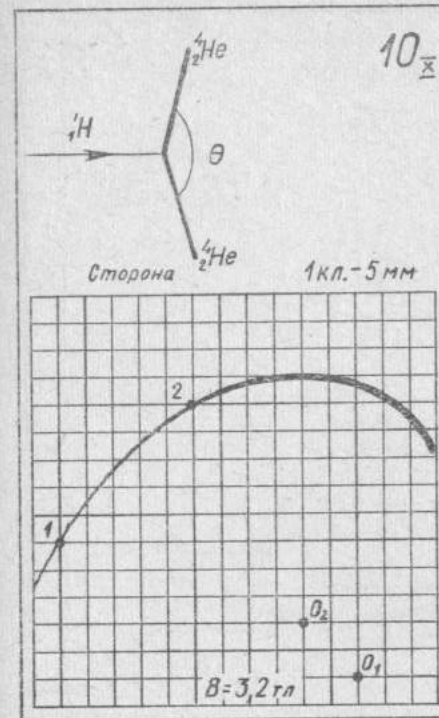
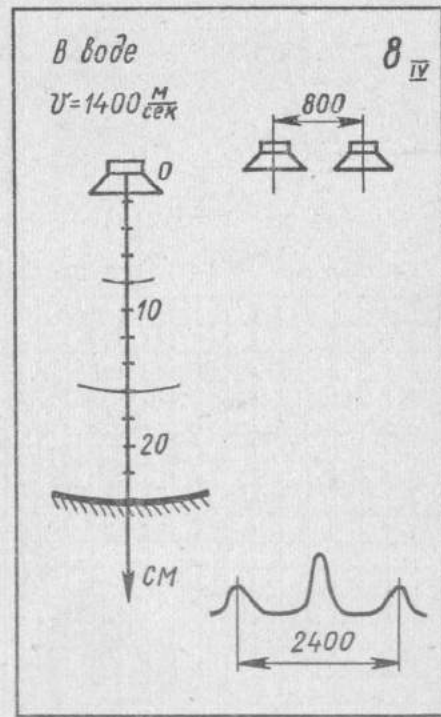
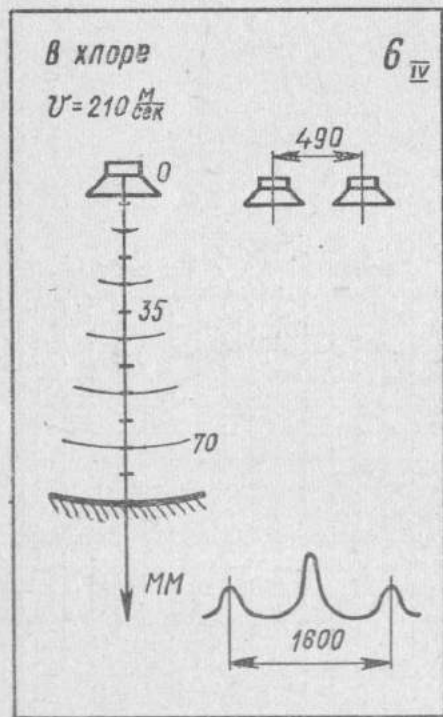
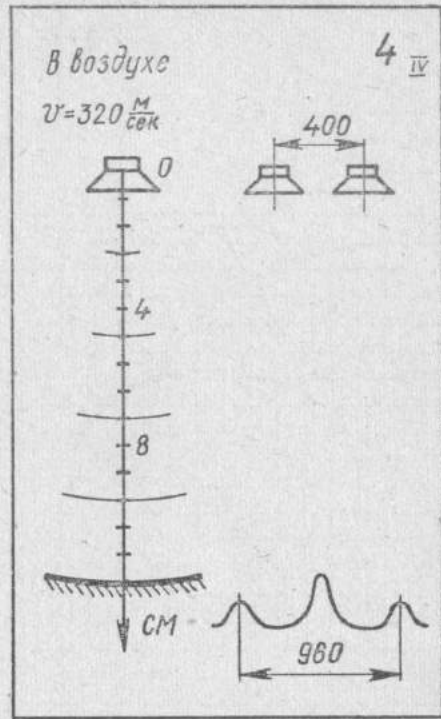
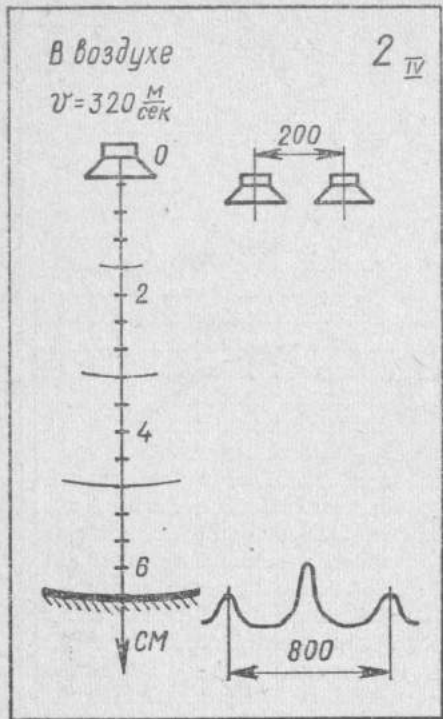


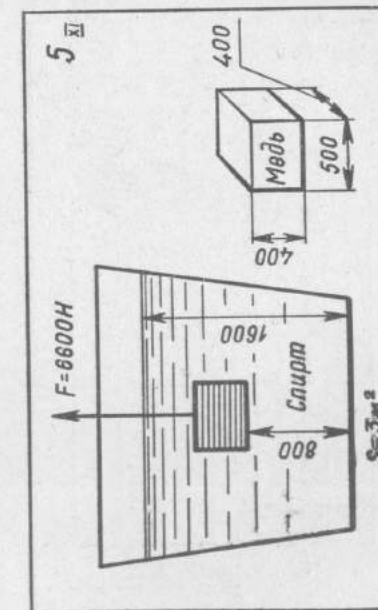
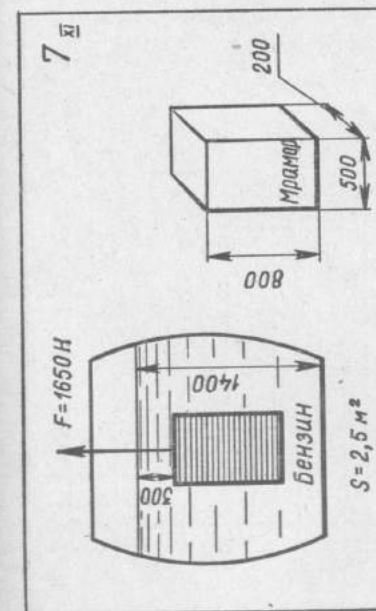
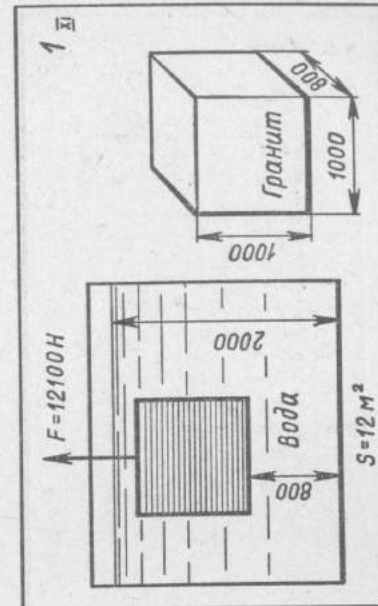
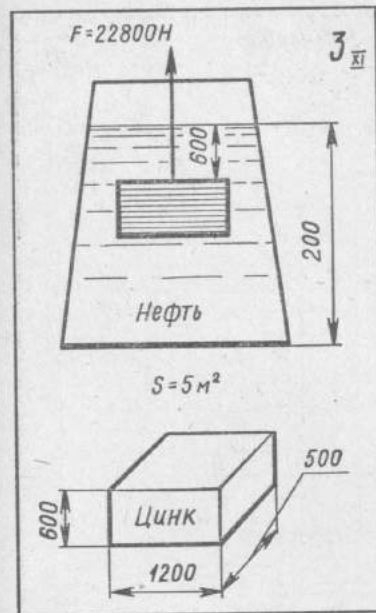
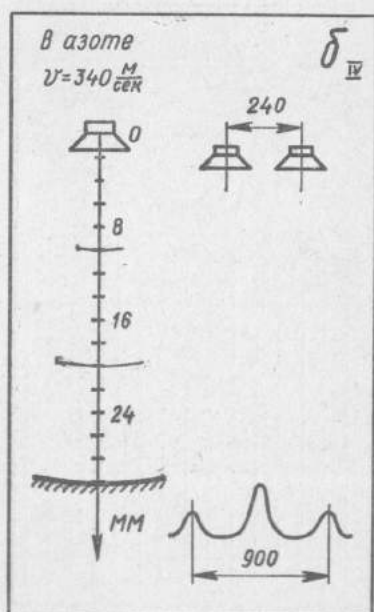
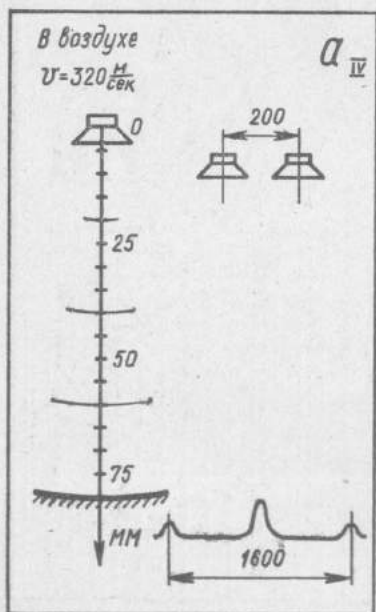
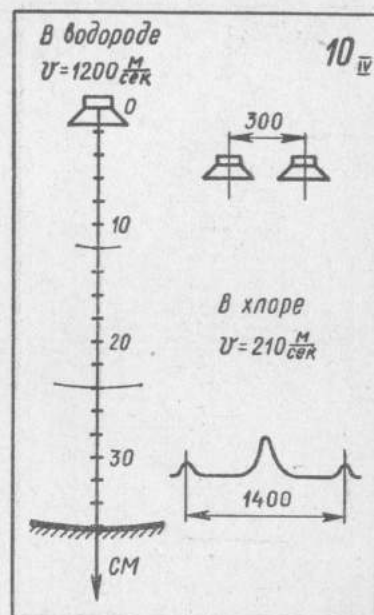
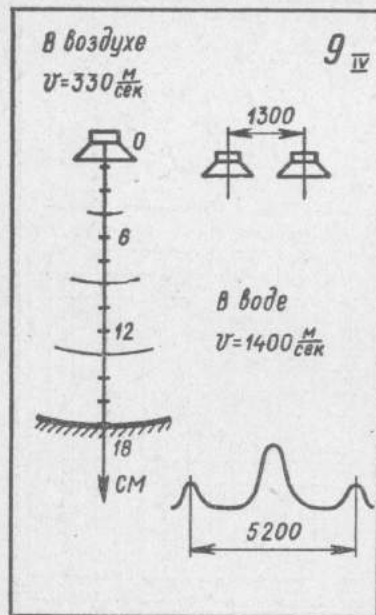


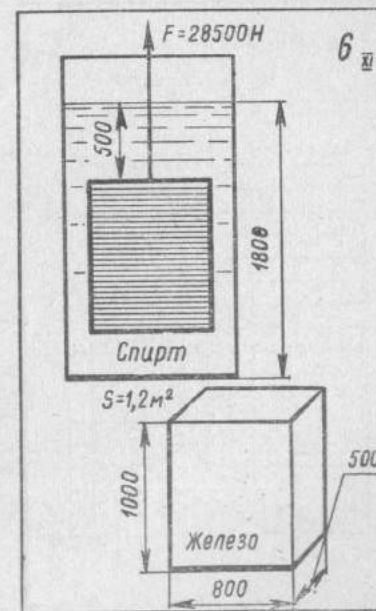
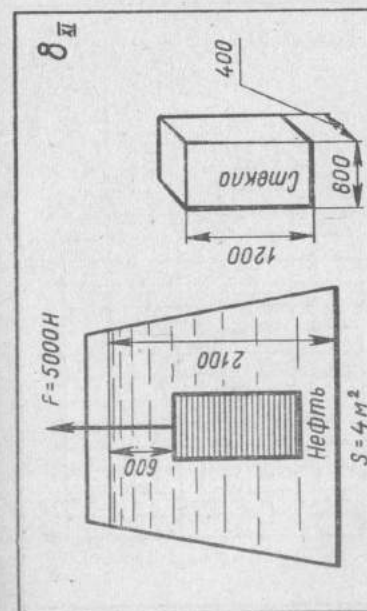
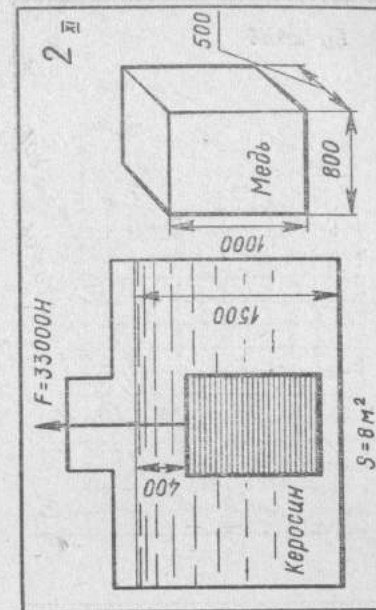
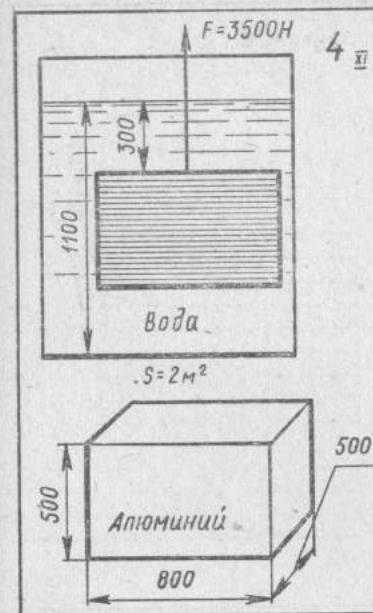
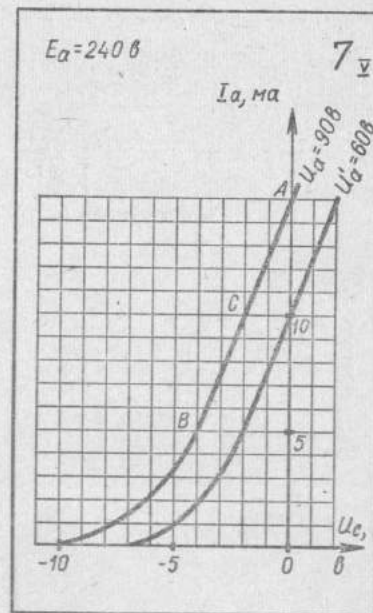
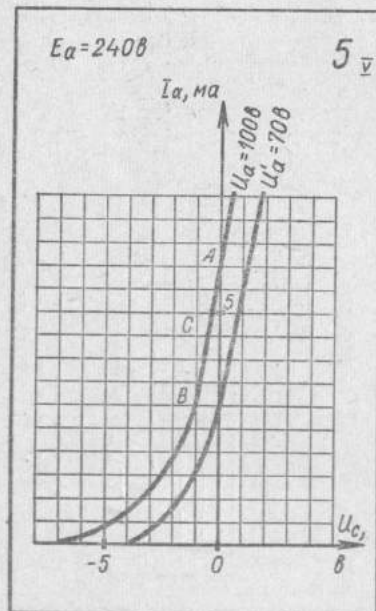
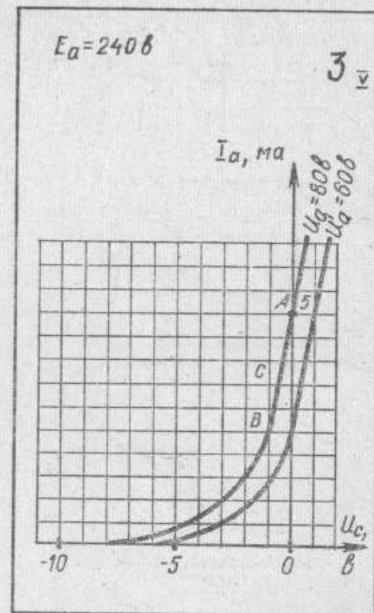
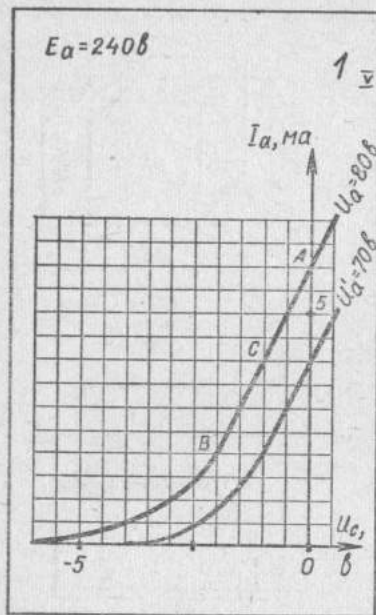


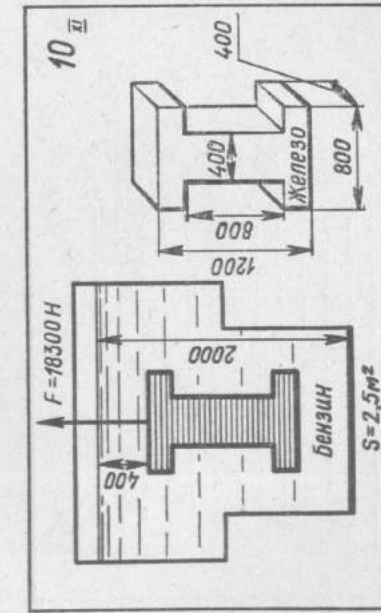
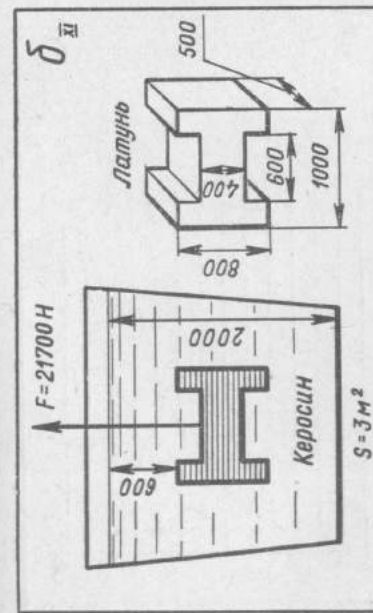
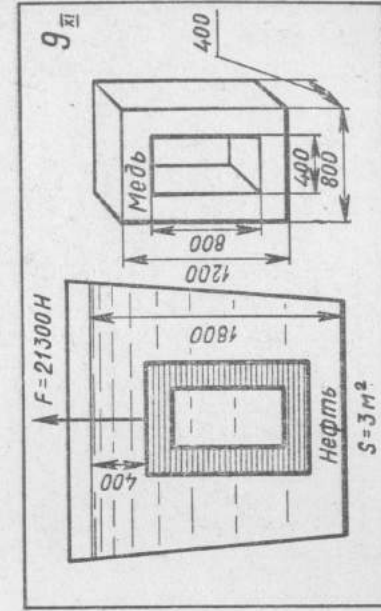
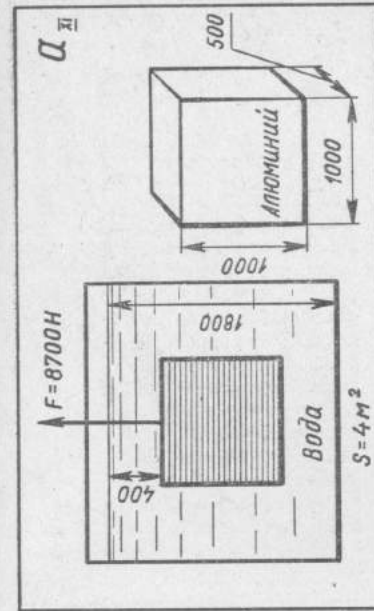
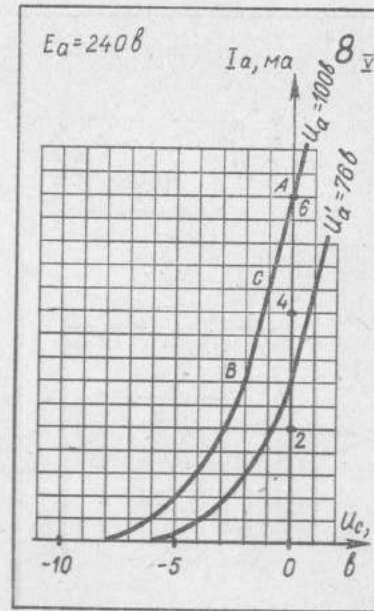
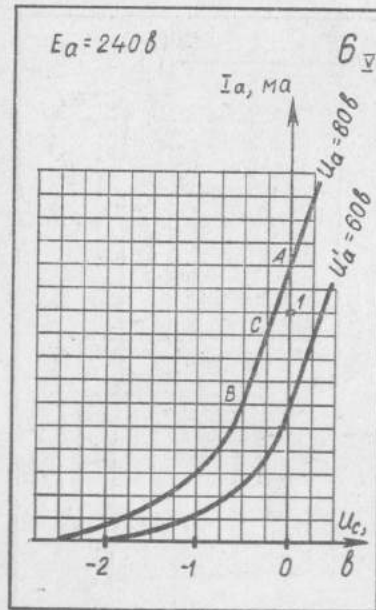
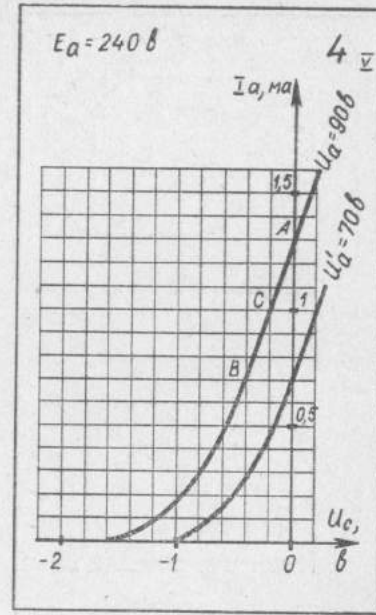
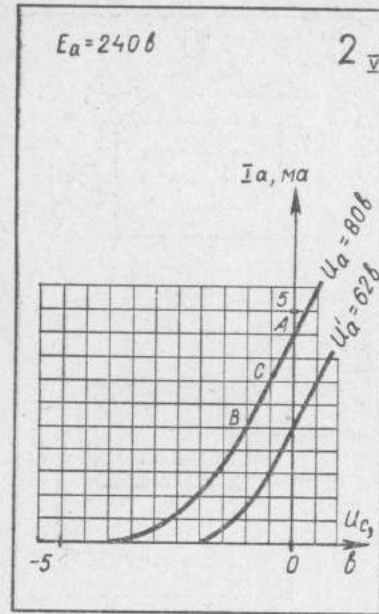


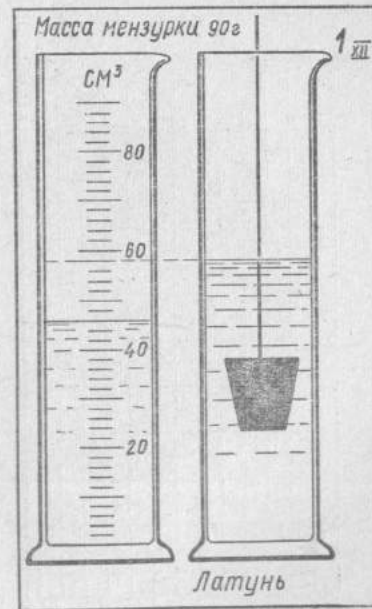
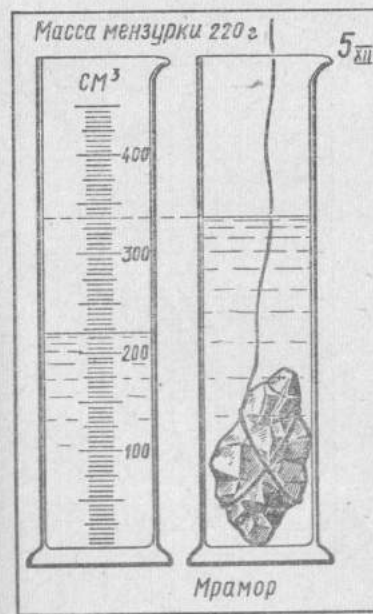
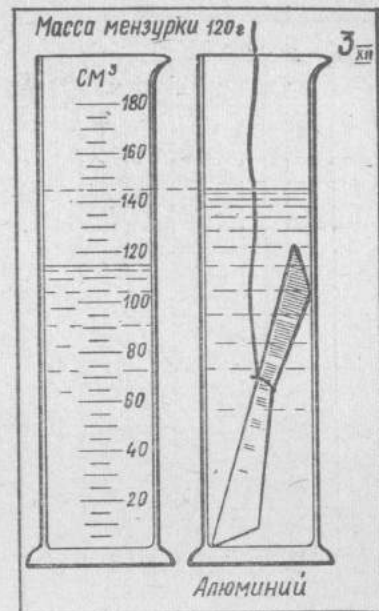
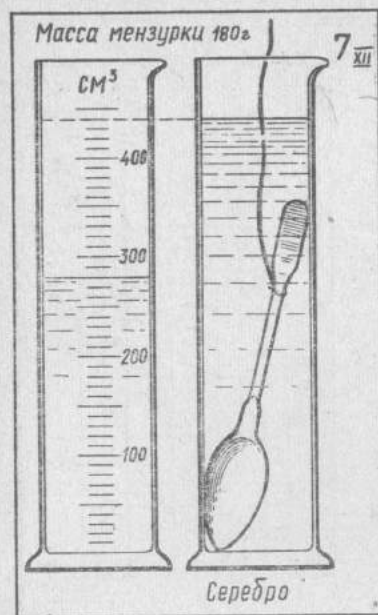
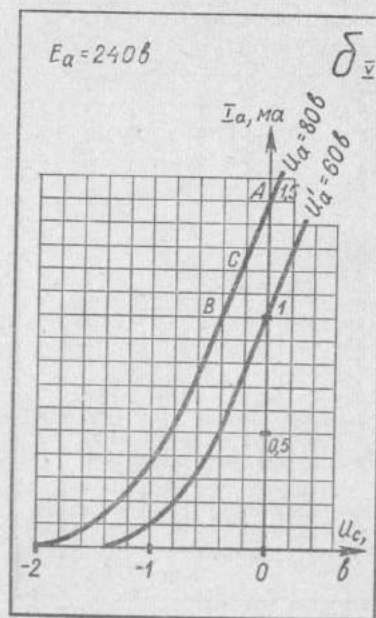
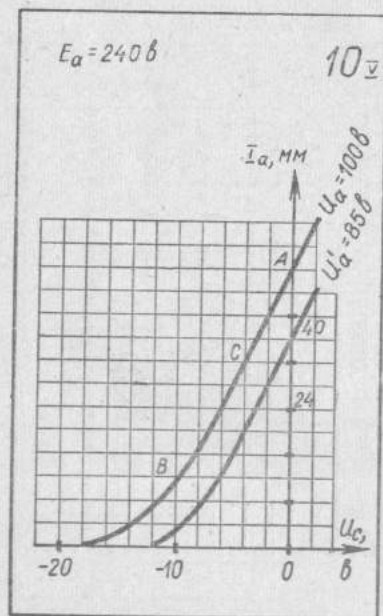
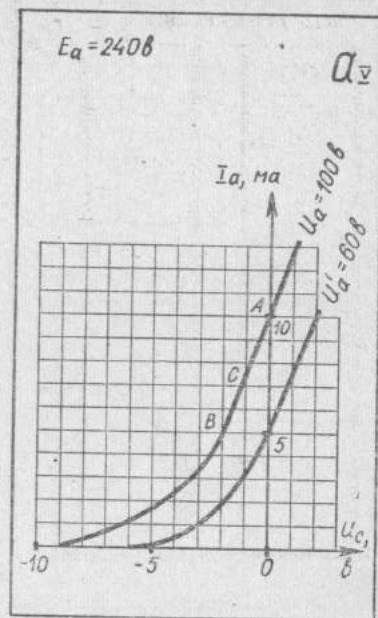
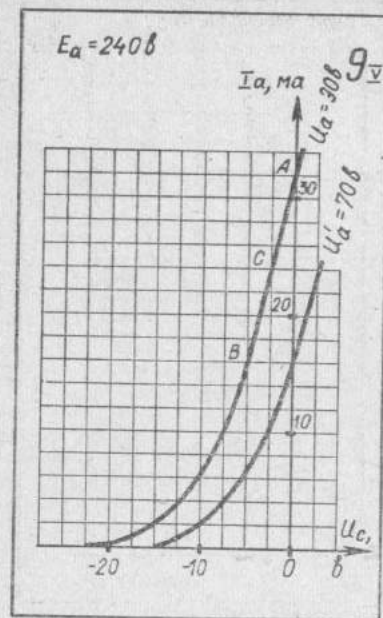


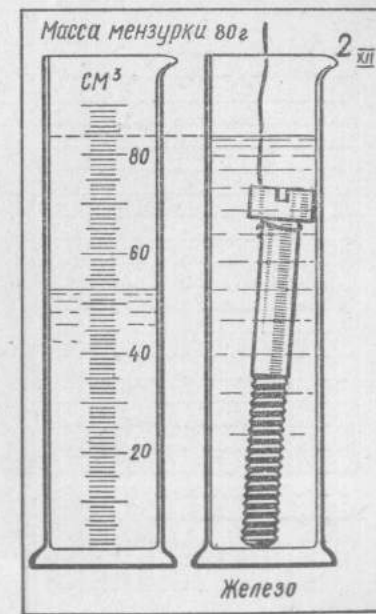
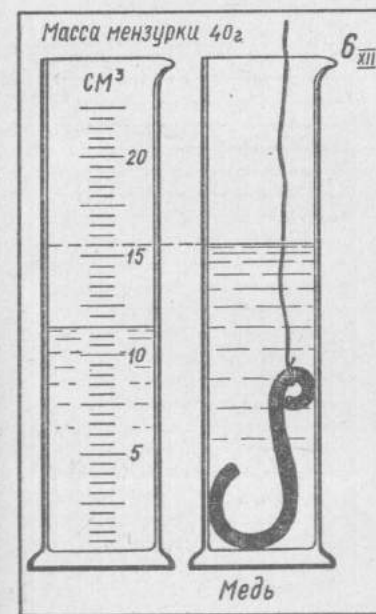
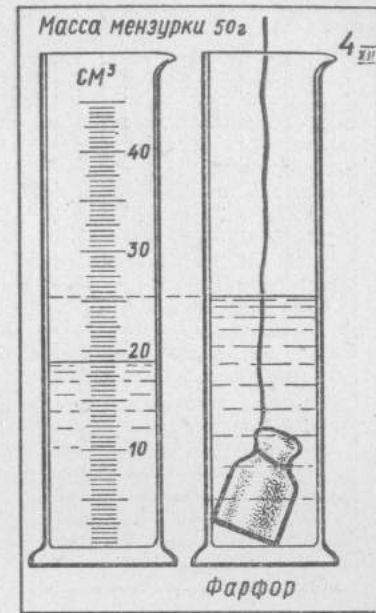
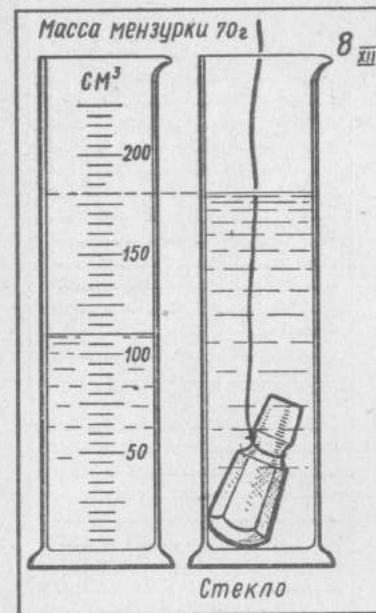
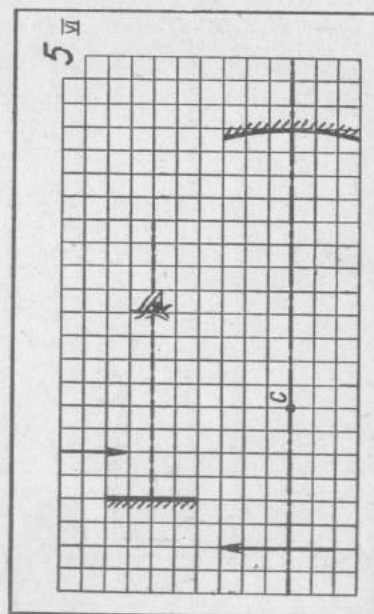
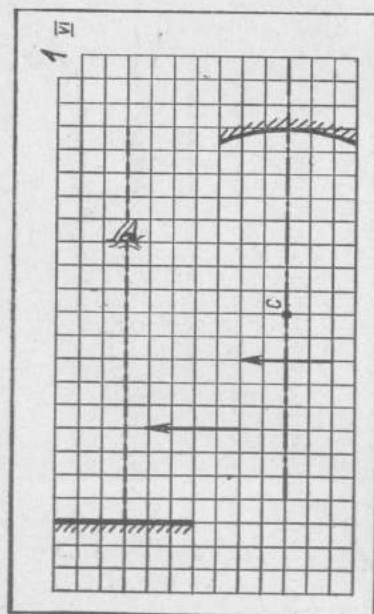
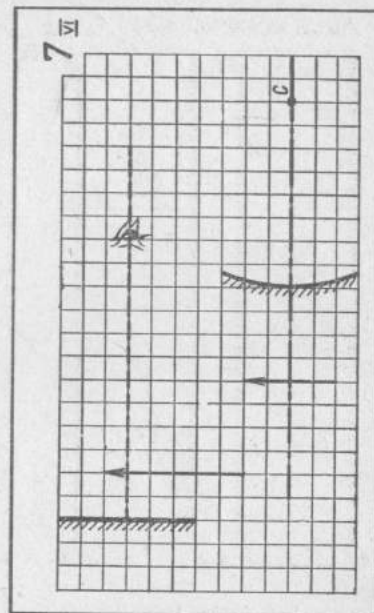
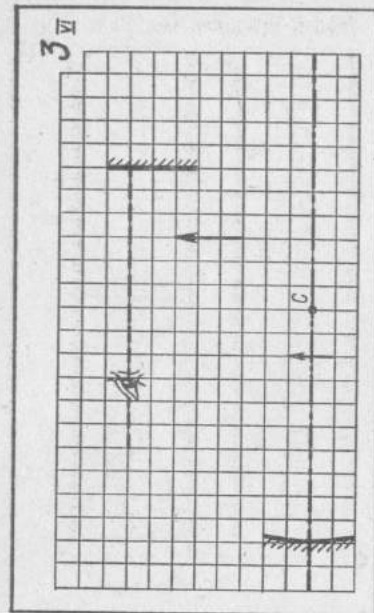


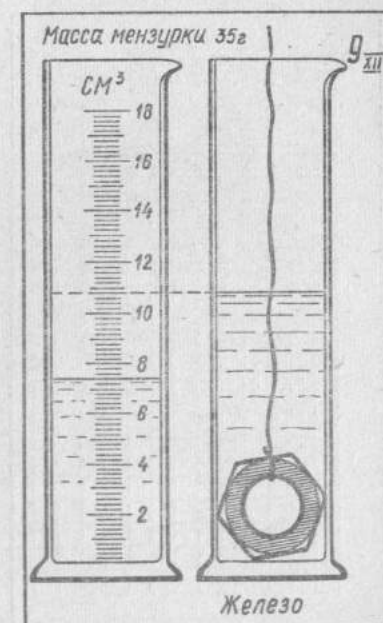
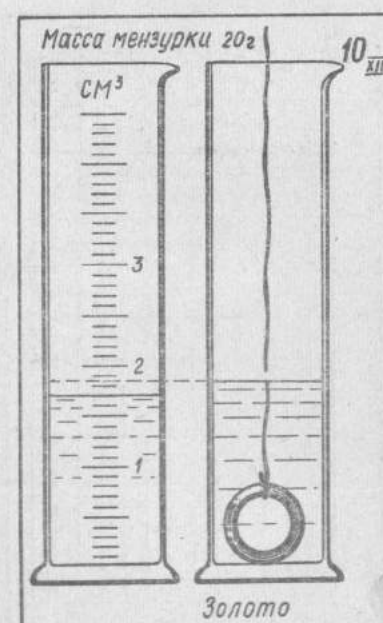
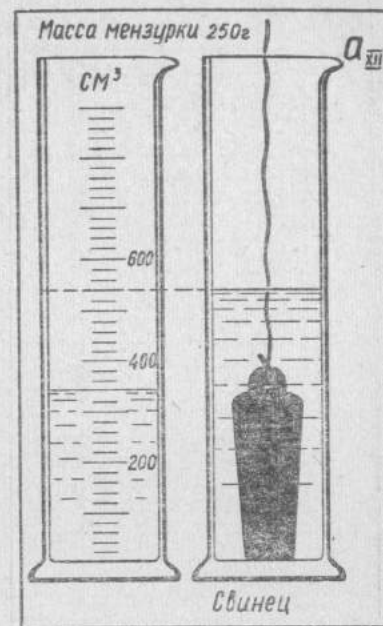
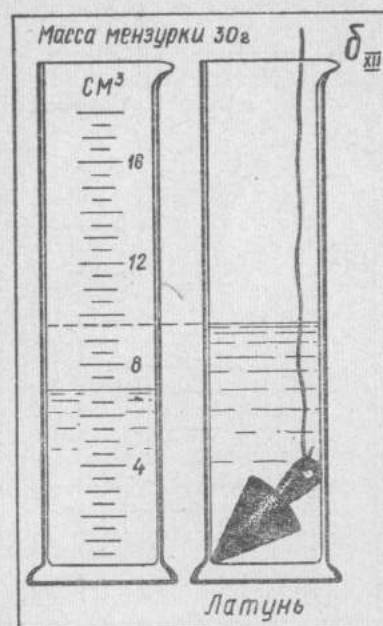
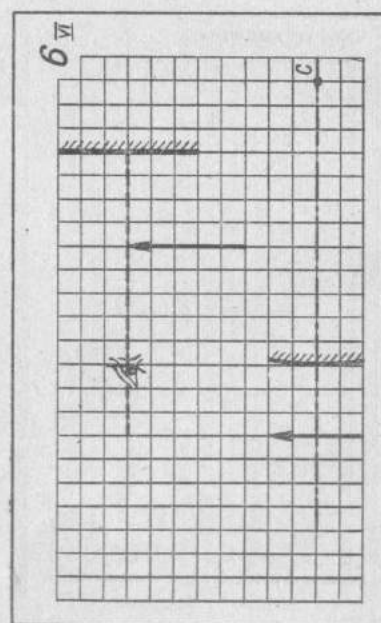
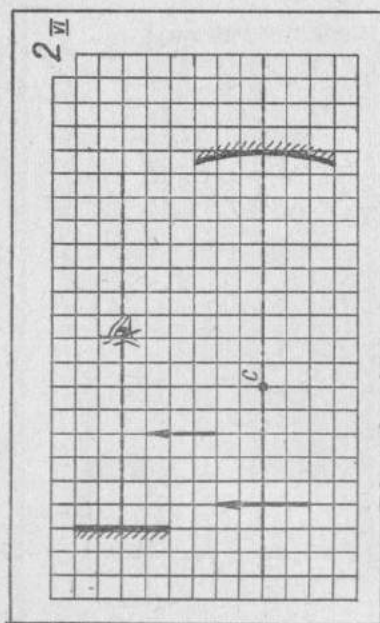
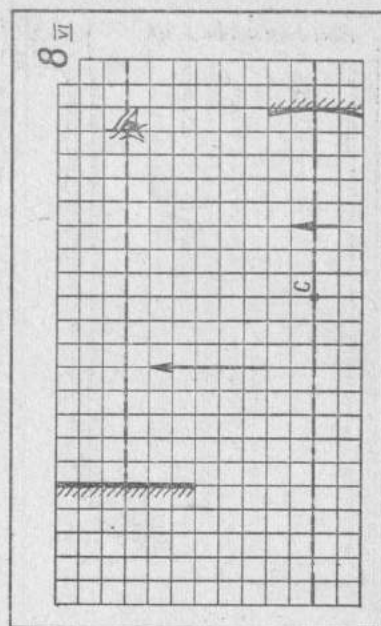
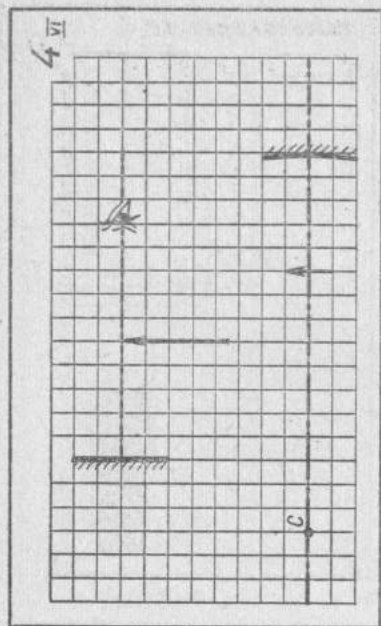


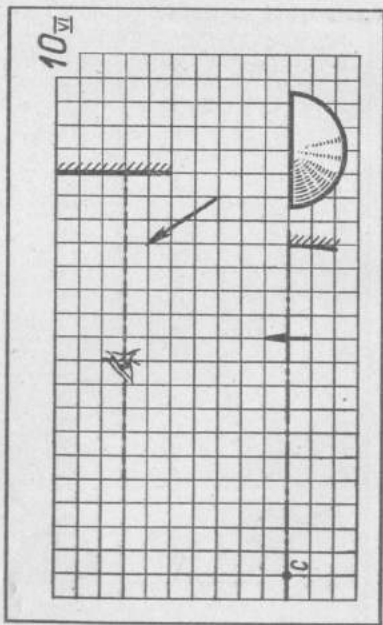
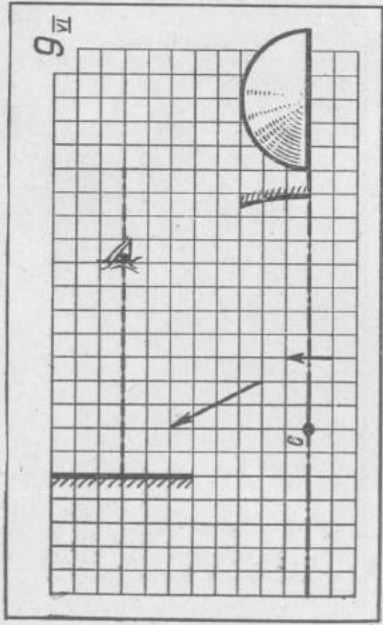
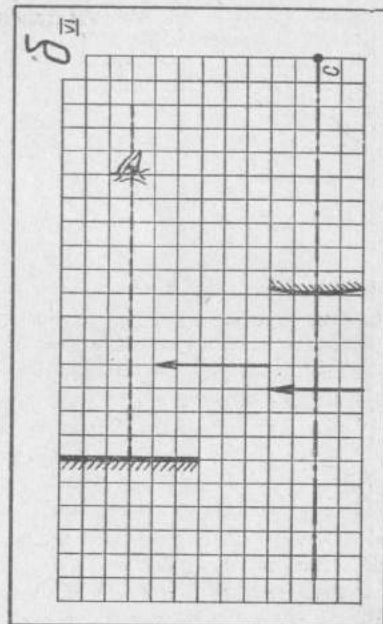
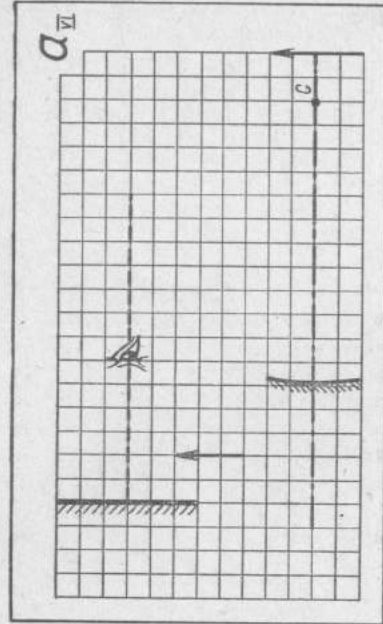












ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Описание отдельных серий и методические рекомендации к ним	7
I серия — Колебательное движение маятника	—
II серия — График напряжения переменного тока	14
III серия — Работа и мощность переменного тока	20
IV серия — Волновое движение	24
V серия — Графики анодно-сеточных характеристик триодов	28
VI серия — Отражение света	32
VII серия — Преломление света	37
VIII серия — Интерференция и дифракция света	44
IX серия — Спектроскоп	48
X серия — Треки в камере Вильсона	52
XI серия — Давление в жидкости	57
XII серия — Менаурки	63
Дидактические карточки	69

Лев Иванович Скрябин

ДИДАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ФИЗИКЕ

10 класс

Редактор Л. С. Мордовцева

Художник С. А. Соколов

Художественный редактор Т. А. Алябьева

Технические редакторы В. В. Новоселова,

И. В. Квасницкая

Корректор Р. Б. Штутман

Сдано в набор 26/III 1976 г. Подписано в печать 20/VII 1976 г. 60×90^{1/16}. Бум. тип. № 3. Печ. л. 9,0. Уч.-изд. л. 8,08. Тираж 400 тыс. экз.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Прогресс» Государственного комитета Совета Министров РСФСР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Саратовский ордена Трудового Красного Знамени полиграфический комбинат Росглавополиграфпрома Государственного комитета Совета Министров РСФСР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли, Саратов, ул. Чернышевского, 63. Заказ № 57.

Цена 23 коп.