

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФИЗИКА

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Направление подготовки 04.03.01 Химия
Направленность (профиль)
Неорганическая и аналитическая химия

Ставрополь, 2026

Введение

Правила техники безопасности

1. Внимательно изучить содержание и порядок проведения лабораторной работы.
2. Подготовить рабочее место, убрать посторонние предметы. Приборы и оборудование разместить таким образом, чтобы исключить их падение и опрокидывание.
3. Проверить исправность оборудования, приборов, целостность лабораторной посуды.
4. При нагревании жидкости в приборе использовать специальные держатели.
5. Следить за исправностью всех креплений в приборах и приспособлениях.
6. При сборке электрических цепей избегать пересечений проводов, использования проводов без изоляции
7. Не оставлять без надзора не выключенные электрические устройства и приборы.
8. При обнаружении неисправности в работе немедленно сообщить преподавателю.
9. При получении травмы оказать первую помощь.

Порядок выполнения работы

1. Предварительно повторить теоретический материал соответствующей темы по учебнику или конспекту лекций.
2. Ознакомиться с содержанием лабораторной работы.
3. Проверить наличие на лабораторном столе необходимого оборудования.
4. Уяснить и точно соблюдать порядок и последовательность операций, указанных в лабораторной работе.
5. Соблюдать все меры безопасности, указанные в требованиях или сообщенные преподавателю устно.
6. Внимательно следить за ходом опыта.
7. Все записи наблюдений и результаты измерений делать сразу же после окончания опыта.
8. В случае неудачной постановки опыта или для более точного результата опыт следует повторить.
9. После окончания работы привести в порядок рабочее место.

Отчет о выполнении лабораторной работы

1. Дата выполнения работы.
2. Номер работы и ее название.
3. Цель работы.
4. Приборы и материалы.
5. Теоретическая часть: краткие теоретические сведения, на основании которых выполняется лабораторная работа.
6. Практическая часть: схемы, чертежи, таблица результатов, расчеты, графики, рисунки.
7. Вычисление погрешности измерений (по мере необходимости).
8. Вывод.
9. Ответы на контрольные вопросы.

УВАЖАЕМЫЙ СТУДЕНТ!

Методические указания по выполнению лабораторных работ созданы Вам в помощь для работы на занятиях.

Наличие положительной оценки (отметки о выполнении) лабораторной работы необходимо для получения зачета по дисциплине, поэтому в случае невыполнения работы по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за лабораторную работу Вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

Внимание! Если в процессе выполнения заданий лабораторной работы возникают вопросы, разрешить которые Вам не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений.

Желаем Вам успехов!!!

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Тема: Введение. Предмет физики

Цель: определение центростремительного ускорения шарика при его равномерном движении по окружности.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, лента измерительная, циркуль, динамометр лабораторный, весы с разновесами, шарик на нити, кусочек пробки с отверстием, лист бумаги, линейка.

Теория: Движение по окружности как периодическое движение. Движение по окружности является простейшим примером периодического движения.

Периодическое движение - это движение, повторяющееся через определенный промежуток времени.

Например, вращение Земли вокруг собственной оси, вращение Земли вокруг Солнца. Характеристикой периодического движения является период (T).

Период – минимальный промежуток времени, через который движение повторяется, т. е. время одного оборота.

Единица периода – секунда (с).

Зная период вращения, можно определить частоту вращения.

Частота вращения — величина, показывающая число оборотов в единицу времени.

Единица частоты – секунда в минус первой степени ($\text{с}^{-1} = \text{Гц}$).

1 с^{-1} равна частоте равномерного вращения, при которой за время 1 с тело совершает один полный оборот.

Период вращения Земли вокруг собственной оси равен 1 сутки, т. е. 24 ч.

$T = 1 \text{ сут.} = 8,64 \cdot 10^4 \text{ с}$. Вследствие того что Земля вращается вокруг собственной оси, происходит смена времени суток. Вокруг собственной оси

вращаются также Луна, Солнце и планеты.

Период вращения Земли вокруг Солнца составляет 1 год, т. е. $T = 3,16 \cdot 10^7$ с. Вследствие того что Земля вращается вокруг Солнца, происходит смена времени года.

При равномерном движении материальной точки по окружности, ее ускорение направлено перпендикулярно скорости по радиусу центра окружности. Поэтому оно называется нормальным или **центростремительным**.

Указания к работе

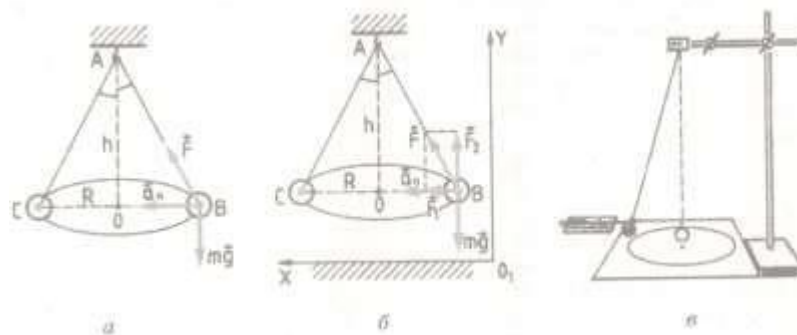


Рис.1

Эксперименты проводятся с коническим маятником. Небольшой шарик движется по окружности с радиусом R . При этом нить AB , к которой прикреплен шарик, описывает поверхность прямого кругового конуса. На шарик действуют две силы: сила тяжести mg и натяжение F (рис. 1, а). Они создают центростремительное ускорение a_n , направленное по радиусу к центру окружности. Модуль ускорения можно определить кинематически. Он равен:

$$a_n = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

Для определения ускорения надо измерить радиус окружности и период вращения шарика по окружности.

Центростремительное (нормальное) ускорение можно определить также используя законы динамики.

Согласно второму закону Ньютона, $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}$. Разложим силу $\vec{F}$ на составляющие F_1 и F_2 , направленные по радиусу к центру окружности и по вертикали вверх.

Тогда второй закон Ньютона запишется следующим образом:

$$ma = mg + F_1 + F_2.$$

Направление координатных осей выберем так, как показано на рисунке 1, б. В проекциях на ось O_1Y уравнение движения шарика примет вид:

$0 = F_2 - mg$. Отсюда, $F_2 = mg$: составляющая $\vec{F}_2$ уравнивает силу тяжести $m\vec{g}$, действующую на шарик.

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось O_1X : $ma_n = \vec{F}_1$.

Отсюда

$$a_n = \frac{F_1}{m}.$$

Модуль составляющей $\vec{F}_1$ можно определить различными способами. Во-первых, его можно определить из подобия треугольников OAB и FBF_1 :

$$\text{Отсюда } F_1 = \frac{mgR}{h} \text{ и } a_n = \frac{gR}{h}.$$

Во-вторых, модуль составляющей F_1 можно измерить с помощью динамометра. Для этого оттягиваем горизонтально расположенным динамометром шарик на расстояние, равное радиусу R окружности (рис. 1, в), и определяем показания динамометра. При этом сила упругости пружины уравнивает составляющую $\vec{F}_1$. Сопоставим все три выражения для a_n :

$$\frac{4\pi^2 R}{T^2}, a_n = \frac{gR}{h}, a_n = \frac{F_1}{m}$$

$$a_n =$$

и убедимся, что они близки между собой.

В этой работе с наибольшей тщательностью следует измерять время. Для этого полезно отсчитывать возможно большее число оборотов маятника, уменьшая тем самым относительную погрешность.

Взвешивать шарик с точностью, которую могут дать лабораторные весы, нет необходимости. Вполне достаточно взвешивать с точностью до 1 г. Высоту конуса и радиус окружности достаточно измерить с точностью до 1 см. При такой точности измерений относительные погрешности величин будут одного порядка.

Порядок выполнения работы

1. Определите массу шарика на весах с точностью до 1 г.
2. Проденьте нить сквозь отверстие и зажмите пробку в лапке штатива (рис. 1, в).
3. Начертите на листе бумаги окружность с радиусом примерно 20 см.

Измерьте радиус с точностью до 1 см.

4. Штатив с маятником расположите так, чтобы продолжение нити проходило через центр окружности.
5. Взяв нить пальцами у точки подвеса, вращайте маятник так, чтобы шарик описывал окружность, равную начерченной на бумаге.
6. Отсчитайте время, за которое маятник совершает, к примеру, $N = 50$ оборотов.
7. Определите высоту конического маятника. Для этого измерьте расстояние по вертикали от центра шарика до точки подвеса.
8. Определите значение центростремительного ускорения по формулам:

$$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \text{ и } a_n = \frac{gR}{h}$$

9. Переместите горизонтально расположенным динамометром шарик на расстояние, равное радиусу окружности, и измерьте модуль составляющей $\vec{F}_1$. Затем вычислите ускорение по формуле $a_n = \frac{F_1}{m}$.
10. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

№	R	N	Δt	$T = \frac{\Delta t}{N}$	h	m	$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$	$a_n = \frac{gR}{h}$	$a_n = \frac{F_1}{m}$

11. Сравните три полученные значения модуля центростремительного ускорения и сформулируйте выводы.

Ход работы

№	R, м	N	$\Delta t, c$	$T = \frac{\Delta t}{N}, c$	h, м	m, кг	F, Н	$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \text{ м/с}^2$	$a_n = \frac{gR}{h} \text{ м/с}^2$	$a_n = \frac{F_1}{m}, \text{ м/с}^2$

Контрольные вопросы.

1. Какое движение называется механическим?
2. Что такое траектория движения?

3. Что такое период движения?
4. Дайте определение угловой скорости?
5. Почему равномерное движение по окружности является ускоренным?
6. Чему равно центростремительное ускорение и куда оно направлено?
7. Какая связь существует между линейной и угловой скоростями?

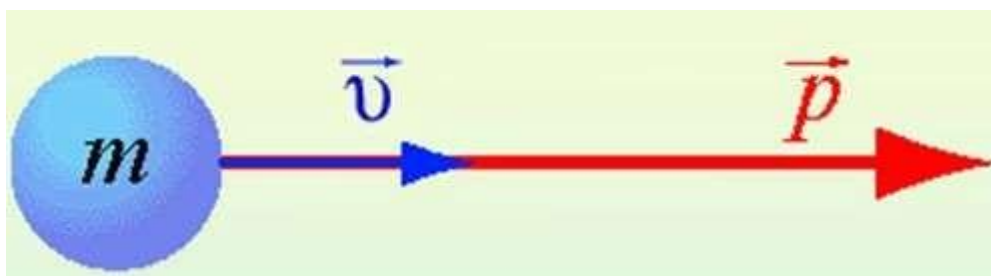
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Тема: Кинетика материальной точки

Цель: экспериментально проверить справедливость закона сохранения импульса тел при прямом упругом соударении

Оборудование: Два металлических шарика разной массы, рама для подвеса шариков, измерительная линейка.

Теория. Величина, равная произведению массы материальной точки на ее скорость, называется **импульсом**



$$p = mv$$

p — импульс тела

m — масса тела

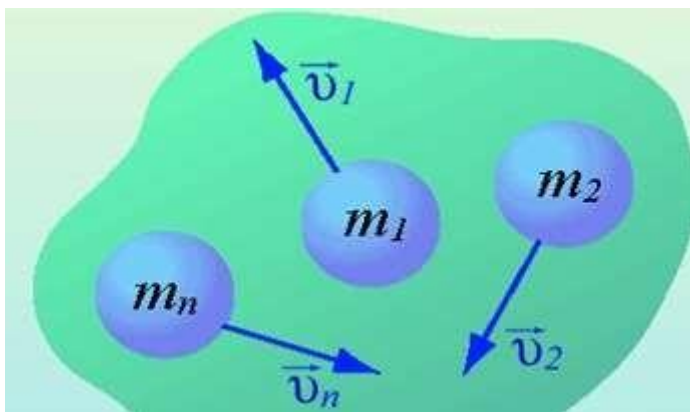
v — скорость тела

Импульс тела **направлен в ту же сторону, что и скорость тела.**

Единицей измерения импульса в СИ является 1 кг·м/с.

Изменение импульса тела происходит при взаимодействии тел, например, при ударах.

Для системы материальных точек полный импульс равен сумме импульсов. При этом следует иметь в виду, что импульс – это векторная величина, и поэтому в общем случае импульсы складываются как векторы, т.е. по правилу параллелограмма.



$$\vec{p}_{\text{сист}} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n$$

Если на систему тел не действуют внешние силы со стороны других тел, такая система называется замкнутой. **Замкнутая система** – это система тел, которые взаимодействуют только друг с другом.

Закон сохранения импульса: в замкнутой системе векторная сумма импульсов всех тел, входящих в систему, остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$$

m_1, m_2 — массы взаимодействующих тел, кг

v_1, v_2 — скорости тел до столкновения, м/с

v'_1, v'_2 — скорости тел после столкновения, м/с

Закон сохранения импульса можно сформулировать и так: **если на тела системы действуют только силы взаимодействия между ними («внутренние силы»)**, то **полный импульс системы тел не изменяется со временем, т.е. сохраняется. Этот закон применим к системе, состоящей из любого числа тел.** Отметим еще раз, что импульс – величина векторная, поэтому сохранение полного импульса означает сохранение не только его величины, но и направления.

Закон сохранения импульса выполняется при распаде тела на части и при абсолютно неупругом ударе, когда соударяющиеся тела соединяются в одно. Если распад или удар происходят в течение малого промежутка времени, то закон сохранения импульса приближенно выполняется для этих процессов даже при наличии внешних сил, действующих на тела системы со стороны тел, не входящих в нее, т.к. за малое время внешние силы не успевают значительно

изменить импульс системы.

Под ударом в механике понимается кратковременное взаимодействие двух или более тел, возникающее в результате их соприкосновения (соударение шаров, удар молота о наковальню и др.). Самым простым является прямой (центральный) удар, то есть такой удар, при котором скорости соударяющихся тел до удара направлены по линии, соединяющей центры тел. При соударении взаимодействие длится такой короткий промежуток времени (иногда измеряемый тысячными долями секунды) и возникают столь большие внутренние силы взаимодействия, что внешними силами можно пренебречь и систему соударяющихся тел можно считать замкнутой и применять к ней закон сохранения импульса.

В зависимости от упругих свойств тел соударения могут протекать весьма различно. Принято выделять два крайних случая: абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары.

Абсолютно упругим называется удар, при котором после взаимодействия тела полностью восстанавливают свою форму. Таких ударов в природе не существует, так как всегда часть энергии затрачивается на необратимую деформацию тел. Однако для некоторых тел, например стальных закаленных шаров, потерями механической энергии при столкновении можно пренебречь и считать удар абсолютно упругим. В случае центрального абсолютно упругого удара двух тел с массами m_1 , m_2 и скоростями v_1 , v_2 до удара и v'_1 , v'_2 после удара можно записать закон сохранения импульса тел:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$$

Абсолютно неупругим называется удар, при котором после соприкосновения тел они не восстанавливают полностью свою форму, соединяются вместе и движутся как единое целое с одной скоростью. При этом ударе часть их механической энергии переходит в работу деформации тел (внутреннюю энергию). Столкновение двух шаров из пластилина, когда после столкновения шары слипаются и движутся вместе, является примером абсолютно неупругого удара. В случае центрального абсолютно неупругого удара двух тел с массами m_1 , m_2 движущихся со скоростями v_1 , v_2 до удара и v' после удара можно записать законы сохранения импульса тел:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}'$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'$$

Закон сохранения импульса служит основой для объяснения обширного круга явлений природы, применяется в различных науках:

1. Закон строго выполняется в явлениях отдачи при выстреле, явлении реактивного движения, взрывных явлениях и явлениях столкновения тел.
2. Закон сохранения импульса применяют: при расчетах скоростей тел при взрывах и соударениях; при расчетах реактивных аппаратов; в военной промышленности при проектировании оружия; в технике - при забивании свай, ковке металлов и т.д.

Описание работы

Установка состоит из двух стальных шаров, на длинных подвесах и измерительной линейки под шарами. Центры масс соприкасающихся шаров лежат на одном уровне от точки подвеса. Отведя один из шаров (например, большей массы) в сторону и отпустив его, можно произвести прямой (центральный) удар шаров.



Если до столкновения один из шаров покоился $v_2=0$, то выражение закона сохранения импульса упростится. При прямом ударе оба шара после столкновения движутся по одной прямой, поэтому от векторной формы записи закона сохранения импульса можно перейти к алгебраической и учитывая, что после столкновения оба шара движутся в одном направлении, получим:

$$m_1 \cdot v_1 = m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2$$

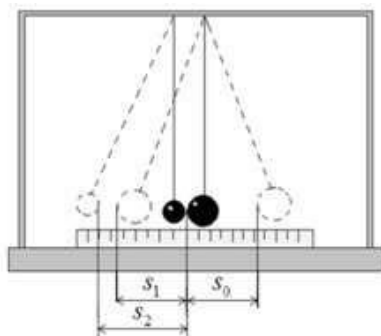


рис. 2

Для определения скорости первого шара v_1 до удара и скоростей шаров v'_1 и v'_2 после удара воспользуемся законом сохранения механической энергии. Потенциальная энергия шара в положении максимального отклонения

равняется его кинетической энергии при ударе $mgh = \frac{mv^2}{2}$, откуда $v = \sqrt{2gh}$.

Высоту подъёма шара можно определить по его максимальному отклонению s от положения равновесия (рис.3,а).

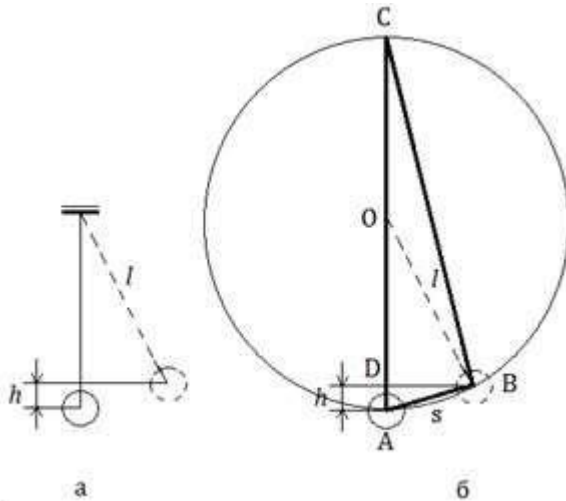


рис. 3

Треугольник ABC прямоугольный (опирается на диаметр). Катет AB является средней пропорциональной величиной между гипотенузой $AC=2l$ и своей проекцией на гипотенузу AD (рис.3,б): $AB^2=AC \cdot AD$ то есть $s^2=2lh$, откуда $h = \frac{s^2}{2l}$. Следовательно, величины скоростей можно выразить

$$v_1 = s_0 \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad v'_1 = s_1 \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad v'_2 = s_2 \sqrt{\frac{g}{l}},$$

так: где S_0, S_1 - максимальные отклонения первого шара до и после удара; S_2 - максимальное отклонение второго шара после удара. Запишем уравнение закона сохранения через выражения

$$m_1 s_0 \sqrt{\frac{g}{l}} = m_1 s_1 \sqrt{\frac{g}{l}} + m_2 s_2 \sqrt{\frac{g}{l}}$$

скоростей: или $m_1 \cdot S_0 = m_1 \cdot S_1 + m_2 \cdot S_2$. Таким образом, проверка закона сохранения импульса в данной работе сводится к проверке справедливости последнего уравнения.

При малых углах отклонения шара от положения равновесия S_0, S_1 и S_2 можно заменить соответствующими величинами, отсчитанными по горизонтальной шкале.

Порядок выполнения работы

1. Перенесите рисунок 2 в отчет по работе.
2. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

№	m_1 , г	m_2 , г	S_0 , мм	S_1 , мм	S_2 , мм	$m_1 \cdot S_0$, $\frac{\text{г} \cdot \text{мм}}{\text{с}}$	$m_1 \cdot S_1$, $\frac{\text{г} \cdot \text{мм}}{\text{с}}$	$m_2 \cdot S_2$, $\frac{\text{г} \cdot \text{мм}}{\text{с}}$	$m_1 \cdot S_1 + m_2 \cdot S_2$, $\frac{\text{г} \cdot \text{мм}}{\text{с}}$
1									
2									

3. Определите массы шаров m_1 и m_2 . Запишите их результат в таблицу.
4. Отрегулируйте подвеску шаров так, чтобы их центры и точка касания находились на одной горизонтальной линии.
5. Отклоните шар большей массы на 5 см от положения равновесия (S_0) и затем отпустите его. Заметьте максимальное отклонение этого шара после удара (S_1). Повторите опыт 5 раз и найдите среднее значение отклонения $S_{1\text{ср}}$. Запишите его в таблицу (S_1).
6. Повторите опыт 5, но теперь заметьте после удара максимальное отклонение шара с меньшей массой (S_2). Повторите опыт 5 раз, и найдите среднее значение отклонения $S_{2\text{ср}}$. Запишите его в таблицу (S_2).
7. Отклоните шар большей массы на 8 см от положения равновесия (S_0) и затем отпустите его. Заметьте максимальное отклонение этого шара после удара (S_1). Повторите опыт 5 раз и найдите среднее значение отклонения $S_{1\text{ср}}$. Запишите его в таблицу (S_1).
8. Повторите опыт 7, но теперь заметьте после удара максимальное отклонение шара с меньшей массой (S_2). Повторите опыт 5 раз, и найдите среднее значение отклонения $S_{2\text{ср}}$. Запишите его в таблицу (S_2).
9. Используя значения S_0 , S_1 и S_2 , вычислите импульс шара до удара $m_1 \cdot S_0$ и сумму импульсов шаров после удара $m_1 \cdot S_1 + m_2 \cdot S_2$ и внесите в таблицу их результаты.
10. Сравните импульс шара до удара с суммой импульсов шаров после удара. Запишите вывод по полученным результатам работы.
11. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что такое импульс материальной точки? По какой формуле он находится?
2. Импульс – величина векторная или скалярная?
3. Запишите формулу и формулировку закона сохранения импульса?
4. Выполняется ли закон сохранения импульса при распаде тела?
5. Какое движение называется реактивным?
6. Выполняется ли закон сохранения импульса при реактивном движении?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Тема: Динамика материальной точки

Цель: научиться измерять потенциальную энергию поднятого над землей тела и упруго деформированной пружины, сравнить два значения потенциальной энергии системы.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, динамометр лабораторный с фиксатором, лента измерительная, груз на нити длиной около 25 см.

1. Теория:

1. Тело массой m , поднятое на высоту h , обладает потенциальной энергией E_p . **Потенциальной энергией** взаимодействия тел и Земли называют величину, равную произведению массы тела на ускорение свободного падения и на высоту тела над поверхностью Земли: $E_p = mgh$

2. При падении с высоты тело набирает скорость v , и потенциальная энергия при уменьшении высоты переходит в кинетическую энергию. **Кинетической энергией** называют величину, равную половине произведения массы тела на квадрат скорости его движения:

3. Закон сохранения и превращения энергии: полная механическая энергия замкнутой системы тел, между которыми действуют только консервативные силы, сохраняется, т.е. не изменяется с течением времени. Энергия никогда не исчезает и не появляется вновь, она лишь превращается из одного вида в другой.

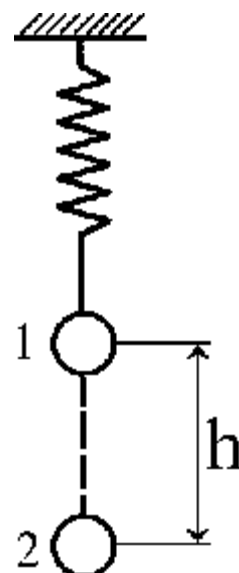
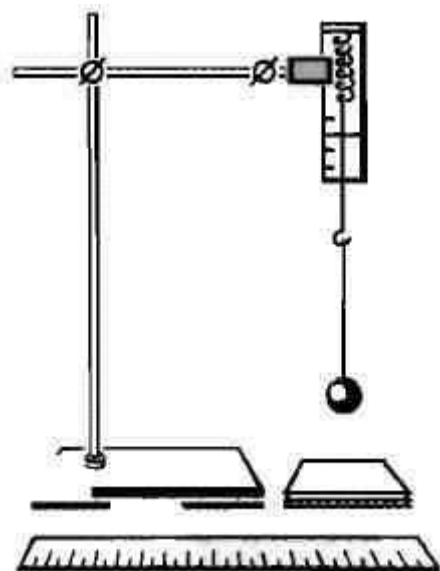
$$E = E_p + E_k = mgh + \frac{mv^2}{2} = \text{const}$$

Указания к работе

Для выполнения работы собирают установку, показанную на рисунке. Динамометр укрепляется в лапке штатива. Фиксатором 1 показаний динамометра служит пластинка из пробки размером $5 \times 7 \times 1,5$ мм. На рисунке фиксатор в увеличенном масштабе помечен цифрой 2. Пластинку из пробки надрезают ножом до середины и насаживают на проволоочный стрежень динамометра. Фиксатор должен перемещаться вдоль стержня с малым трением.

Сначала проверьте работу фиксатора. Установите его в нижней части проволоочного стержня вплотную к ограничительной скобе динамометра.

Растяните пружину динамометра до упора. Опустите стержень. При этом фиксатор вместе со стержнем поднимается вверх, отмечая максимальное удлинение пружины.



Порядок выполнения работы

1. Привяжите груз к нити, другой конец нити привяжите к крючку динамометра и измерьте вес груза $F_1 = mg$ (можно использовать массу груза, если она известна).
2. Измерьте расстояние l от крючка динамометра до центра тяжести груза.
3. Поднимите груз до высоты крючка динамометра и опустите его. Поднимая груз, расслабьте пружину и укрепите фиксатор около ограничительной скобы.
4. Снимите груз и по положению фиксатора измерьте линейкой максимальное удлинение Δl пружины.
5. Растяните рукой пружину до соприкосновения фиксатора с ограничительной скобой и отсчитайте по шкале максимальное значение модуля силы упругости пружины. Среднее значение силы упругости равно $\frac{F}{2}$.
6. Найдите высоту падения груза. Она равна $h = l + \Delta l$.
7. Вычислите потенциальную энергию системы в первом положении груза, т.е. перед началом падения, приняв за нулевой уровень значение потенциальной энергии груза в конечном его положении:

$$E'_p = mgh = F_1(l + \Delta l)$$
8. В конечном положении груза его потенциальная энергия равна нулю. Потенциальная энергия системы в этом состоянии определяется лишь энергией упруго деформированной пружины:

$$E'_p = \frac{k\Delta l^2}{2} = \frac{F \cdot \Delta l}{2}$$

Вычислите ее.

9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

10. Сравните значения потенциальной энергии в первом и втором состояниях системы и сформулируйте вывод.

$F_1 = mg, \text{ Н}$	$L, \text{ м}$	$\Delta L, \text{ м}$	$F, \text{ Н}$	$h = l + \Delta L, \text{ м}$	$E'_p = mgh = F_1(l + \Delta L),$ Дж	$E'_p = \frac{F \cdot \Delta L}{2}, \text{ Дж}$

Контрольные вопросы.

1. Сформулируйте определение энергии. В каких единицах измеряется энергия?
2. Что является мерой изменения энергии систем тел?
3. Дайте определение кинетической энергии тела?
4. Сформулируйте теорему о кинетической энергии?
5. Чему равна полная механическая энергия системы тел?
6. При каких условиях полная механическая энергия системы сохраняется?
7. Чему равно изменение полной механической энергии системы?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

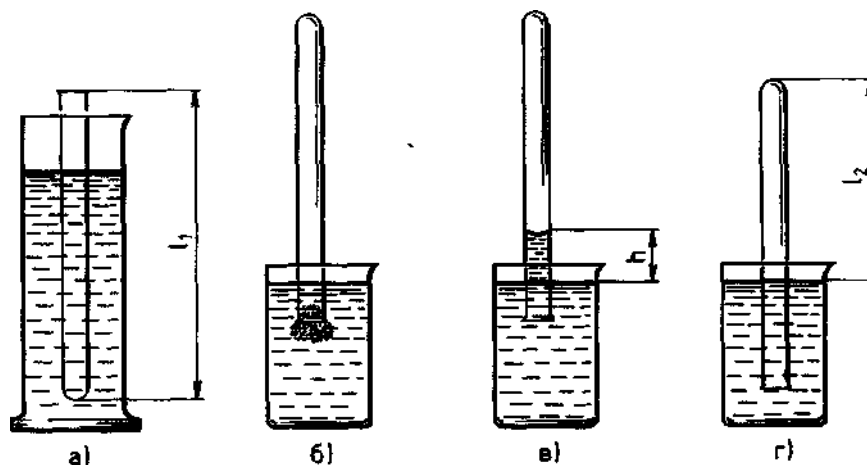
Тема: Работа и механическая энергия

Оборудование: стеклянная трубка, запаянная с одного конца, длиной 600 мм и диаметром 8 - 10 мм; цилиндрический сосуд высотой 600 мм и диаметром 40 - 50 мм, наполненный горячей водой ($t \sim 60^\circ\text{C}$); стакан с водой комнатной температуры; пластилин, термометр, линейка.

Теория: Чтобы проверить закон Гей-Люссака, достаточно измерить объем и температуру газа в двух состояниях при постоянном давлении и проверить справедливость равенства $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$. Это можно осуществить, используя воздух

при атмосферном давлении.

Стеклянная трубка открытым концом вверх помещается на 3—5 мин в цилиндрический сосуд с горячей водой (рис. а). В этом случае объем воздуха V_1 равен объему стеклянной трубки, а температура — температуре горячей воды T_1 . Это — первое состояние.



Чтобы при переходе воздуха в следующее состояние его количество не изменилось, открытый конец стеклянной трубки, находящейся в горячей воде, замазывают пластилином. После этого трубку вынимают из сосуда с горячей водой и замазанный конец быстро опускают в стакан с водой комнатной температуры (рис. б), а затем прямо под водой снимают пластилин. По мере охлаждения воздуха в трубке вода в ней будет подниматься. После прекращения подъема воды в трубке (рис. в) объем воздуха в ней станет равным $V_2 < V_1$, а давление $p = p_{\text{атм}} - pgh$. Чтобы давление воздуха в трубке вновь стало равным атмосферному, необходимо увеличивать глубину погружения трубки в стакан

до тех пор, пока уровни воды в трубке и в стакане не выровняются (рис. г). Это будет второе состояние воздуха в трубке при температуре T_2 окружающего воздуха. Отношение объемов воздуха в трубке в первом и втором состояниях можно заменить отношением высот воздушных столбов в трубке в этих состояниях, если сечение трубки постоянно по всей длине

Поэтому в работе следует сравнить отношения. Длина воздушного столба измеряется линейкой, температура — термометром.

Подготовка к проведению работы

1. Подготовьте бланк отчета с таблицей (см. таблицу) для записи результатов измерений и вычислений

Таблица

Измерено					Вычислено					
$l_1, \text{мм}$	$l_2, \text{мм}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$\Delta l, \text{мм}$	$\Delta_0 l, \text{мм}$	$\Delta l, \text{мм}$	$T_1, \text{К}$	$T_2, \text{К}$	$\Delta T, \text{К}$	$\Delta_0 T, \text{К}$
Вычислено										
$\Delta T, \text{К}$	l_1/l_2	$\varepsilon_1, \%$	Δ_1	T_1/T_2	$\varepsilon_2, \%$	Δ_2				

2. Подготовьте стакан с водой комнатной температуры и сосуд с горячей водой.

Порядок выполнения работы

1. Измерьте длину l_1 стеклянной трубки и температуру воды в цилиндрическом сосуде.

2. Приведите воздух в трубке во второе состояние так, как об этом рассказано выше. Измерьте длину l_2 воздушного столба в трубке и температуру окружающего воздуха T_2 .

3. Вычислите отношения l_1/l_2 и T_1/T_2 , относительные (ε_1 и ε_2) и абсолютные (Δ_1 и Δ_2) погрешности измерений этих отношений по формулам

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta l}{l_1} + \frac{\Delta l}{l_2}, \Delta_1 = \frac{l_1}{l_2} \varepsilon_1$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta T}{T_1} + \frac{\Delta T}{T_2}, \Delta_2 = \frac{T_1}{T_2} \varepsilon_2$$

4. Сравните отношения l_1/l_2 и T_1/T_2 .

5. Сделайте вывод о справедливости закона Гей-Люссака.

Контрольные вопросы

1. Почему после погружения стеклянной трубки в стакан с водой комнатной температуры и после снятия пластины вода в трубке поднимается?

2. Почему при равенстве уровней воды в стакане и в трубке давление воздуха в трубке равно атмосферному?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Тема: Динамика твёрдого тела

Оборудование: 1) психрометр бытовой; 2) гигрометр металлический;

3) гигрометр волосной; 4) спирт в склянке с пробкой; 5) термометр лабораторный от 0 до 100 °С; 6) воронка простая с коротким стеблем № 3; 7) таблица психрометрическая; 8) таблица зависимости давления насыщенного водяного пара от температуры.

Теория. В атмосфере Земли всегда содержатся водяные пары. Их содержание в воздухе характеризуется абсолютной и относительной влажностью.

Относительная влажность воздуха φ определяется отношением парциального давления p водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению p_0 насыщенного пара при той же температуре и выражается в процентах:

$$\varphi = \frac{p}{p_0} 100\%$$

Существует несколько методов измерения относительной влажности воздуха. В данной работе ее измеряют с помощью психрометра, конденсационного и волосного гигрометров.

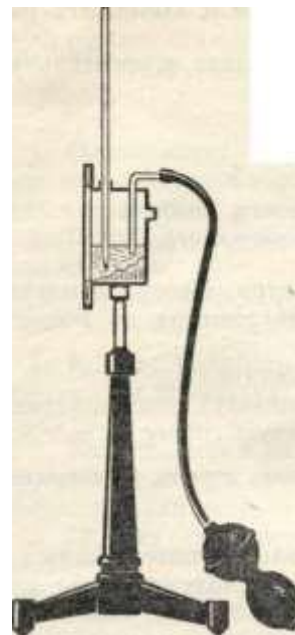
I. Психрометром (рис. 1) — по разности температур термометров, резервуар у одного из которых окружен полоской ткани, опущенной в воду (правый), а у другого остается сухим (левый), и специальной таблице.

II. Конденсационным гигрометром (рис. 2) — путем нахождения точки росы, т. е.

температуры, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе, становится насыщенным, и с помощью таблицы зависимости давления насыщенного водяного пара от температуры. Температуру в камере гигрометра понижают, продувая воздух через спирт и вызывая тем самым его интенсивное испарение. Чтобы легче было заметить появление росы на поверхности охлаждаемой камеры 1, ее окружают металлическим кольцом 2 с теплоизолирующей прокладкой. Наблюдение за появлением налета росы проводят путем сравнения поверхности охлажденной камеры с блестящей



поверхностью кольца, которая во время опыта остается без изменений.



III. Волосным гигрометром (рис. 3) непосредственно измеряют относительную влажность воздуха в процентах.



Проверку и установку волосного гигрометра производят на основании определения относительной влажности воздуха с помощью психрометра. Для установки стрелки гигрометра на соответствующее деление шкалы служит регулировочный винт.

Порядок выполнения работы

2. Задание 1*Измерение относительной влажности воздуха с помощью психрометра.*

1. Ознакомьтесь с устройством психрометра.

2. Определите показания его термометров и вычислите разность температур.

3. По психрометрической таблице определите относительную влажность воздуха.

Таблица

Показания термометров		Разность показаний термометров, Δt , °C	Относительная влажность воздуха φ %
сухого t_1 , °C	смоченного t_2 , °C		

3. **Задание 2. Измерение относительной влажности воздуха с помощью конденсационного гигрометра.**

1. Ознакомьтесь с устройством гигрометра. Протрите мягкой тканью полированную стенку и кольцо гигрометра до полного блеска.
2. Измерьте температуру воздуха в комнате.
3. Налейте в камеру гигрометра (наполовину) спирта, вставьте в нее термометр и присоедините резиновую грушу.

Предупреждение! Пары спирта огнеопасны, поэтому не допускайте вблизи прибора открытого пламени.

4. Установите прибор так, чтобы зеркальная поверхность его была расположена под углом 30–40° к направлению луча зрения. Продувайте воздух через спирт и внимательно следите за полированной поверхностью стенки камеры, сравнивая ее с поверхностью кольца.
5. В момент появления росы заметьте показание термометра, прекратите продувание воздуха и продолжайте наблюдение, чтобы заметить показание термометра в момент полного исчезновения росы.
6. Наблюдение повторите несколько раз, стараясь возможно точнее определить температуру появления и исчезновения росы. По окончании наблюдений оставшийся в гигрометре спирт слейте в склянку и плотно закройте ее. Результаты опыта запишите в таблицу

Таблица.

Температура окружающего воздуха, °C	Плотность насыщенных паров ρ_n , г/см ³	Относительная влажность воздуха φ %	Абсолютная влажность воздуха ρ_a , г/см ³	Точка росы, °C

ная температуру окружающего воздуха, по таблице зависимости давления насыщенного водяного пара от температуры, найдите давление

насыщенного водяного пара при *данной* температуре. Воспользовавшись значением относительной влажности из предыдущего опыта, вычислите абсолютную влажность воздуха:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} 100\%; \quad \rho_a = \frac{\varphi : \rho_n}{100\%}$$

По таблице зависимости давления насыщенного водяного пара от температуры, найдите точку росы.

4.	Задание	3.	Измерение
	<i>относительной влажности</i>	<i>воздуха</i>	<i>волосным</i>
	<i>гигрометром</i>		

1. Ознакомьтесь с устройством и принципом действия волосного гигрометра. Сравните его показание с результатами предыдущих опытов.
2. Подышите на волос гигрометра и наблюдайте за поведением стрелки.

Контрольные вопросы.

1. Почему при продувании воздуха через эфир на полированной поверхности стенки камеры гигрометра появляется роса? В какой момент появляется роса?
2. Почему показания влажного термометра психрометра меньше показаний сухого термометра? При каком условии разность показаний термометра наибольшая?
3. Температура в помещении понижается, а абсолютная влажность остается прежней. Как изменится разность показаний термометров психрометра?
4. Сухой и влажный термометры психрометра показывают одну и ту же температуру. Какова относительная влажность воздуха?
5. Почему после жаркого дня роса бывает более обильна?
6. Почему перед дождем ласточки летают низко?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Тема: Элементы специальной теории относительности

Цель работы: определение коэффициента поверхностного натяжения воды методом отрыва капель.

Теория. Свободная поверхность жидкости в состоянии равновесия стремится к минимуму, жидкость как бы стягивается упругой поверхностной пленкой, стремящейся к уменьшению своей площади. Поверхностное натяжение определяется отношением модуля силы поверхностного натяжения F , действующей на границу поверхностного слоя жидкости, к длине этой границы l :

$$\sigma = \frac{F}{l}.$$

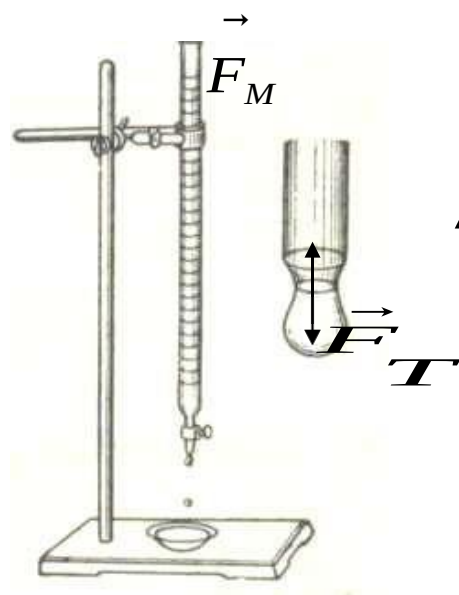
Поверхностное натяжение жидкости σ зависит от природы граничных сред и температуры жидкости.

В данной работе поверхностное натяжение воды необходимо измерить методом отрыва капель.

Рисунок 1.

Для измерения поверхностного натяжения проволоочную петлю полностью погружают в жидкость, а затем медленно вытягивают из жидкости. При этом на петле образуется пленка. Когда сила упругости пружины динамометра станет по модулю равна силе поверхностного натяжения F_n , пленка разрывается.

Для измерения σ собирают установку по рисунку 1.



В лапке штатива закрепляют воронку 1, на которую надета резиновая трубка, соединенная краном 2 и стеклянным наконечником 3. В воронку наливают дистиллированную воду и с помощью крана регулируют ее вытекание так, чтобы вода отдельными каплями падала в подставленный стакан.

В момент отрыва капли модуль силы поверхностного натяжения $F_{\text{равен}}$ модулю силы тяжести $F_{\text{тяж}}$, действующей на каплю массой m :

$$F = F_{\text{тяж}}, \quad \text{или} \quad \sigma \pi D = mg.$$

Отсюда

$$\sigma = \frac{mg}{\pi D}.$$

Для повышения точности измеряют массу n капель и вычисление ведут по формуле

$$\sigma = \frac{mg}{n\pi \cdot 0,94d_{\sigma}},$$

где m – масса вылившейся воды,

g – модуль ускорения свободного падения,

n – число капель воды,

$D = 0,9d$, а

d_{σ} – диаметр бюретки.

Оборудование: бюретка, весы с разновесами, сосуд с водой, игла, микрометр.

Порядок выполнения работы:

1. Собрать установку по рисунку 1, наполнить бюретку водой.
2. Измерить диаметр канала узкого конца бюретки. Для этого ввести до упора в канал бюретки иглу соответствующей толщины, заметить то место, до которого она вошла, и микрометром измерить диаметр иглы в отмеченном месте. Измерения микрометром производить несколько раз, поворачивая при этом иглу на определенный угол. Если результаты измерения будут различаться, взять их среднее значение.
3. Определить массу пустого сосуда для сбора капель, взвесив его.

4. Подставить под бюретку сосуд, в котором была вода, и, плавно открывая кран, добиться медленного отрывания капель (капли должны падать друг за другом через 1-2 секунды).
5. Под бюретку с отрегулированными каплями подставить взвешенный сосуд и отсчитать 100 капель.
6. Измерив массу сосуда с каплями, определить массу капель.
7. Результаты измерений записать в таблицу.

Таблица

Номер опыта	Масса			Число капель n	Диаметр канала бюретки d_6 , м	Поверхностное натяжение σ , Н/м	Среднее значение поверхностного натяжения σ_{cp} , Н/м	поверхностного натяжения $\sigma_{таб}$, Н/м	Относительная погрешность, δ , %
	пустого сосуда, m_1 , кг	сосуда с каплями, m_2 , кг	капель, m , кг						
1	$\cdot 10^{-3}$	$\cdot 10^{-3}$	$\cdot 10^{-3}$	50	$3.6 \cdot 10^{-3}$			0.073	
2		$\cdot 10^{-3}$	$\cdot 10^{-3}$	100	$3.6 \cdot 10^{-3}$				

8. Вычислить поверхностное натяжение по формуле $\sigma = \frac{mg}{n\pi \cdot 0,94d_6}$.

9. Опыт повторить 1-2 раза с другим количеством капель.

10. Найти среднее значение σ_{cp} ; сравнить полученный результат с табличным значением поверхностного натяжения с учетом температуры $\sigma_{cp} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}$.

8. Определить относительную погрешность $\varepsilon = \frac{|\sigma - \sigma_{таб}|}{\sigma_{таб}} \cdot 100\%$

Контрольные вопросы.

1. Почему поверхностное натяжение зависит от вида жидкости?
2. Почему и как зависит поверхностное натяжение от температуры?
3. Изменится ли результат вычисления поверхностного натяжения, если опыт повторить в другом месте Земли?
4. Изменится ли результат вычисления, если диаметр канала трубки будет меньше?
5. Почему в работе лучше использовать дистиллированную воду или хотя бы кипяченую?
6. Для получения свинцовой дроби расплавленный свинец сквозь узкие отверстия льют с некоторой высоты. Во время падения свинец принимает форму шариков. Почему?
7. Можно ли выпить воду из стакана в космосе? Почему?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Тема: Элементы гидро- и аэродинамики

Вариант 1

Цель: Научиться создавать кристаллы, понаблюдать за ростом кристалла.

Оборудование: листы формата А4, ручка, карандаш, линейка, калькулятор

Теория. Существуют два простых способа выращивания кристаллов из раствора: охлаждение насыщенного раствора соли и его выпаривание. Первым этапом при любом из двух способов является приготовление насыщенного раствора. В условиях школьного физического кабинета проще всего выращивать кристаллы алюмокалиевых квасцов. В домашних условиях можно выращивать кристалл медного купороса или обычной поваренной соли.

Растворимость любых веществ зависит от температуры. Обычно с повышением температуры растворимость увеличивается, а с понижением температуры уменьшается.

При охлаждении горячего (примерно 40°C) насыщенного раствора до 20°C в нем окажется избыточное количества соли на 100 г воды. При отсутствии центров кристаллизации это вещество может оставаться в растворе, т.е. раствор будет пересыщенным.

С появлением центров кристаллизации избыток вещества выделяется из раствора, при каждой данной температуре в растворе остается то количество вещества, которое соответствует коэффициенту растворимости при этой температуре. Избыток вещества из раствора выпадает в виде кристаллов; количество кристаллов тем больше, чем больше центров кристаллизации в растворе. Центрами кристаллизации могут служить загрязнения на стенках посуды с раствором, пылинки, мелкие кристаллики соли. Если предоставить выпавшим кристалликами возможность подрасти в течение суток, то среди них найдутся чистые и совершенные по форме экземпляры. Они могут служить затравками для выращивания крупных кристаллов.

Чтобы вырастить крупный кристалл, в тщательно отфильтрованный насыщенный раствор нужно внести кристаллик - затравку, заранее прикрепленный на волосе или тонкой леске, предварительно обработанной спиртом.

Можно вырастить кристалл без затравки. Для этого волос или леску обрабатывают спиртом и опускают в раствор так, чтобы конец висел свободно. На конце волоса или лески может начаться рост кристалла.

Если для выращивания приготовлен крупный затравочный кристалл, то его лучше вносить в слегка подогретый раствор. Раствор, который был насыщенным при комнатной температуре, при температуре на 3-5°C выше комнатной будет ненасыщенным. Кристалл-затравка начнет растворяться в нем и потеряет при этом верхние, поврежденные и загрязненные слои. Это приведет к увеличению прозрачности будущего кристалла. Когда температура понизится до комнатной, раствор вновь станет насыщенным, и растворение кристалла прекратится. Если стакан с раствором прикрыть так, чтобы вода из раствора могла испаряться, то вскоре раствор станет пересыщенным и начнется рост кристалла. Во время роста кристалла стакан с раствором лучше всего держать в теплом сухом месте, где температура в течение суток остается постоянной. На выращивание крупного кристалла в зависимости от условий эксперимента может потребоваться от нескольких дней до нескольких недель.

Ход работы

1. Тщательно вымойте стакан и воронку, подержите их над паром.
2. Налейте 100, г дистиллированной (или дважды прокипяченной) воды в стакан и нагрейте её до 30°C-40°C. Используя кривую растворимости, приведенную на рисунке 1, определите массу соли, необходимую для приготовления насыщенного раствора при 30°C.

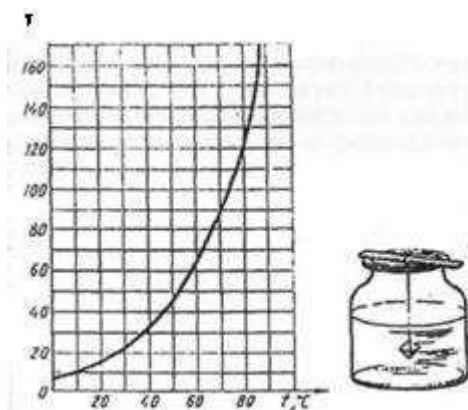


Рис. 1

Приготовьте насыщенный раствор и слейте его через ватный фильтр в чистый стакан. Закройте стакан крышкой или листком бумаги. Подождите, пока раствор остынет до комнатной температуры. Откройте стакан. Через некоторое время начнут выпадать первые кристаллы.

3. Через сутки слейте раствор через ватный фильтр в чистый, вновь вымытый и попаренный стакан. Среди множества кристаллов, оставшихся на дне первого стакана, выберите самый чистый кристалл правильной формы. Прикрепите кристалл-затравку к волосу или леске и опустите его в раствор. Волос или леску предварительно протрите ватой, смоченной спиртом. Можно также положить кристалл-затравку на дно стакана перед заливкой в него раствора. Поставьте стакан в теплое чистое место. В течение нескольких суток или недель не трогайте кристалл и не переставляйте стакан. В конце срока

выращивания выньте кристалл из раствора, тщательно осушите бумажной салфеткой и уложите в специальную коробку. Руками кристалл не трогайте, иначе он потеряет прозрачность.

Контрольные вопросы

1. Описать свой эксперимент.
2. Что может служить центром кристаллизации?
3. Чем объясняется неодинаковая скорость роста различных граней одного и того же кристалла?
4. Каким способом можно насыщенный раствор сделать пересыщенным бездобавления растворенного вещества?
5. Зачем раствор фильтровался?

Вариант 2

Оборудование и материалы: микроскоп школьный (МШБ-2), насыщенный раствор гипосульфита натрия, предметное стекло, часы.

Цель работы: наблюдение за процессом роста кристаллов из раствора, сравнение скорости роста кристалла в различных направлениях.

Теория.

Выращивание кристаллов медного купороса, хромокалиевых квасцов и поваренной соли.

Можно за две-три недели вырастить красивые кристаллы солей у себя дома. Для этого потребуется стеклянная банка, проволочка и нитка, да еще необходимый запас соли, кристаллы которой вы собираетесь выращивать. Очень эффектно выглядят "доморощенные" кристаллы медного купороса ярко-синего цвета и хромокалиевых квасцов (фиолетовые), хороши и бесцветные кубики поваренной соли.

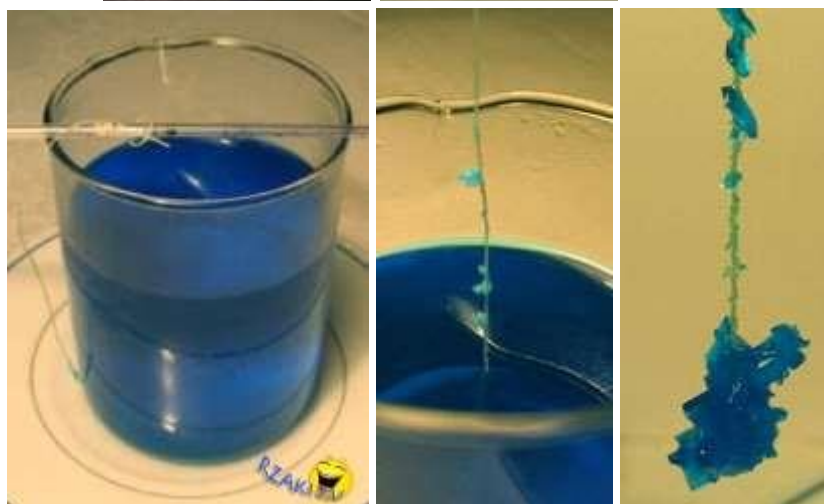
Сначала приготовим как можно более концентрированный раствор выбранной соли, внося соль в стакан с водой, - до тех пор, пока очередная порция соли не перестанет растворяться при перемешивании. После этого слегка подогреем смесь, чтобы добиться полного растворения соли. Для этого стакан поставим в кастрюлю с теплой водой.

Полученный концентрированный раствор перельем в банку или химический стакан; туда же с помощью проволоочной перемычки (можно также сделать перемычку из стержня шариковой ручки) подвесим на нитке кристаллическую "затравку" - маленький кристаллик той же соли - так, чтобы он был погружен в раствор. На этой "затравке" и предстоит расти будущему экспонату вашей коллекции кристаллов.

Химический стакан с насыщенным раствором поваренной соли и нитка с "затравкой" для роста кристаллов. Через трое суток после начала опыта (фото справа) нитка, опущенная в насыщенный раствор, превратилась в "ожерелье" из кристаллов хлорида натрия.



Химический стакан с раствором медного купороса и нитка с "затравкой" для выращивания кристаллов. Через трое суток после начала опыта на нитке появился кристалл медного купороса, похожий на драгоценный камень.

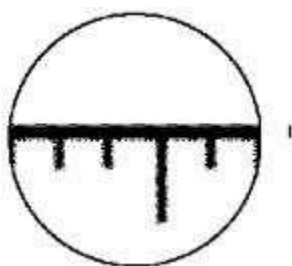


Сосуд с раствором поставим в открытом виде в теплое место. Когда кристалл вырастет достаточно большим, вынем его из раствора, обсушим мягкой тряпочкой или бумажной салфеткой, обрежем нитку и покроем грани кристалла бесцветным лаком, чтобы предохранить от "выветривания" на воздухе.

Так будет выглядеть кристалл медного купороса, выращенный из раствора.
Обратите внимание на цвет и форму полученных кристаллов.

Ход работы

1. Поместите на столик микроскопа линейку. Отрегулируйте освещение и добейтесь чёткого изображения миллиметровых рисок линейки. Определите размер поля зрения микроскопа. (На микроскопе МШБ-2 поле зрения 2 мм.) Зная его, можно оценить размер объектов, помещённых на столик микроскопа. (Учащимся, успевшим сделать все измерения и расчёты, я предлагаю оценить толщину их волоса.)



2. Поместите на столик микроскопа предметное стекло. Добейтесь чёткого изображения поверхности стекла.

3. Попросите учителя нанести на поверхность стекла капельку раствора гипосульфита натрия.

4. Найдите в капельке (лучше всего в её центре) кристаллик гипосульфита натрия, имеющий форму прямоугольника. Поверните предметное стекло так, чтобы одна из сторон прямоугольника располагалась в поле зрения микроскопа горизонтально, а другая – вертикально.

5. Оцените длину и ширину кристалла. Результаты занесите в таблицу.

Таблица				
Время, мин	Длина l , мм	Высота h , мм	v_l , мм/мин	v_h , мм/мин
0				
1				
...				
5				

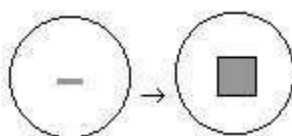
6. Повторите измерение размеров кристалла через 1, 2, 3, 4, 5 мин. Результаты занесите в таблицу. Рассчитайте скорость роста кристалла в горизонтальном (l) и вертикальном (h) направлениях. (За счёт высокой скорости роста кристаллы гипосульфита натрия за 5–6 мин полностью кристаллизуются, закрывая всё поле зрения микроскопа. Поэтому продолжительность наблюдений ограничивается 4–6 мин.)

7. Сравните скорости роста кристалла в горизонтальном и вертикальном направлениях. Почему они различаются?

8. Скажите, как называется явление зависимости физических свойств кристалла от направления?

Примечания

- Упрощённый вариант работы. По наблюдениям, кристаллы гипосульфита прямоугольного сечения в процессе роста превращаются в кристаллы квадратного сечения. Поэтому можно не проводить измерения скорости роста, а зарисовать форму кристалла в начале наблюдения и в конце. Переход прямоугольник → квадрат уже хорошо показывает, что в одном направлении кристалл растёт быстрее, чем в другом.



- Кристаллы могут «путешествовать» в растворе. Поэтому желательно следить за выбранным кристаллом непрерывно, в течение всего наблюдения.
- Высокий интерес вызывает конкурс на самый красивый или самый большой выращенный в ходе лабораторной работы монокристалл.

Литература

1. Буров В.А., Зворыкин Б.С., Кузьмин А.П., Покровский А.А., Румянцев И.М. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе: Ч. 2. – М.: Просвещение, 1979, с. 143, рис. 1-152.
2. Шахмаев Н.М., Павлов Н.И., Тыщук В.И. Физический эксперимент в средней школе. – М.: Просвещение, 1991, с. 85–87, 102, 118, 125.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

Тема: Колебательное движение

Вариант 1

Цель: установить зависимость между силой тока, напряжением и сопротивлением участка цепи.

Оборудование: амперметр, вольтметр, реостат, резистор, соединительные провода

Теория: *Ток*, сила и направление которого не изменяются с течением времени, называется *постоянным*. Для постоянного тока

$$J = Q / t ,$$

где Q - электрический заряд, проходящий за время t через поперечное сечение проводника.

Единица силы тока – ампер (А). *Ампер* – сила, не изменяющегося тока, который при прохождении по двум прямолинейным параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого сечения, расположенными в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, создает между этими проводниками силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н на каждый метр длины.

Носителями тока в металлах являются свободные электроны, т.е. электроны, слабо связанные с ионами кристаллической решетки металла. Это представление о природе носителей тока в металлах основывается на электронной теории проводимости металлов, созданной немецким физиком Друдом (1863-1906) и разработанной нидерландским физиком Лоренцем, а также на ряде классических опытов, подтверждающих положения электронной теории.

Напряжением U называется физическая величина, определяемая работой, совершаемой суммарным полем электростатических (кулоновских) и сторонних сил при перемещении единичного положительного заряда на данном участке цепи.

Немецкий физик Ом (1787-1854) экспериментально установил, что сила тока J прямо пропорциональна приложенному напряжению U и обратно пропорциональна сопротивлению участка R :

$$J = U / R$$

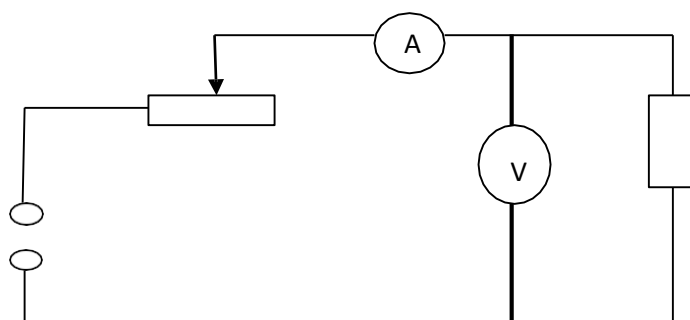
Задача данной работы заключается в том, чтобы изучить закон Ома для однородного участка, необходимо:

а) снять зависимость силы тока I от напряжения U при постоянном сопротивлении R ;

б) снять зависимость силы тока I от сопротивления R при постоянном напряжении U .

Порядок проведения работы

1. Нарисовать электрическую цепь приведенную на рисунке



2. Определить предел измерения и цену деления шкалы вольтметра и амперметра. Результаты занесите в таблицу

	Предел измерения	Цена деления шкалы
Амперметр		
Вольтметр		

3. Выбрать первый резистор R_1 .

4. Установить движок реостата в крайнее правое положение. Записать показания амперметра и вольтметра.

5. Передвинуть движок реостата в среднее положение. Записать показания амперметра и вольтметра.

6. Передвинуть движок реостата в крайнее левое положение. Записать показания амперметра и вольтметра.

7. Повторить измерения для резисторов R_2 и R_3 .

8. Результаты измерений занести в таблицу 2.

№	R	U	I
	Ом	В	А
1			
2			
3			

9. Пользуясь таблицей, построить графики зависимости силы тока на участке цепи от напряжения на его концах для каждого резистора. Графики можно расположить на одних осях координат.

10. Построить графики зависимости силы тока от сопротивления проводника при постоянном напряжении.

11. На основании построенных графиков сделать вывод о характере зависимости силы тока от напряжения, силы тока от сопротивления и о справедливости закона Ома.

Контрольные вопросы.

1. Как изменится сила тока в проводнике при увеличении напряжения на нем в два раза?
2. Как изменится сопротивление проводника при увеличении напряжения на нем в два раза?
3. Можно ли включить в сеть с напряжением 15 В реостат на котором написано 6 Ом; 2 А?
4. Двигутся ли заряженные частицы в проводнике, когда по нему не идет ток?
5. Каково назначение источника тока в электрической цепи?
6. Можно ли сказать, что он создает, заряды на полюсах?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

Тема: Физика волн. Элементы акустики.

Оборудование: макетная плата; вольтметр; амперметр; резисторы 10 Ом, 20 Ом, 30 Ом; переменный резистор сопротивлением в пределах 100—1000 Ом; лампа МН 6,3 В х 0,3 А; источник питания 4-6 В; соединительные провода — 6 шт.

Теория: Между тремя электрическими величинами -силой тока, напряжением и сопротивлением существует простое, но очень важное соотношение, называемое «Законом Ома для участка цепи». Его открыл в 1827 году немецкий ученый Георг Ом. Закон Ома -один из основных законов электродинамики. Его знание необходимо для понимания разнообразных процессов, протекающих в электрических цепях.

Указания к работе

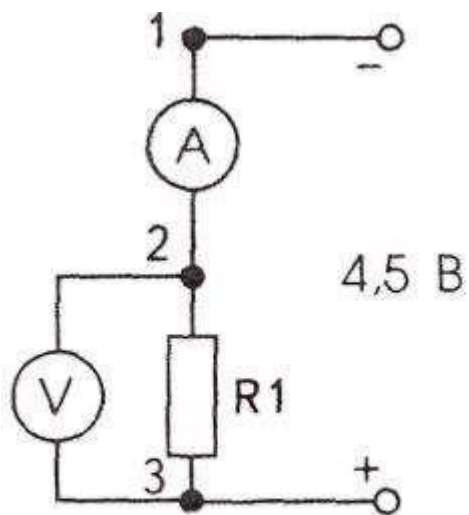
Установите связь между силой тока, напряжением и сопротивлением на участке цепи. Результаты измерений и вычислений занесите в табл. I.

Таблица 1

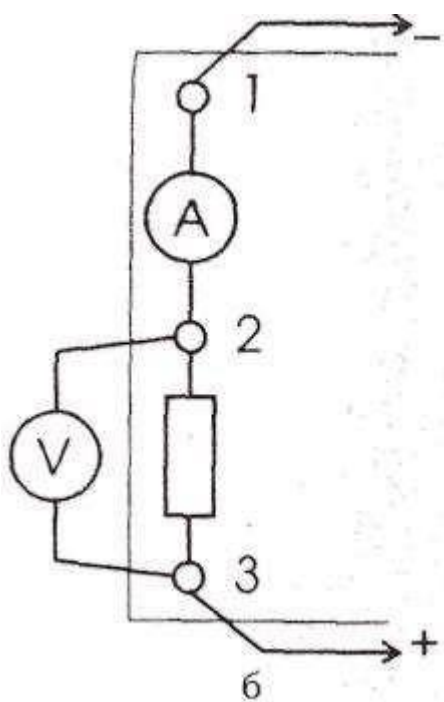
№ опыта	Сопротивление R, Ом	Напряжение U, В	Сила тока I, А	U/R , А
1				
2				
3				

1. Соберите цепь по рис. 1, а и б, используя резистор R1 сопротивлением 10 Ом.

Рисунок 1



a



2. Включите цепь и снимите показания измерительных приборов.
3. Вместо резистора R_1 поочередно включите резисторы $R_2 = 20 \text{ Ом}$ и $R_3 = 30 \text{ Ом}$.
4. Каждый раз снимите показания приборов.
5. Для каждого случая вычислите отношение напряжения к сопротивлению участка цепи U/R

6. Для каждого опыта сравните вычисленное отношение и измеренную силу тока в цепи I. 7. Сделайте вывод, запишите его словесно и математически.

8. Сравните Ваш вывод с законом, сформулированным Г. Омом для участка цепи.

Задание 2

1. Определите сопротивление участка цепи по закону Ома.

2. Результаты измерений и вычислений занесите в табл.

3. Соберите цепь по рис. 1. В качестве участка R возьмите поочередно резисторы сопротивлениями 10 Ом, 20 Ом, 30 Ом (маркировку можно заклеить изолентой).

4. По показаниям приборов вычислите сопротивления этих резисторов.

Таблица 2

№ опыта	Сопротивление R, Ом	Напряжение U, В	Сила тока I, А
1			
2			
3			

Задание 3

1. Определите напряжение на участке цепи по закону Ома.

2. Результаты измерений и вычислений занесите в табл.

3. В схеме к заданию 1 (рис. 1) отключите вольтметр и вместо участка R поочередно включайте резисторы 10 Ом, 20 Ом, 30 Ом. Зная сопротивление участка по надписи на резисторе и силу тока по показанию амперметра, по закону Ома для участка цепи вычислите ожидаемое напряжение. Ваши расчеты проверьте экспериментально, подключив вольтметр к участку R.

4. Сделайте вывод о том, как на основании закона Ома можно вычислить напряжение на участке цепи.

Таблица3

№ опыта	Сопротивление R, Ом	Напряжение U, В	Сила тока I, А
1			
2			
3			

4. Сделайте вывод, исходя из цели работы.

Контрольные вопросы:

1. Двигутся ли заряженные частицы в проводнике, когда по нему не идет ток?
2. Каково назначение источника тока в электрической цепи?
3. Можно ли сказать, что он создает, заряды на полюсах?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

ТЕМА: Основные представления молекулярно-кинетической теории газов

Цель: пользуясь законом Ома для полной цепи, вычислить ЭДС и внутреннее сопротивление источника постоянного тока.

ОБОРУДОВАНИЕ: амперметр, вольтметр, источник электрической энергии, соединительные провода, реостат, ключ.

Теория.

Возникновение разности потенциалов на полюсах любого источника является результатом разделения в нем положительных и отрицательных зарядов. Это разделение происходит благодаря работе, совершаемой сторонними силами.

Силы неэлектрического происхождения, действующие на свободные носители заряда со стороны источников тока, называются **сторонними силами**.

При перемещении электрических зарядов по цепи постоянного тока сторонние силы, действующие внутри источников тока, совершают работу.

Физическая величина, равная отношению работы $A_{ст}$ сторонних сил при перемещении заряда q внутри источника тока к величине этого заряда, называется электродвижущей силой источника (ЭДС):

$$\text{ЭДС} = \varepsilon = \frac{A_{ст}}{q}$$

ЭДС определяется работой, совершаемой сторонними силами при перемещении единичного положительного заряда.

Электродвижущая сила, как и разность потенциалов, измеряется в вольтах [В].

Чтобы измерить ЭДС источника, надо присоединить к нему вольтметр при разомкнутой цепи.

Источник тока является проводником и всегда имеет некоторое сопротивление, поэтому ток выделяет в нем тепло. Это сопротивление называют **внутренним сопротивлением источника** и обозначают r .

Если цепь разомкнута, то работа сторонних сил превращается в потенциальную энергию источника тока. При замкнутой цепи эта потенциальная энергия расходуется на работу по перемещению зарядов во

внешней цепи с сопротивлением R и во внутренней части цепи с сопротивлением r , т.е. $\varepsilon = IR + Ir$.

Если цепь состоит из внешней части сопротивлением R и внутренней сопротивлением r , то, согласно закону сохранения энергии, ЭДС источника будет равна сумме напряжений на внешнем и внутреннем участках цепи, т.к. при перемещении по замкнутой цепи заряд возвращается в исходное положение $\varepsilon = IR + Ir$, где IR – напряжение на внешнем участке цепи, а Ir – напряжение на внутреннем участке цепи. Таким образом, для участка цепи, содержащего ЭДС:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

Эта формула выражает **закон Ома для полной цепи**: сила тока в полной цепи прямо пропорциональна электродвижущей силе источника и обратно пропорциональна сумме сопротивлений внешнего и внутреннего участков цепи.

Возникновение разности потенциалов на полюсах любого источника тока является результатом разделения в нем положительных и отрицательных зарядов. Это разделение происходит благодаря работе, совершаемой сторонними силами. Сторонние силы – силы, действующие против электрического поля и выполняющие работу за счет какой-либо энергии, подведенной извне.

Величина, измеряемая работой, совершаемой сторонними силами при перемещении единицы положительного заряда внутри источника тока, называется электродвижущей силой источника тока (э.д.с.).

Если цепь разомкнута, то работа сторонних сил превращается в потенциальную энергию источника тока. При разомкнутой цепи эта потенциальная энергия расходуется на работу по перемещению зарядов во внешней цепи с сопротивлением r и во внутренней части цепи с сопротивлением r_0 , т.е.

$$E = Ir + Ir_0$$

E и r_0 можно определить опытным путем.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Определить цену деления шкалы амперметра и вольтметра.
2. Составить электрическую цепь по схеме 1.

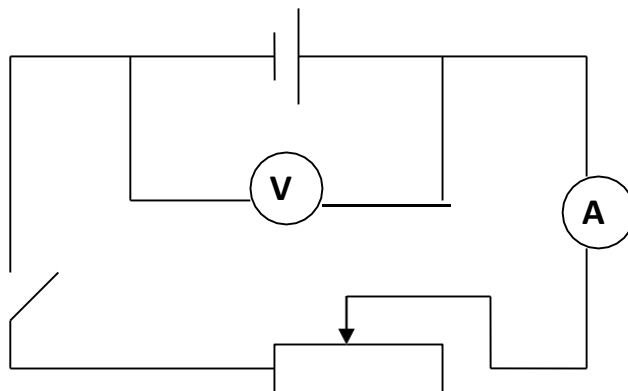


Рисунок 1.

3. Цепь замкнуть и снять показания амперметра и вольтметра.
4. Разомкнуть цепь, передвинуть ползунок реостата, цепь замкнуть и вновь снять показания амперметра и вольтметра.
5. Результаты измерения подставить в уравнение $E = I(R + r)$ и решить системой уравнений

$$E = I_1(R_1 + r)$$

$$E = I_2(R_2 + r)$$

Получить рабочую формулу

$$r = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2}$$

Вычислить r и E , подставив в одно из уравнений системы.

$$E_{on} = U_1 + I_1 r$$

6. Измерить ЭДС источника тока, при разомкнутой цепи ($E_{изм}$).
7. Определить абсолютную погрешность по формуле:

$$\Delta E = |E_{on} - E_{изм}|.$$

8. Определить относительную погрешность

$$\varepsilon = \frac{\Delta E}{E_{cp}}.$$

№ п/п	I, A	U, B	$r, Ом$	$E_{опыт}, B$	$E_{изм}, B$	$\Delta E, B$	$\varepsilon\%$
1.							
2.							

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Что такое ЭДС источника тока?
2. Что такое напряжение на зажимах источника тока?
3. Почему напряжение на зажимах меньше ЭДС?
4. Можно ли вольтметром измерить ЭДС источника тока?
5. Как читается закон Ома для полной цепи?
6. Что называется током короткого замыкания?
7. Вывести рабочие формулы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

Тема: Идеальный газ. Уравнение Менделеева-Клапейрона

Цель: пронаблюдать явление электромагнитной индукции, проверить выполнение правила Ленца.

Оборудование: миллиамперметр, источник питания, катушки с сердечниками, дугообразный магнит, выключатель кнопочный, соединительные провода, магнитная стрелка (компас), реостат.

Теория: Взаимная связь электрических и магнитных полей была установлена выдающимся английским физиком М. Фарадеем в 1831 г. Он открыл явление *электромагнитной индукции*.

Многочисленные опыты Фарадея показывают, что с помощью магнитного поля можно получить электрический ток в проводнике.

Явление электромагнитной индукции заключается в возникновении электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего контур.

Ток, возникающий при явлении электромагнитной индукции, называют индукционным.

В электрической цепи (рисунок 1) возникает индукционный ток, если есть движение магнита относительно катушки, или наоборот. Направление индукционного тока зависит как от направления движения магнита, так и от расположения его полюсов. Индукционный ток отсутствует, если нет относительного перемещения катушки и магнита.



Рисунок 1.

Строго говоря, при движении контура в магнитном поле генерируется не определенный ток, а определенная э. д. с.

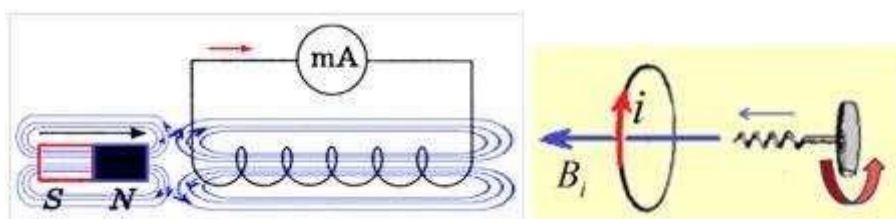


Рисунок 2.

Фарадей экспериментально установил, что *при изменении магнитного потока в проводящем контуре возникает ЭДС индукции $E_{\text{инд}}$, равная скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром, взятой со знаком минус:*

$$\varepsilon_{\text{инд}} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Эта формула выражает **закон Фарадея: э. д. с. индукции равна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром.**

Знак минус в формуле отражает **правило Ленца.**

В 1833 году Ленц опытным путем доказал утверждение, которое называется **правилом Ленца: индукционный ток, возбуждаемый в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, всегда направлен так, что создаваемое им магнитное поле препятствует изменению магнитного потока, вызывающего индукционный ток.**

При возрастании магнитного потока $\Phi > 0$, а $\varepsilon_{\text{инд}} < 0$, т.е. э. д. с. индукции вызывает ток такого направления, при котором его магнитное поле уменьшает магнитный поток через контур.

При уменьшении магнитного потока $\Phi < 0$, а $\varepsilon_{\text{инд}} > 0$, т.е. магнитное поле индукционного тока увеличивает убывающий магнитный поток через контур.

Правило Ленца имеет глубокий **физический смысл** – оно выражает закон сохранения энергии: если магнитное поле через контур увеличивается, то ток в контуре направлен так, что его магнитное поле направлено против внешнего, а если внешнее магнитное поле через контур уменьшается, то ток направлен так, что его магнитное поле поддерживает это убывающее магнитное поле.

ЭДС индукции зависит от разных причин. Если вдвигать в катушку один раз сильный магнит, а в другой — слабый, то показания прибора в первом случае будут более высокими. Они будут более высокими и в том случае, когда магнит движется быстро. В каждом из проведённых в этой работе опыте направление индукционного тока определяется правилом Ленца. Порядок определения направления индукционного тока показан на рисунке 2.

На рисунке синим цветом обозначены силовые линии магнитного поля постоянного магнита и линии магнитного поля индукционного тока. Силовые линии магнитного поля всегда направлены от N к S – от северного полюса к южному полюсу магнита.

По правилу Ленца индукционный электрический ток в проводнике, возникающий при изменении магнитного потока, направлен таким образом,

что его магнитное поле противодействует изменению магнитного потока. Поэтому в катушке направление силовых линий магнитного поля противоположно силовым линиям постоянного магнита, ведь магнит движется в сторону катушки. Направление тока находим по правилу буравчика: если буравчик (с правой нарезкой) ввинчивать так, чтобы его поступательное движение совпало с направлением линий индукции в катушке, тогда направление вращения рукоятки буравчика совпадает с направлением индукционного тока.

Поэтому ток через миллиамперметр течёт слева направо, как показано на рисунке 1 стрелкой. В случае, когда магнит отодвигается от катушки, силовые линии магнитного поля индукционного тока будут совпадать по направлению с силовыми линиями постоянного магнита, и ток будет течь справа налево.

Подготовка к проведению работы

1. Вставить в одну из катушек железный сердечник, закрепив его гайкой. Подключить эту катушку через миллиамперметр, реостат и ключ к источнику питания. Замкнуть ключ и с помощью магнитной стрелки (компас) определить расположение магнитных полюсов катушки с током. Зафиксировать, в какую сторону отклоняется при этом стрелка миллиамперметра. В дальнейшем при выполнении работы можно будет судить о расположении магнитных полюсов катушки с током по направлению отклонения стрелки миллиамперметра.

2. Отключить от цепи реостат и ключ, замкнуть миллиамперметр на катушку, сохранив порядок соединения их клемм.

Порядок выполнения работы

Эксперимент 1

1. Приставить сердечник к одному из полюсов дугообразного магнита и вдвинуть внутрь катушки, наблюдая одновременно за стрелкой миллиамперметра.

2. Повторить опыт, выдвигая сердечник из катушки, а также меняя полюса магнита.

3. Зарисовать схему опыта и проверить выполнение правила Ленца в каждом случае.

4. Расположить вторую катушку рядом с первой так, чтобы их оси совпадали.

5. Вставить в обе катушки железные сердечники и присоединить вторую катушку через выключатель к источнику питания.

6. Замыкая и размыкая ключ, наблюдать отклонение стрелки миллиамперметра.

7. Зарисовать схему опыта и проверить выполнение правила Ленца.

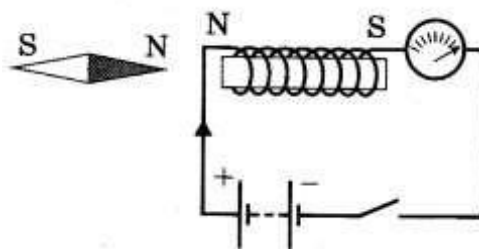


Рис. 1

1. С помощью электрической цепи, собранной по схеме (рис. 1), определить полюсы катушки с сердечником, по виткам которой проходит электрический ток. Зафиксировать, в какую сторону отклоняется при этом стрелка миллиамперметра.

2. Отключить от цепи реостат и ключ, замкнуть миллиамперметр на катушку, сохранив порядок соединения клемм.

Эксперимент 2

1. Приставить сердечник к северному полюсу дугообразного магнита и вдвинуть его внутрь катушки, при этом стрелка миллиамперметра отклонится вправо. Это значит, что в витках катушки возник электрический ток, магнитное поле которого направлено против магнитного поля движущегося сердечника, т. е. против северного полюса сердечника при этом возник северный полюс катушки (рис. 2).

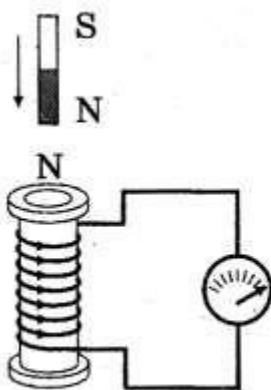


Рис. 2

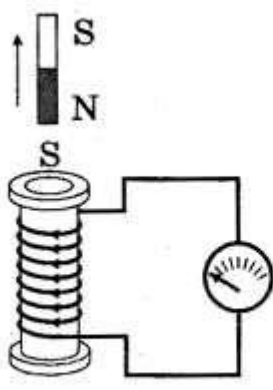


Рис. 3

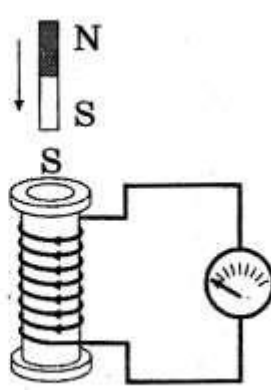


Рис. 4

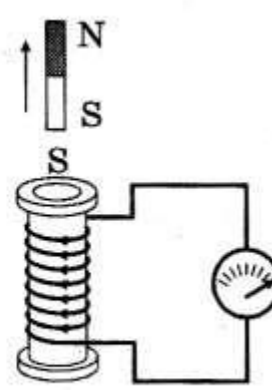


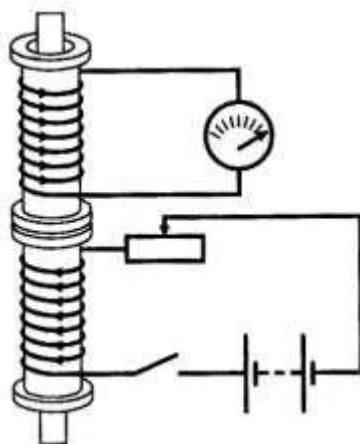
Рис. 5

2. Если выдвинуть намагниченный сердечник из катушки (рис. 3), то в ней возникнет электрический ток, ориентирующий магнитные полюсы катушки таким образом, что вверху будет южный полюс.

Поменяйте полюсы намагниченного дугообразного магнита стержня, получим обратные действия магнитных полей (рис. 4, 5).

3. Во всех четырех случаях (рис. 2-5) в катушке при движении стержня возникает индукционный ток.

4. При замыкании и размыкании ключа электрической цепи нижней катушки верхней появляется ток противоположного направления.



Контрольные вопросы

1. Будет ли разница в скорости падения прямого магнита через катушку, если она замкнута или разомкнута? Ответ поясните.

2. Замкнутое металлическое кольцо, подвешенное на двух нитях, совершает колебания. Почему колебания кольца быстро прекращаются, когда к кольцу приближают полюс магнита?

3. Вечный самозаряжающийся фонарик состоит из мощного магнита, который расположен внутри по внешней стороне колец металлической катушки, помещенной в противоударный и водонепроницаемый корпус. Чтобы подзарядить фонарик, его достаточно потрясти. Какое явление положено в основу работы этого фонарика?

4. Почему подземный кабель, подающий переменный ток на предприятия и жилые дома, не разрешается прокладывать вблизи газовых, водопроводных и теплофикационных труб?

5. Почему в телефонной трубке может быть слышен телефонный разговор, происходящий по соседней линии?

Для уничтожения вражеских кораблей во время Великой Отечественной войны широко применялись мины с индукционным взрывателем, основным элементом которого являлась индукционная катушка. Катушка вставлялась в цепь с гальваническим элементом, электромагнитным реле и электрическим запалом взрывчатого вещества. Почему взрывалась мина, когда корабль проходил над ней?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 12

ТЕМА: Распределения молекул идеального газа по скоростям и в поле потенциальных сил

ЦЕЛЬ: Определить ускорение свободного падения при помощи маятника.

Оборудование: 1. Штатив с держателем. 2. Шарик, подвешенный на нити длиной около 1м. 3. Пробка. 4. Измерительная лента или метровая линейка. 5. Штангенциркуль. 6. Секундомер.

Теория. Математическим маятником называется материальная точка, подвешенная на невесомой и нерастяжимой нити. Моделью может служить тяжелый шарик, размеры которого весьма малы по сравнению с длиной нити, на которой он подвешен (размер шарика несравним с расстоянием от центра тяжести до точки подвеса).

Ученые Галилей, Ньютон, Бессель и другие установили следующие законы колебания математического маятника:

1. Период колебания математического маятника не зависит от массы маятника и от амплитуды, если угол размаха не превышает 6° .

2. Период колебания математического маятника прямо пропорционален квадратному корню из длины маятника l и обратно пропорционален квадратному корню из ускорения свободного падения.

На основании этих законов можно написать формулу для периода колебаний:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

тогда рабочая формула для вычисления ускорения свободного падения:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$$



Порядок проведения работы

1. Поставить штатив на край стола, как показано на рисунке 1.
2. Зажать нить маятника за свободный конец между двумя половинками разрезанной пополам пробки в держателе штатива.
3. Измерить при помощи штангенциркуля диаметр шарика, найти радиус шарика. Измерить при помощи линейки длину нити. Найти длину маятника (длина маятника считается от нижнего края пробки до центра тяжести шарика).
4. Отклонить шарик на небольшой угол (10°) и отпустить.
5. По секундомеру определить время t , за которое маятник совершил n полных колебаний (например, 100).
6. Вычислить период полного колебания маятника
7. Вывести выражение для ускорения свободного падения из формулы математического маятника.
8. Подставить в полученное для g выражение найденные значения длины l и периода T маятника, вычислить ускорение свободного падения.
9. Повторить опыт еще два раза при разных длинах маятника.

10. Из всех найденных значений ускорения свободного падения вычислить среднее значение.

10. Результаты всех измерений и вычислений записать в таблицу:

№ опыта	Длина маятника, l , м.	Число полных колебаний n	Время полных колебаний, t , с.	Период полного колебания T , с.	Ускорение свободного падения g , $м/с^2$.	Относительная погрешность, δ , %
1.						
2.						
3.						

11. Вычислить абсолютную и относительную погрешности, применяя способ оценки результатов измерений.

$$g_{\text{ср}} = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3} \quad \varepsilon = \frac{\Delta g_{\text{ср}}}{g_{\text{ср}}} * 100\%$$

Контрольные вопросы

1. Показать на чертеже силы, заставляющие маятник возвращаться к прежнему положению. Одинаковы ли эти силы по величине и направлению при симметричных положениях маятника?

2. Каким будет по характеру движение маятника? Куда направлено и каково по величине ускорение маятника: а) в крайних его положениях; б) при переходе через среднее положение?

3. Как будет меняться период колебания ведерка с водой, подвешенного на длинном шнуре, если из отверстия в его дне постепенно будет вытекать вода?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13

Тема: Явления переноса в газах

Цель: измерить индуктивность катушки

Оборудование: катушка дроссельная индуктивностью 1 Гн; катушка от разборного трансформатора на 220 В; миллиамперметр на 50 мА; микроамперметр на 100 мкА; диод Д226; источник электропитания для практикума ИЭПП-1; ключ замыкания тока; резистор 5 кОм; комплект проводов соединительных.

Теория: Всякое изменение тока в катушке вызывает появление в ней ЭДС самоиндукции, препятствующей изменению тока. Величина ЭДС самоиндукции прямо пропорциональна величине индуктивности катушки и скорости изменения тока в ней. Но так как переменный ток непрерывно изменяется, то непрерывно возникающая в катушке ЭДС самоиндукции создает **сопротивление переменному току**. Она препятствует его возрастанию и, наоборот, поддерживает его при убывании. Таким образом, **в катушке индуктивности, включенной в цепь переменного тока, создается сопротивление прохождению тока**. Но так как такое сопротивление вызывается в конечном счете **индуктивностью катушки**, то и называется оно **индуктивным сопротивлением**.

Индуктивное сопротивление обозначается через X_L и измеряется, как и активное сопротивление, **в омах**. Индуктивное сопротивление цепи тем больше, чем больше частота тока, питающего цепь, и чем больше индуктивность цепи. Следовательно, индуктивное сопротивление цепи прямо пропорционально частоте тока и индуктивности цепи; определяется оно по формуле:

$X_L = \omega L$, где ω — круговая частота, определяемая произведением $2\pi\nu$, L — индуктивность цепи в генри (Гн).

Т.е.

$$X_L = 2\pi\nu \cdot L$$

Тогда индуктивность катушки можно выразить:

$$L = \frac{X_L}{2\pi\nu}$$

Закон Ома для цепи переменного тока, содержащей индуктивное сопротивление, звучит так: **величина тока прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна индуктивному сопротивлению цепи**, т. е

$I = \frac{U}{X_L}$, где I и U — действующие значения тока и напряжения, а X_L — индуктивное сопротивление цепи.

Полный магнитный поток Φ в катушке прямо пропорционален индуктивности катушки L и силе тока I в ее обмотке:

$$\Phi = LI \quad (1)$$

Поэтому индуктивность катушки L можно определить по изменению магнитного потока $\Delta\Phi$ при изменении силы тока ΔI в катушке:

$$L = \frac{\Delta\Phi}{\Delta I} \quad (2)$$

При изменении магнитного потока в катушке возникает ЭДС самоиндукции, прямо пропорциональная скорости изменения магнитного потока:

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (3)$$

Если подключить к концам катушки микроамперметр и последовательно с ним полупроводниковый диод в обратном направлении по отношению к полярности источника тока (рис. 1), то сила тока в цепи микроамперметра очень мала. При отключении катушки от источника тока ЭДС самоиндукции приложена к диоду в прямом направлении и создает ток самоиндукции I_c в цепи микроамперметра. Произведение силы тока самоиндукции I_c на интервал времени Δt равно заряду Δq , протекающему в цепи:

$$I_c \cdot \Delta t = \Delta q \quad (4)$$

По закону Ома для полной цепи ЭДС самоиндукции равна произведению силы тока I_c на полное электрическое сопротивление цепи R :

$$\mathcal{E} = I_c R \quad (5)$$

Из выражений (3) и (5) следует равенство

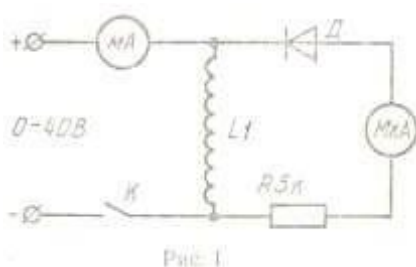
$$\Delta\Phi = I_c \Delta t R, \quad (6)$$

из которого, используя формулы (4) и (2), получаем выражения для изменения магнитного потока $\Delta\Phi$ и для индуктивности L катушки:

$$\Delta\Phi = \Delta q R \quad (7)$$

и

$$L = \frac{\Delta q R}{\Delta I} \quad (8)$$



Если время Δt протекания тока через микроамперметр значительно меньше периода колебаний его стрелки, то максимальное отклонение стрелки в опыте пропорционально заряду Δq , протекающему через прибор. Имея эталонную катушку с известной индуктивностью L_1 , можно определить индуктивность L_2 другой катушки, измерив изменения силы тока ΔI_1 и ΔI_2 , вызывающие одинаковые отбросы стрелки прибора.

Порядок выполнения работы

1. Используя дроссельную катушку L_1 с известной индуктивностью L_1 , равной 1 Гн, соберите электрическую цепь по схеме, представленной на рисунке 1.

Предупреждение: особое внимание обратите на полярность включения диода Д! без проверки правильности сборки схемы учителем ключ К не замыкать!

2. После проверки схемы учителем замкните ключ К. изменяя напряжение, подаваемое на катушку, установите в ней такую силу тока ΔI_1 , чтобы при ее отключении от источника тока происходил отброс стрелки микроамперметра на всю шкалу.
3. Замените в схеме дроссельную катушку катушкой разборного трансформатора на 220 В неизвестной индуктивности L_2 . Измерьте силу тока ΔI_2 в катушке, обеспечивающую такой же отброс стрелки микроамперметра при размыкании цепи, как и в опыте с первой катушкой. При одинаковых отбросах стрелки через микроамперметр в первом и втором опытах протекает одинаковый заряд Δq . В этом случае при одинаковом полном электрическом сопротивлении R цепи индуктивность L_2 катушки определяется из выражения (8):

$$L_1 \Delta I_1 = \Delta q R = L_2 \Delta I_2, L_2 = \frac{\Delta I_1 L_1}{\Delta I_2} \quad (9)$$

Изменения силы тока в цепи при размыкании равны соответственно $\Delta I_1 = I_1$ и $\Delta I_2 = I_2$.

Чтобы полное электрическое сопротивление R цепи было примерно одинаковым в двух опытах, последовательно с катушкой и микроамперметром включается резистор с электрическим сопротивлением, значительно большим сопротивления первой и второй катушек.

Контрольные вопросы

1. Какова причина возникновения электрического тока в цепи микроамперметра при отключении катушки от источника тока?
2. Каково назначение диода в цепи микроамперметра?
3. От каких параметров зависит индуктивность катушки?
4. Почему в данной схеме необходимо строго соблюдать полярность включения диода?

5. Для чего последовательно с катушкой и микроамперметром включается резистор?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14

Тема: Основы термодинамики

Цель : измерить индуктивность катушки

Оборудование : катушка дроссельная индуктивностью 1 Гн; катушка от разборного трансформатора на 220 В; миллиамперметр на 50 мА; микроамперметр на 100 мкА; диод Д226; источник электропитания для практикума ИЭПП-1; ключ замыкания тока; резистор 5 кОм; комплект проводов соединительных

Оборудование: катушка дроссельная КД; источник электропитания для практикума ИЭПП-1; ампервольтметр АВО-63; миллиамперметр переменного тока на 50 мА; ключ замыкания тока; комплект проводов соединительных.

5. Теория

Один из способов измерения индуктивности катушки основан на том, что проволочная катушка, включенная в цепь переменного тока, кроме активного сопротивления R , определяемого материалом, размерами и температурой проволоки, создает дополнительное сопротивление X_L , называемое индуктивным. Числовое значение этого сопротивления пропорционально индуктивности L и частоте колебаний ν , т. е.

$$X_L = 2\pi\nu L \quad (1)$$

В случае, когда R мало в сравнении с X_L , то значением R можно пренебречь. Тогда L будет приближенно равно

$$L = \frac{X_L}{2\pi\nu} \quad (2)$$

По закону Ома $X_L = \frac{U}{I}$, поэтому

$$L = \frac{U}{2\pi\nu I} \quad (3)$$

Следовательно, чтобы измерить индуктивность катушки, необходимо знать напряжение на зажимах катушки, силу тока в ней и частоту переменного тока. Частота $\nu = 50$ Гц

Порядок выполнения работы

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

$U, \text{В}$					
$I, \text{мА}$					

2. Измерьте с помощью ампервольтметра активное сопротивление дроссельной катушки.
3. Соберите электрическую цепь по схеме, приведенной на рисунке 1. Последовательно соедините катушку, миллиамперметр, ключ и источник переменного тока (зажимы источника электропитания с обозначением «~»). Параллельно катушке подключите вольтметр

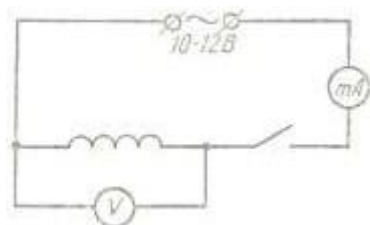
(ампервольтметр с пределом 50 В переменного тока). Замкнув ключ, установите с помощью регулятора выпрямителя напряжение, например 10 В, и измерьте силу тока I . Повторите измерения при других значениях напряжения, например: 5, 12 В. Результаты измерений занесите в таблицу.

4. Вычислите индуктивное сопротивление катушки и убедитесь, что оно больше R и не зависит от напряжения.
5. Вычислите индуктивность катушки по формуле (3).

Дополнительное задание

Внесите в катушку железный сердечник и повторите опыт. Сравните индуктивность катушки без сердечника и с сердечником, сделайте вывод.

Контрольные вопросы



1. Почему для постоянного тока катушки имеют малое сопротивление, а для переменного – большое?
2. Почему индуктивное сопротивление катушки возрастает при внесении в нее железного сердечника?
3. Почему при размыкании цепи с индуктивностью в месте разрыва возникает дуга?
4. Как изменится индуктивное сопротивление катушки, если увеличится частота переменного тока?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15

Тема: Второе и третье начала термодинамики

Цель: Наблюдение интерференции и дифракции света.

Оборудование: пластины стеклянные – 2шт., лоскуты капроновые или батистовые, засвеченная фотопленка с прорезью, сделанной лезвием бритвы, грампластинка (или осколок грампластинки), штангенциркуль, лампа с прямой нитью накала (одна на всю группу).

Теория. *Интерференцией света* называется явление наложения когерентных волн, в результате которого в одних местах пространства наблюдаются максимумы, а в других минимумы интенсивности света, при этом происходит перераспределение световой энергии в пространстве. Когерентными являются световые волны, разность фаз которых остается постоянной во времени. Результат наложения когерентных волн, наблюдаемый в виде чередования областей повышенной и пониженной интенсивности света, называется интерференционной картиной. Интерференционные картины можно увидеть в тонких пленках, окраска которых определяется разностью хода волн отраженных от двух поверхностей пленки.

Дифракцией света называется огибание световыми волнами препятствий, сравнимых с длиной волны. Явление дифракции указывает на нарушение законов геометрической оптики. Дифракция объясняется волновыми свойствами света и наблюдается при распространении световых волн вблизи краев непрозрачных веществ, сквозь узкие отверстия и в среде с резкими неоднородностями. Для наблюдения дифракции света необходимо создать специальные условия: длина волны должна быть сравнима с размерами препятствия. Для наблюдения дифракции необходимо использовать либо маленькие препятствия, либо располагать экран далеко от препятствий.

Дисперсией света называется явление зависимости абсолютного показателя преломления n вещества от частоты ν подающего на вещество света. Абсолютный показатель преломления вещества определяется отношением скорости света в вакууме к скорости света в этом веществе

$$n = \frac{c}{v} > 1, \text{ где } c - \text{ скорость света в вакууме, } v - \text{ скорость света в веществе}$$

Дисперсия света может определяться как зависимость скорости распространения световой волны в веществе от ее частоты. При переходе света из одной среды в другую изменяется скорость распространения света и длина волны, а частота остается неизменной.

Солнечный свет является сложным и состоит из монохромных пучков 7 цветов: красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего, фиолетового. При прохождении через вещество они по разному отклоняются. Больше всего отклоняются фиолетовые лучи, меньше всего красные. Это означает, что абсолютный показатель преломления стекла для красных лучей меньше, чем для фиолетовых: $n_{кр} < n_{ф}$, то следовательно $v_{кр} > v_{ф}$, то есть красные лучи распространяются быстрее, чем фиолетовые.

Цвет непрозрачного тела определяется смесью цветов, которые оно отражает. Например, зеленые листья отражают только зеленые световые лучи. Тело, отражающее в большом количестве все световые лучи, кажется нам белым. Тело, поглощающее почти все падающие световые лучи, будет казаться черным. В природе не существует ни абсолютно белых, ни абсолютно черных тел.

Порядок выполнения работы

Наблюдение интерференции

1. Стекланные пластины тщательно протереть, сложить вместе и сжать пальцами.
2. Рассматривать пластины в отраженном свете на темном фоне (располагать их надо так, чтобы на поверхности стекла не образовывались слишком яркие блики от окон или от белых стен).
3. В отдельных местах соприкосновения пластин наблюдать яркие радужные кольцеобразные или неправильной формы полосы.
4. Заменить изменения формы и расположения полученных интерференционных полос с изменением нажима.
5. Попытаться увидеть интерференционную картину в проходящем свете.

Наблюдение дифракции

1. Установить между губками штангенциркуля щель шириной 0,5 мм.
2. Приставить щель вплотную к глазу, расположив ее вертикально.

3. Смотря сквозь щель на вертикально расположенную светящуюся нить лампы, наблюдать по обе стороны нити радужные полосы (дифракционные спектры).
4. Изменяя ширину щели от 0,5 до 0,8 мм., заметить, как это изменение влияет на дифракционные спектры.
5. Наблюдать дифракционные спектры в проходящем спектре с помощью лоскутов капрона или батиста, засвеченной фотопленки с прорезью.
6. Провести наблюдение дифракционного спектра в отраженном свете с помощью грампластинки, расположив ее горизонтально на уровне глаз.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16

Тема: Реальные газы

Цель: исследование картины интерференционных полос на мыльной пленке; исследование дифракционной картины от ширины щели.

Оборудование: стаканы с раствором мыла, кольца проволочные с ручкой диаметр 30 мм.

Оборудование: стаканы с раствором мыла, кольца проволочные с ручкой диаметром 30 мм.

Указания к работе:

1. Наблюдение интерференции света на мыльной пленке.



Наблюдают интерференцию в затемненной комнате на плоской мыльной пленке при монохроматическом освещении. На проволочном кольце получаем мыльную плёнку и располагаем её вертикально.

Наблюдаем светлые и тёмные горизонтальные полосы, изменяющиеся по ширине по мере изменения толщины плёнки.

1. Зарисуйте наблюдаемую картину.
2. Подсчитайте число полос одного цвета, которые одновременно наблюдаются на пленке.
3. Проследите, как изменяется положение полос на пленке с течением времени.
4. Определите, изменяются ли ориентация и форма полос при повороте рамки в вертикальной плоскости.

2. Наблюдение интерференции света на мыльном пузыре.

1. Учащиеся выдувают мыльные пузыри
2. Запишите ответы на вопросы:
3. Почему на верхней части мыльного пузыря возникают цветные полосы?
4. Почему эти полосы имеют форму окружности?
5. Почему полосы не остаются на месте, а перемещаются вниз?
6. Полоса какого цвета идёт последней? Почему? Почему в конце пузырь бесцветен?
7. Зарисуйте наблюдаемую картину.

3. Наблюдение дифракции света на узкой щели

Оборудование: картонная рамка с разрезом посередине

1. Приставляем экран вплотную к глазу (располагая щель вертикально).
2. Сквозь эту щель смотрим на вертикально расположенную нить горячей лампы.
3. Наблюдаем по обе стороны от нити параллельные ей радужные полосы.
4. Изменяем ширину щели в пределах 0,05 – 0,8 мм.
5. Ученики зарисовывают в тетрадь увиденную картину.

4. Наблюдение дифракции света на капроновой ткани

Оборудование: лампа с прямой нитью накала, ткань капроновая размером 100x100мм

1. Смотрим через капроновую ткань на нить горячей лампы.
2. Наблюдаем “дифракционный крест” (картина в виде двух скрещенных под прямым углом дифракционных полос)
3. Ученики зарисовывают в тетрадь увиденную картину (дифракционный крест).

5. Наблюдение дифракции света на грампластинке и лазерном диске

Оборудование: лампа с прямой нитью накала, грампластинка или CD-диск

1. Располагаем грампластинку так, чтобы бороздки расположились параллельно нити лампы и наблюдаем дифракцию в отраженном свете.
2. Наблюдаем яркие дифракционные спектры нескольких порядков.
3. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы (ответить письменно на вопросы):

1. Что такое свет?
2. Кем было доказано, что свет – это электромагнитная волна?
3. Какова скорость света в вакууме?
4. Кто открыл интерференцию света?
5. Чем объясняется радужная окраска тонких интерференционных пленок?
6. Могут ли интерферировать световые волны идущие от двух электрических ламп накаливания? Почему?
7. Почему толстый слой нефти не имеет радужной окраски?
8. Зависит ли положение главных дифракционных максимумов от числа щелей решетки?
9. Почему видимая радужная окраска мыльной пленки все время меняется?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №17

Тема: Понятие о фазовых переходах

Цель: определить показатель преломления стекла

Оборудование. 1. Пластика с параллельными гранями. 2. Пробка с булавками. 3. Чистый лист бумаги. 4. Лист картона. 5. Транспортир. 6. Таблица тригонометрических величин.

Теория. Свет при переходе из одной среды в другую меняет свое направление, т. е: преломляется. Преломление объясняется изменением скорости распространения света при переходе из одной среды в другую и подчиняется следующим законам:

Законы преломления света

1. Луч падающий, преломленный и перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости.
2. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{const} = n_{21}$$

Величина n_{21} называется **относительным показателем преломления** второй среды относительно первой.

Относительным показателем преломления n_{21} второй среды относительно первой называется отношение скоростей света v_1 и v_2 соответственно в первой и во второй средах (физический смысл относительного показателя преломления).

Показатель преломления среды относительно вакуума называется **абсолютным**. Он равен:

$$n = \frac{c}{v}$$

где c - скорость света в вакууме, v - скорость света в среде.

Абсолютный показатель преломления показывает, во сколько раз скорость света в вакууме больше скорости света в данной среде (в этом его физический смысл).

Порядок выполнения работы

1. Положить чистый лист бумаги с подложенным под ним картоном. На лист плашмя положить стеклянную пластинку и карандашом обвести ее контуры.
2. С одной стороны стекла наколоть как можно дальше друг от друга две булавки так, чтобы прямая, проходящая через них, не была перпендикулярна грани пластинки.
3. С другой стороны стекла наколоть третью и четвертую булавки так, чтобы, смотря вдоль них через стекло, видеть все булавки расположенными на одной прямой.
4. Стекло и булавки снять, места наколов отметить точками 1, 2, 3, 4 и через них провести прямые до пересечения с границами стекла (рисунок 1). Провести через точки 2 и 3 перпендикуляры к границе сред AB и CD .
5. Транспортиром измерить углы падения i и углы преломления r .
6. По таблице значений синусов определить синусы измеренных углов.
7. Вычислить коэффициент преломления.
8. Опыт повторить 2—3 раза.
9. Результаты измерений, вычислений и табличные данные записать в таблице.

№ опыта	Угол падения светового луча i , град	Угол преломления r , град	Коэффициент преломления n	Среднее значение коэффициента преломления	Абсолютная погрешность Δn	Среднее значение абсолютной погрешности	Относительная погрешность $\delta = \frac{\Delta n_{cp}}{n_{cp}} \cdot 100\%$
1.							
2.							
3.							

Таблица

10. Найти среднее значение коэффициента преломления и определить погрешности измерений.

$$\delta = \frac{\Delta n_{cp}}{n_{cp}} \cdot 100\%$$

Контрольные вопросы.

1. В каких случаях свет на границе раздела двух прозрачных сред не преломляется?
2. Какова причина преломления света?
3. В чем различие абсолютного и относительного коэффициентов преломления?
4. Коэффициент преломления воды 1,33. Что это значит?
4. Покажите на чертеже ход луча из стекла в воду.
5. Что можно сказать о длине и частоте светового луча при переходе его из одной среды в другую.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №18

Тема: Жидкости и твёрдые тела

Цель: определить показатель преломления стекла с помощью плоскопараллельной пластинки.

Оборудование: плоскопараллельная пластинка, булавки, линейка, транспортир.

После прохождения через стеклянную плоскопараллельную пластинку луч света смещается, однако его направление остается прежним. Анализируя ход луча света, можно с помощью геометрических построений определить

показатель преломления стекла

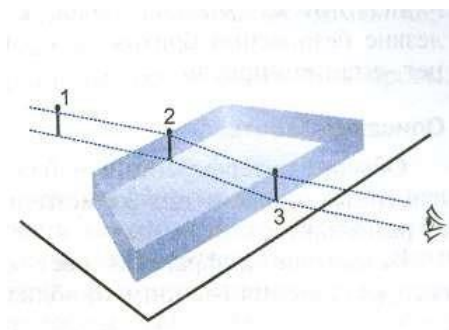
$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

, где α и β - соответственно угол

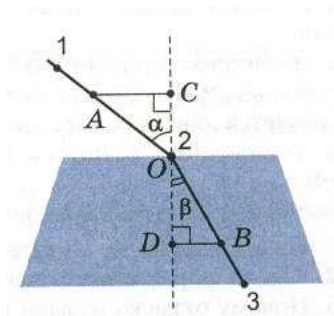
падения и угол преломления светового луча.

Указания к работе:

1. Положите на стол лист картона, а на него – стеклянную пластинку.
2. Воткните в картон по одну сторону пластинки две булавки – 1 и 2 так, чтобы булавка 2 касалась грани пластинки. Они будут отмечать направление падающего луча.
3. Глядя сквозь пластинку, воткните третью булавку так, чтобы смотреть сквозь пластинку, она закрывала первые две. При этом третья булавка тоже должна касаться пластины.



4. Уберите булавки, обведите пластину карандашом и в местах проколов листа картона булавками поставьте точки.
5. Начертите падающий луч 1-2, преломленный луч 2-3, а также перпендикуляр к границе пластинки.
6. Отметьте на лучах точки A и B такие, что $OA=OB$. Из точек A и B опустите перпендикуляры AC и BD на перпендикуляр к границе пластинки.



7. Измерив AC и BD, вычислите показатель преломления стекла, используя формулы:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}; \quad \sin \alpha = \frac{AC}{OA}; \quad \sin \beta = \frac{BD}{OB} = \frac{BD}{OA};$$

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{AC}{BD}$$

8. Повторите опыт и расчеты, изменив угол падения α .
9. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу.

№ опыта	АС, мм	BD, мм	n

10. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит показатель преломления света?
2. Как найти угол падения и угол преломления светового луча?

Критерии оценки лабораторной работы

Отметка «5» ставится, если студент выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опыта. В представленном отчете правильно и аккуратно выполнены все записи.

Отметка «4» ставится в том случае, если выполнены требования к оценке «5», но опыт проводился в условиях, не обеспечивающих достаточной точности, или были допущены негрубые ошибки.

Отметка «3» ставится, если работа выполнена не полностью или опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к неверным результатам, отчет о работе представлен с ошибками.

Отметка «2» ставится, если опыты, наблюдения проводились неправильно, если отчет представлен с ошибками, или совсем не представлен.

ЛИТЕРАТУРА

6. Дмитриева В.Ф. Физика : учебник для студентов образоват. учреждений сред. Проф. Образования / В.Ф. Дмитриева. -9-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2014. – 464 с. Текст непосредственный

7. Пинский, А.А. Физика : учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / А. А. Пинский, Г.Ю. Граковский. – 2-е изд., испр. – М. : ФОРУМ : ИНФРА – М, 20012. - 560 с. : ил. - (Серия «Профессиональное образование»). Текст непосредственный

8. Самойленко, П.И. Физика : учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / П.И.Самойленко, А.В. Сергеев – 7-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 400с. Текст непосредственный

2. Буров В.А., Зворыкин Б.С., Кузьмин А.П., Покровский А.А., Румянцев И.М. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе: Ч. 2. – М.: Просвещение, 1979, с. 143, рис. 1-152.

2. Шахмаев Н.М., Павлов Н.И., Тыщук В.И. Физический эксперимент в средней школе. – М.: Просвещение, 1991, с. 85–87, 102, 118, 125. Текст непосредственный

Дополнительная:

1. Самойленко, П.И. Практические занятия по физике учеб.пособие / П.И. Самойленко. – М.: Высш.шк.,2010. – 270 с. Текст непосредственный

2. Самойленко, П.И. Сборник задач и вопросов по физике : учеб.пособие для студ. образоват. учреждений средн. проф. образования / П.И. Самойленко, А.В. Сергеев. – 5-е изд., стереотип. - М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 176 с. Текст непосредственный

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 19

Тема: Электрическое поле в веществе

Цель: определение центростремительного ускорения шарика при его равномерном движении по окружности.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, лента измерительная, циркуль, динамометр лабораторный, весы с разновесами, шарик на нити, кусочек пробки с отверстием, лист бумаги, линейка.

Теория: Движение по окружности как периодическое движение. Движение по окружности является простейшим примером периодического движения.

Периодическое движение - это движение, повторяющееся через определенный промежуток времени.

Например, вращение Земли вокруг собственной оси, вращение Земли вокруг Солнца. Характеристикой периодического движения является период (T).

Период – минимальный промежуток времени, через который движение повторяется, т. е. время одного оборота.

Единица периода – секунда (с).

Зная период вращения, можно определить частоту вращения.

Частота вращения — величина, показывающая число оборотов в единицу времени.

Единица частоты – секунда в минус первой степени ($\text{с}^{-1} = \text{Гц}$).

1 с^{-1} равна частоте равномерного вращения, при которой за время 1 с тело совершает один полный оборот.

Период вращения Земли вокруг собственной оси равен 1 сутки, т. е. 24 ч.

$T = 1 \text{ сут.} = 8,64 \cdot 10^4 \text{ с}$. Вследствие того что Земля вращается вокруг собственной оси, происходит смена времени суток. Вокруг собственной оси

вращаются также Луна, Солнце и планеты.

Период вращения Земли вокруг Солнца составляет 1 год, т. е. $T = 3,16 \cdot 10^7$ с. Вследствие того что Земля вращается вокруг Солнца, происходит смена времени года.

При равномерном движении материальной точки по окружности, ее ускорение направлено перпендикулярно скорости по радиусу центра окружности. Поэтому оно называется нормальным или **центростремительным**.

Указания к работе

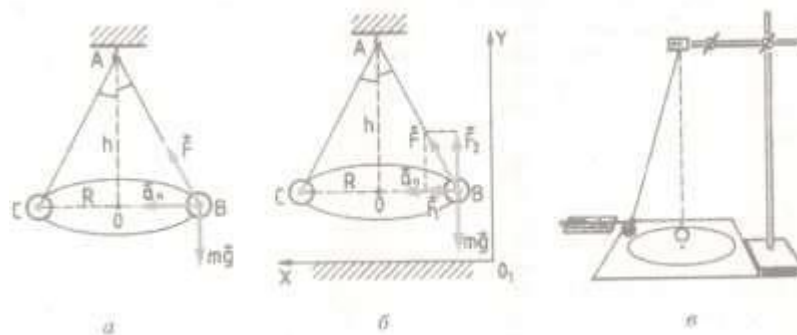


Рис.1

Эксперименты проводятся с коническим маятником. Небольшой шарик движется по окружности с радиусом R . При этом нить AB , к которой прикреплен шарик, описывает поверхность прямого кругового. На шарик действуют две силы: сила тяжести mg и натяжение F (рис. 1, а). Они создают центростремительное ускорение a_n , направленное по радиусу к центру окружности. Модуль ускорения можно определить кинематически. Он равен:

$$a_n = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

Для определения ускорения надо измерить радиус окружности и период вращения шарика по окружности.

Центростремительное (нормальное) ускорение можно определить также используя законы динамики.

Согласно второму закону Ньютона, $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}$. Разложим силу F на составляющие F_1 и F_2 , направленные по радиусу к центру окружности и по вертикали вверх.

Тогда второй закон Ньютона запишется следующим образом:

$$ma = mg + F_1 + F_2.$$

Направление координатных осей выберем так, как показано на рисунке 1, б. В проекциях на ось O_1Y уравнение движения шарика примет вид:

$0 = F_2 - mg$. Отсюда, $F_2 = mg$: составляющая $\vec{F}_2$ уравнивает силу тяжести $m\vec{g}$, действующую на шарик.

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось O_1X : $ma_n = \vec{F}_1$.

Отсюда

$$a_n = \frac{F_1}{m}.$$

Модуль составляющей $\vec{F}_1$ можно определить различными способами. Во-первых, его можно определить из подобия треугольников OAB и FBF_1 :

$$\text{Отсюда } F_1 = \frac{mgR}{h} \text{ и } a_n = \frac{gR}{h}.$$

Во-вторых, модуль составляющей F_1 можно измерить с помощью динамометра. Для этого оттягиваем горизонтально расположенным динамометром шарик на расстояние, равное радиусу R окружности (рис. 1, в), и определяем показания динамометра. При этом сила упругости пружины уравнивает составляющую $\vec{F}_1$. Сопоставим все три выражения для a_n :

$$\frac{4\pi^2 R}{T^2}, a_n = \frac{gR}{h}, a_n = \frac{F_1}{m}$$

$$a_n =$$

и убедимся, что они близки между собой.

В этой работе с наибольшей тщательностью следует измерять время. Для этого полезно отсчитывать возможно большее число оборотов маятника, уменьшая тем самым относительную погрешность.

Взвешивать шарик с точностью, которую могут дать лабораторные весы, нет необходимости. Вполне достаточно взвешивать с точностью до 1 г. Высоту конуса и радиус окружности достаточно измерить с точностью до 1 см. При такой точности измерений относительные погрешности величин будут одного порядка.

Порядок выполнения работы

12. Определите массу шарика на весах с точностью до 1 г.
13. Проденьте нить сквозь отверстие и зажмите пробку в лапке штатива (рис. 1, в).
14. Начертите на листе бумаги окружность с радиусом примерно 20 см.

Измерьте радиус с точностью до 1 см.

15. Штатив с маятником расположите так, чтобы продолжение нити проходило через центр окружности.
16. Взяв нить пальцами у точки подвеса, вращайте маятник так, чтобы шарик описывал окружность, равную начерченной на бумаге.
17. Отсчитайте время, за которое маятник совершает, к примеру, $N = 50$ оборотов.
18. Определите высоту конического маятника. Для этого измерьте расстояние по вертикали от центра шарика до точки подвеса.
19. Определите значение центростремительного ускорения по формулам:

$$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \text{ и } a_n = \frac{gR}{h}$$

20. Переместите горизонтально расположенным динамометром шарик на расстояние, равное радиусу окружности, и измерьте модуль составляющей $\vec{F}_1$. Затем вычислите ускорение по формуле $a_n = \frac{F_1}{m}$.
21. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

№	R	N	Δt	$T = \frac{\Delta t}{N}$	h	m	$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$	$a_n = \frac{gR}{h}$	$a_n = \frac{F_1}{m}$

22. Сравните три полученные значения модуля центростремительного ускорения и сформулируйте выводы.

Ход работы

№	$R, м$	N	$\Delta t, с$	$T = \frac{\Delta t}{N}, с$	$h, м$	$m, кг$	$F, Н$	$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \text{ м/с}^2$	$a_n = \frac{gR}{h} \text{ м/с}^2$	$a_n = \frac{F_1}{m}, \text{ м/с}^2$

Контрольные вопросы.

8. Какое движение называется механическим?
9. Что такое траектория движения?

10. Что такое период движения?
11. Дайте определение угловой скорости?
12. Почему равномерное движение по окружности является ускоренным?
13. Чему равно центростремительное ускорение и куда оно направлено?
14. Какая связь существует между линейной и угловой скоростями?

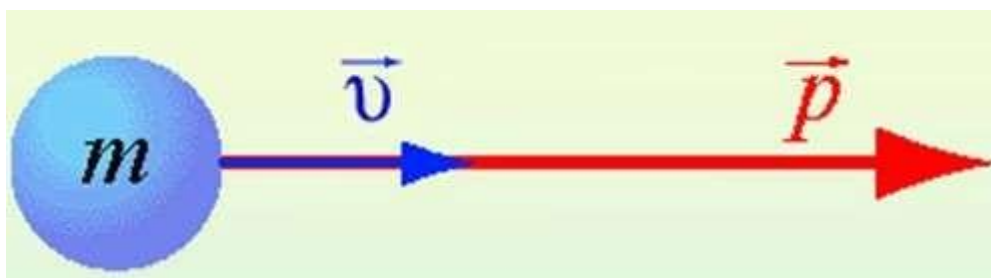
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 20

Тема: Постоянный ток

Цель: экспериментально проверить справедливость закона сохранения импульса тел при прямом упругом соударении

Оборудование: Два металлических шарика разной массы, рама для подвеса шариков, измерительная линейка.

Теория. Величина, равная произведению массы материальной точки на ее скорость, называется **импульсом**



$$p = mv$$

p — импульс тела

m — масса тела

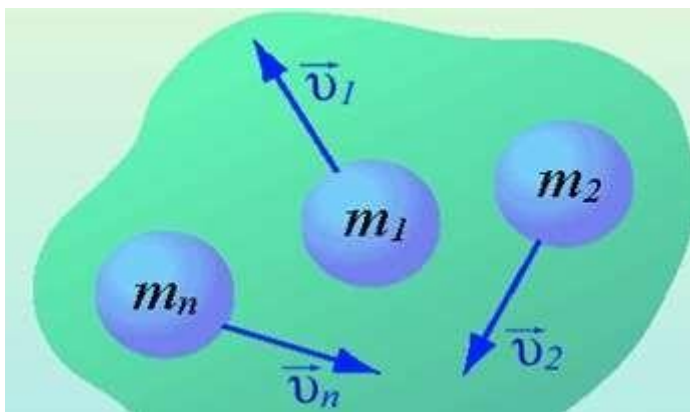
v — скорость тела

Импульс тела **направлен в ту же сторону, что и скорость тела.**

Единицей измерения импульса в СИ является 1 кг·м/с.

Изменение импульса тела происходит при взаимодействии тел, например, при ударах.

Для системы материальных точек полный импульс равен сумме импульсов. При этом следует иметь в виду, что импульс – это векторная величина, и поэтому в общем случае импульсы складываются как векторы, т.е. по правилу параллелограмма.



$$\vec{p}_{\text{сист}} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n$$

Если на систему тел не действуют внешние силы со стороны других тел, такая система называется замкнутой. **Замкнутая система** – это система тел, которые взаимодействуют только друг с другом.

Закон сохранения импульса: в замкнутой системе векторная сумма импульсов всех тел, входящих в систему, остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$$

m_1, m_2 — массы взаимодействующих тел, кг

v_1, v_2 — скорости тел до столкновения, м/с

v'_1, v'_2 — скорости тел после столкновения, м/с

Закон сохранения импульса можно сформулировать и так: **если на тела системы действуют только силы взаимодействия между ними («внутренние силы»)**, то **полный импульс системы тел не изменяется со временем, т.е. сохраняется. Этот закон применим к системе, состоящей из любого числа тел.** Отметим еще раз, что импульс – величина векторная, поэтому сохранение полного импульса означает сохранение не только его величины, но и направления.

Закон сохранения импульса выполняется при распаде тела на части и при абсолютно неупругом ударе, когда соударяющиеся тела соединяются в одно. Если распад или удар происходят в течение малого промежутка времени, то закон сохранения импульса приближенно выполняется для этих процессов даже при наличии внешних сил, действующих на тела системы со стороны тел, не входящих в нее, т.к. за малое время внешние силы не успевают значительно

изменить импульс системы.

Под ударом в механике понимается кратковременное взаимодействие двух или более тел, возникающее в результате их соприкосновения (соударение шаров, удар молота о наковальню и др.). Самым простым является прямой (центральный) удар, то есть такой удар, при котором скорости соударяющихся тел до удара направлены по линии, соединяющей центры тел. При соударении взаимодействие длится такой короткий промежуток времени (иногда измеряемый тысячными долями секунды) и возникают столь большие внутренние силы взаимодействия, что внешними силами можно пренебречь и систему соударяющихся тел можно считать замкнутой и применять к ней закон сохранения импульса.

В зависимости от упругих свойств тел соударения могут протекать весьма различно. Принято выделять два крайних случая: абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары.

Абсолютно упругим называется удар, при котором после взаимодействия тела полностью восстанавливают свою форму. Таких ударов в природе не существует, так как всегда часть энергии затрачивается на необратимую деформацию тел. Однако для некоторых тел, например стальных закаленных шаров, потерями механической энергии при столкновении можно пренебречь и считать удар абсолютно упругим. В случае центрального абсолютно упругого удара двух тел с массами m_1 , m_2 и скоростями v_1 , v_2 до удара и v'_1 , v'_2 после удара можно записать закон сохранения импульса тел:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$$

Абсолютно неупругим называется удар, при котором после соприкосновения тел они не восстанавливают полностью свою форму, соединяются вместе и движутся как единое целое с одной скоростью. При этом ударе часть их механической энергии переходит в работу деформации тел (внутреннюю энергию). Столкновение двух шаров из пластилина, когда после столкновения шары слипаются и движутся вместе, является примером абсолютно неупругого удара. В случае центрального абсолютно неупругого удара двух тел с массами m_1 , m_2 движущихся со скоростями v_1 , v_2 до удара и v' после удара можно записать законы сохранения импульса тел:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}'$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'$$

Закон сохранения импульса служит основой для объяснения обширного круга явлений природы, применяется в различных науках:

3. Закон строго выполняется в явлениях отдачи при выстреле, явлении реактивного движения, взрывных явлениях и явлениях столкновения тел.
4. Закон сохранения импульса применяют: при расчетах скоростей тел при взрывах и соударениях; при расчетах реактивных аппаратов; в военной промышленности при проектировании оружия; в технике - при забивании свай, ковке металлов и т.д.

Описание работы

Установка состоит из двух стальных шаров, на длинных подвесах и измерительной линейки под шарами. Центры масс соприкасающихся шаров лежат на одном уровне от точки подвеса. Отведя один из шаров (например, большей массы) в сторону и отпустив его, можно произвести прямой (центральный) удар шаров.



Если до столкновения один из шаров покоился $v_2=0$, то выражение закона сохранения импульса упростится. При прямом ударе оба шара после столкновения движутся по одной прямой, поэтому от векторной формы записи закона сохранения импульса можно перейти к алгебраической и учитывая, что после столкновения оба шара движутся в одном направлении, получим:

$$m_1 \cdot v_1 = m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2$$

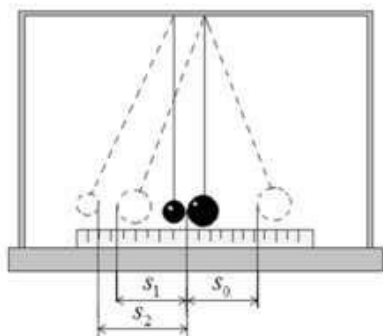


рис. 2

Для определения скорости первого шара v_1 до удара и скоростей шаров v'_1 и v'_2 после удара воспользуемся законом сохранения механической энергии. Потенциальная энергия шара в положении максимального отклонения

равняется его кинетической энергии при ударе $mgh = \frac{mv^2}{2}$, откуда $v = \sqrt{2gh}$.

Высоту подъёма шара можно определить по его максимальному отклонению s от положения равновесия (рис.3,а).

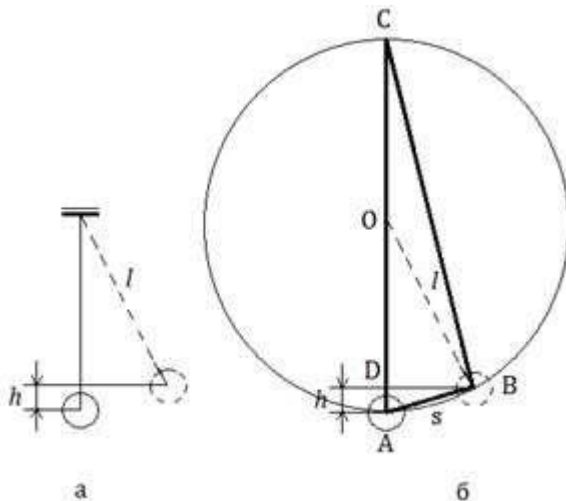


рис. 3

Треугольник ABC прямоугольный (опирается на диаметр). Катет AB является средней пропорциональной величиной между гипотенузой $AC=2l$ и своей проекцией на гипотенузу AD (рис.3,б): $AB^2=AC \cdot AD$ то есть $s^2=2lh$, откуда $h = \frac{s^2}{2l}$. Следовательно, величины скоростей можно выразить

$$v_1 = s_0 \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad v'_1 = s_1 \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad v'_2 = s_2 \sqrt{\frac{g}{l}},$$

так: где S_0, S_1 - максимальные отклонения первого шара до и после удара; S_2 - максимальное отклонение второго шара после удара. Запишем уравнение закона сохранения через выражения

$$m_1 s_0 \sqrt{\frac{g}{l}} = m_1 s_1 \sqrt{\frac{g}{l}} + m_2 s_2 \sqrt{\frac{g}{l}}$$

скоростей: или $m_1 \cdot S_0 = m_1 \cdot S_1 + m_2 \cdot S_2$. Таким образом, проверка закона сохранения импульса в данной работе сводится к проверке справедливости последнего уравнения.

При малых углах отклонения шара от положения равновесия S_0, S_1 и S_2 можно заменить соответствующими величинами, отсчитанными по горизонтальной шкале.

Порядок выполнения работы

12. Перенесите рисунок 2 в отчет по работе.

13. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

№	m_1 , г	m_2 , г	S_0 , мм	S_1 , мм	S_2 , мм	$m_1 \cdot S_0$, $\frac{\text{г} \cdot \text{мм}}{\text{с}}$	$m_1 \cdot S_1$, $\frac{\text{г} \cdot \text{мм}}{\text{с}}$	$m_2 \cdot S_2$, $\frac{\text{г} \cdot \text{мм}}{\text{с}}$	$m_1 \cdot S_1 + m_2 \cdot S_2$, $\frac{\text{г} \cdot \text{мм}}{\text{с}}$
1									
2									

14. Определите массы шаров m_1 и m_2 . Запишите их результат в таблицу.

15. Отрегулируйте подвеску шаров так, чтобы их центры и точка касания находились на одной горизонтальной линии.

16. Отклоните шар большей массы на 5 см от положения равновесия (S_0) и затем отпустите его. Заметьте максимальное отклонение этого шара после удара (S_1). Повторите опыт 5 раз и найдите среднее значение отклонения $S_{1\text{ср}}$. Запишите его в таблицу (S_1).

17. Повторите опыт 5, но теперь заметьте после удара максимальное отклонение шара с меньшей массой (S_2). Повторите опыт 5 раз, и найдите среднее значение отклонения $S_{2\text{ср}}$. Запишите его в таблицу (S_2).

18. Отклоните шар большей массы на 8 см от положения равновесия (S_0) и затем отпустите его. Заметьте максимальное отклонение этого шара после удара (S_1). Повторите опыт 5 раз и найдите среднее значение отклонения $S_{1\text{ср}}$. Запишите его в таблицу (S_1).

19. Повторите опыт 7, но теперь заметьте после удара максимальное отклонение шара с меньшей массой (S_2). Повторите опыт 5 раз, и найдите среднее значение отклонения $S_{2\text{ср}}$. Запишите его в таблицу (S_2).

20. Используя значения S_0 , S_1 и S_2 , вычислите импульс шара до удара $m_1 \cdot S_0$ и сумму импульсов шаров после удара $m_1 \cdot S_1 + m_2 \cdot S_2$ и внесите в таблицу их результаты.

21. Сравните импульс шара до удара с суммой импульсов шаров после удара. Запишите вывод по полученным результатам работы.

22. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

7. Что такое импульс материальной точки? По какой формуле он находится?
8. Импульс – величина векторная или скалярная?
9. Запишите формулу и формулировку закона сохранения импульса?
10. Выполняется ли закон сохранения импульса при распаде тела?
11. Какое движение называется реактивным?
12. Выполняется ли закон сохранения импульса при реактивном движении?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 21

Тема: Магнитное поле в вакууме

Цель: научиться измерять потенциальную энергию поднятого над землей тела и упруго деформированной пружины, сравнить два значения потенциальной энергии системы.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, динамометр лабораторный с фиксатором, лента измерительная, груз на нити длиной около 25 см.

9. Теория:

1. Тело массой m , поднятое на высоту h , обладает потенциальной энергией E_p . **Потенциальной энергией** взаимодействия тел и Земли называют величину, равную произведению массы тела на ускорение свободного падения и на высоту тела над поверхностью Земли: $E_p = mgh$

2. При падении с высоты тело набирает скорость v , и потенциальная энергия при уменьшении высоты переходит в кинетическую энергию. **Кинетической энергией** называют величину, равную половине произведения массы тела на квадрат скорости его движения:

3. Закон сохранения и превращения энергии: полная механическая энергия замкнутой системы тел, между которыми действуют только консервативные силы, сохраняется, т.е. не изменяется с течением времени. Энергия никогда не исчезает и не появляется вновь, она лишь превращается из одного вида в другой.

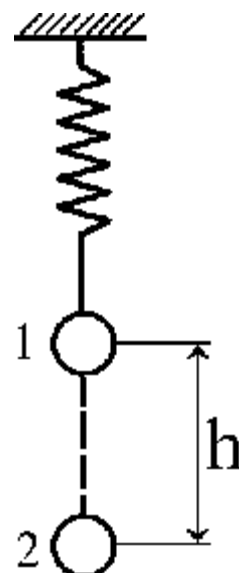
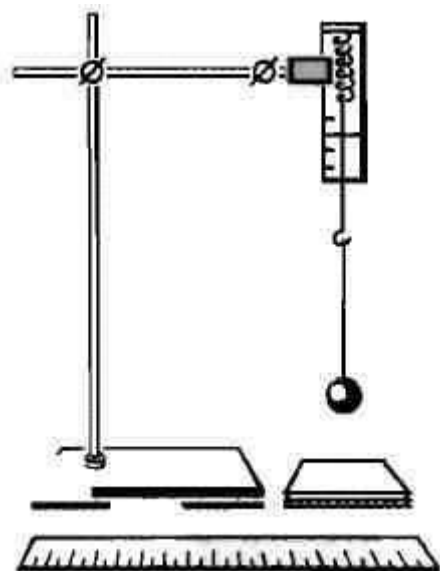
$$E = E_p + E_k = mgh + \frac{mv^2}{2} = \text{const}$$

Указания к работе

Для выполнения работы собирают установку, показанную на рисунке. Динамометр укрепляется в лапке штатива. Фиксатором 1 показаний динамометра служит пластинка из пробки размером $5 \times 7 \times 1,5$ мм. На рисунке фиксатор в увеличенном масштабе помечен цифрой 2. Пластинку из пробки надрезают ножом до середины и насаживают на проволоочный стрежень динамометра. Фиксатор должен перемещаться вдоль стержня с малым трением.

Сначала проверьте работу фиксатора. Установите его в нижней части проволоочного стержня вплотную к ограничительной скобе динамометра.

Растяните пружину динамометра до упора. Опустите стержень. При этом фиксатор вместе со стержнем поднимается вверх, отмечая максимальное удлинение пружины.



Порядок выполнения работы

11. Привяжите груз к нити, другой конец нити привяжите к крючку динамометра и измерьте вес груза $F_1 = mg$ (можно использовать массу груза, если она известна).
12. Измерьте расстояние l от крючка динамометра до центра тяжести груза.
13. Поднимите груз до высоты крючка динамометра и опустите его. Поднимая груз, расслабьте пружину и укрепите фиксатор около ограничительной скобы.
14. Снимите груз и по положению фиксатора измерьте линейкой максимальное удлинение Δl пружины.
15. Растяните рукой пружину до соприкосновения фиксатора с ограничительной скобой и отсчитайте по шкале максимальное значение модуля силы упругости пружины. Среднее значение силы упругости равно $\frac{F}{2}$.
16. Найдите высоту падения груза. Она равна $h = l + \Delta l$.
17. Вычислите потенциальную энергию системы в первом положении груза, т.е. перед началом падения, приняв за нулевой уровень значение потенциальной энергии груза в конечном его положении:

$$E'_p = mgh = F_1(l + \Delta l)$$
18. В конечном положении груза его потенциальная энергия равна нулю. Потенциальная энергия системы в этом состоянии определяется лишь энергией упруго деформированной пружины:

$$E'_p = \frac{k\Delta l^2}{2} = \frac{F \cdot \Delta l}{2}$$

Вычислите ее.

19. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

20. Сравните значения потенциальной энергии в первом и втором состояниях системы и сформулируйте вывод.

$F_1 = mg, \text{ Н}$	$L, \text{ м}$	$\Delta L, \text{ м}$	$F, \text{ Н}$	$h = l + \Delta L, \text{ м}$	$E'_p = mgh = F_1(l + \Delta L),$ Дж	$E'_p = \frac{F \cdot \Delta L}{2}, \text{ Дж}$

Контрольные вопросы.

1. Сформулируйте определение энергии. В каких единицах измеряется энергия?
2. Что является мерой изменения энергии систем тел?
3. Дайте определение кинетической энергии тела?
4. Сформулируйте теорему о кинетической энергии?
5. Чему равна полная механическая энергия системы тел?
6. При каких условиях полная механическая энергия системы сохраняется?
7. Чему равно изменение полной механической энергии системы?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 23

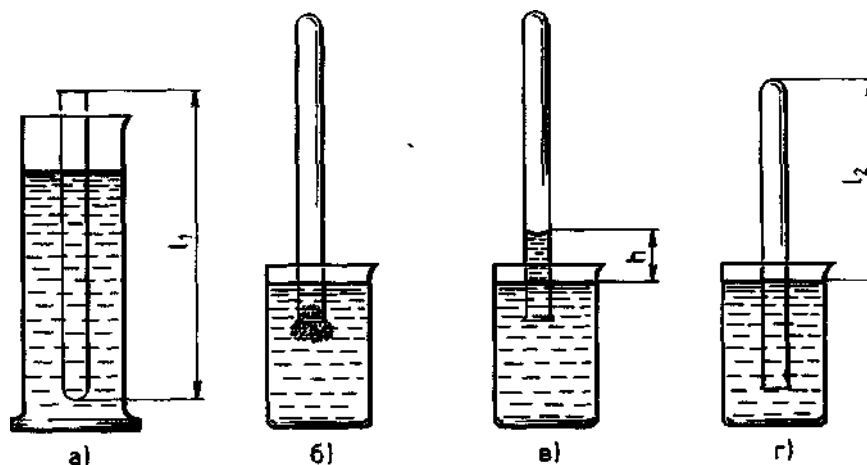
Тема: магнитное поле в веществе

Оборудование: стеклянная трубка, запаянная с одного конца, длиной 600 мм и диаметром 8 - 10 мм; цилиндрический сосуд высотой 600 мм и диаметром 40 - 50 мм, наполненный горячей водой ($t \sim 60^\circ\text{C}$); стакан с водой комнатной температуры; пластилин, термометр, линейка.

Теория: Чтобы проверить закон Гей-Люссака, достаточно измерить объем и температуру газа в двух состояниях при постоянном давлении и проверить справедливость равенства $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$. Это можно осуществить, используя воздух

при атмосферном давлении.

Стеклянная трубка открытым концом вверх помещается на 3—5 мин в цилиндрический сосуд с горячей водой (рис. а). В этом случае объем воздуха V_1 равен объему стеклянной трубки, а температура — температуре горячей воды T_1 . Это — первое состояние.



Чтобы при переходе воздуха в следующее состояние его количество не изменилось, открытый конец стеклянной трубки, находящейся в горячей воде, замазывают пластилином. После этого трубку вынимают из сосуда с горячей водой и замазанный конец быстро опускают в стакан с водой комнатной температуры (рис. б), а затем прямо под водой снимают пластилин. По мере охлаждения воздуха в трубке вода в ней будет подниматься. После прекращения подъема воды в трубке (рис. в) объем воздуха в ней станет равным $V_2 < V_1$, а давление $p = p_{\text{атм}} - pgh$. Чтобы давление воздуха в трубке вновь стало равным атмосферному, необходимо увеличивать глубину погружения трубки в стакан

до тех пор, пока уровни воды в трубке и в стакане не выровняются (рис. г). Это будет второе состояние воздуха в трубке при температуре T_2 окружающего воздуха. Отношение объемов воздуха в трубке в первом и втором состояниях можно заменить отношением высот воздушных столбов в трубке в этих состояниях, если сечение трубки постоянно по всей длине

Поэтому в работе следует сравнить отношения. Длина воздушного столба измеряется линейкой, температура — термометром.

Подготовка к проведению работы

3. Подготовьте бланк отчета с таблицей (см. таблицу) для записи результатов измерений и вычислений

Таблица

Измерено					Вычислено					
$l_1, \text{мм}$	$l_2, \text{мм}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$\Delta l, \text{мм}$	$\Delta_0 l, \text{мм}$	$\Delta l, \text{мм}$	$T_1, \text{К}$	$T_2, \text{К}$	$\Delta T, \text{К}$	$\Delta_0 T, \text{К}$
Вычислено										
$\Delta T, \text{К}$	l_1/l_2	$\varepsilon_1, \%$	Δ_1	T_1/T_2	$\varepsilon_2, \%$	Δ_2				

4. Подготовьте стакан с водой комнатной температуры и сосуд с горячей водой.

Порядок выполнения работы

6. Измерьте длину l_1 стеклянной трубки и температуру воды в цилиндрическом сосуде.

7. Приведите воздух в трубке во второе состояние так, как об этом рассказано выше. Измерьте длину l_2 воздушного столба в трубке и температуру окружающего воздуха T_2 .

8. Вычислите отношения l_1/l_2 и T_1/T_2 , относительные (ε_1 и ε_2) и абсолютные (Δ_1 и Δ_2) погрешности измерений этих отношений по формулам

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta l}{l_1} + \frac{\Delta l}{l_2}, \Delta_1 = \frac{l_1}{l_2} \varepsilon_1$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta T}{T_1} + \frac{\Delta T}{T_2}, \Delta_2 = \frac{T_1}{T_2} \varepsilon_2$$

9. Сравните отношения l_1/l_2 и T_1/T_2 .

10. Сделайте вывод о справедливости закона Гей-Люссака.

Контрольные вопросы

3. Почему после погружения стеклянной трубки в стакан с водой комнатной температуры и после снятия пластины вода в трубке поднимается?

4. Почему при равенстве уровней воды в стакане и в трубке давление воздуха в трубке равно атмосферному?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 24

Тема: Электромагнитная индукция

Оборудование: 1) психрометр бытовой; 2) гигрометр металлический;

3) гигрометр волосной; 4) спирт в склянке с пробкой; 5) термометр лабораторный от 0 до 100 °С; 6) воронка простая с коротким стеблем № 3; 8) таблица психрометрическая; 8) таблица зависимости давления насыщенного водяного пара от температуры.

Теория. В атмосфере Земли всегда содержатся водяные пары. Их содержание в воздухе характеризуется абсолютной и относительной влажностью.

Относительная влажность воздуха φ определяется отношением парциального давления p водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению p_0 насыщенного пара при той же температуре и выражается в процентах:

$$\varphi = \frac{p}{p_0} 100\%$$

Существует несколько методов измерения относительной влажности воздуха. В данной работе ее измеряют с помощью психрометра, конденсационного и волосного гигрометров.

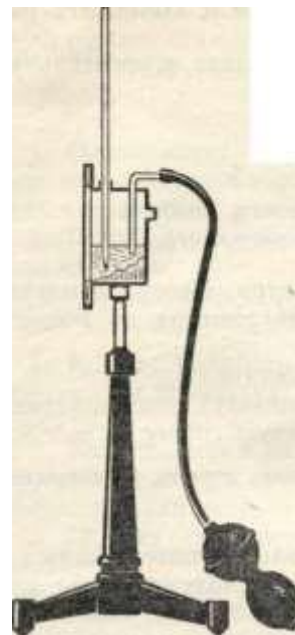
I. Психрометром (рис. 1) — по разности температур термометров, резервуар у одного из которых окружен полоской ткани, опущенной в воду (правый), а у другого остается сухим (левый), и специальной таблице.

II. Конденсационным гигрометром (рис. 2) — путем нахождения точки росы, т. е.

температуры, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе, становится насыщенным, и с помощью таблицы зависимости давления насыщенного водяного пара от температуры. Температуру в камере гигрометра понижают, продувая воздух через спирт и вызывая тем самым его интенсивное испарение. Чтобы легче было заметить появление росы на поверхности охлаждаемой камеры 1, ее окружают металлическим кольцом 2 с теплоизолирующей прокладкой. Наблюдение за появлением налета росы проводят путем сравнения поверхности охлажденной камеры с блестящей



поверхностью кольца, которая во время опыта остается без изменений.



III. Волосным гигрометром (рис. 3) непосредственно измеряют относительную влажность воздуха в процентах.



Проверку и установку волосного гигрометра производят на основании определения относительной влажности воздуха с помощью психрометра. Для установки стрелки гигрометра на соответствующее деление шкалы служит регулировочный винт.

Порядок выполнения работы

10. Задание 1 *Измерение относительной влажности воздуха с помощью психрометра.*

1. Ознакомьтесь с устройством психрометра.
2. Определите показания его термометров и вычислите разность температур.
3. По психрометрической таблице определите относительную влажность воздуха.

Таблица

Показания термометров		Разность показаний термометров, Δt , °C	Относительная влажность воздуха ϕ %
сухого t_1 , °C	смоченного t_2 , °C		

11. **Задание 2. Измерение относительной влажности воздуха с помощью конденсационного гигрометра.**

- Ознакомьтесь с устройством гигрометра. Протрите мягкой тканью полированную стенку и кольцо гигрометра до полного блеска.
- Измерьте температуру воздуха в комнате.
- Налейте в камеру гигрометра (наполовину) спирта, вставьте в нее термометр и присоедините резиновую грушу.

Предупреждение! Пары спирта огнеопасны, поэтому не допускайте вблизи прибора открытого пламени.

- Установите прибор так, чтобы зеркальная поверхность его была расположена под углом 30–40° к направлению луча зрения. Продувайте воздух через спирт и внимательно следите за полированной поверхностью стенки камеры, сравнивая ее с поверхностью кольца.
- В момент появления росы заметьте показание термометра, прекратите продувание воздуха и продолжайте наблюдение, чтобы заметить показание термометра в момент полного исчезновения росы.
- Наблюдение повторите несколько раз, стараясь возможно точнее определить температуру появления и исчезновения росы. По окончании наблюдений оставшийся в гигрометре спирт слейте в склянку и плотно закройте ее. Результаты опыта запишите в таблицу

Таблица.

Температура окружающего воздуха, °C	Плотность насыщенных паров ρ_n , г/см ³	Относительная влажность воздуха ϕ %	Абсолютная влажность воздуха ρ_a , г/см ³	Точка росы, °C

ная температуру окружающего воздуха, по таблице зависимости давления насыщенного водяного пара от температуры, найдите давление

насыщенного водяного пара при *данной* температуре. Воспользовавшись значением относительной влажности из предыдущего опыта, вычислите абсолютную влажность воздуха:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} 100\%; \quad \rho_a = \frac{\varphi : \rho_n}{100\%}$$

По таблице зависимости давления насыщенного водяного пара от температуры, найдите точку росы.

12.	Задание	3.	Измерение
	<i>относительной влажности</i>	<i>воздуха</i>	<i>волосным</i>
	<i>гигрометром</i>		

- Ознакомьтесь с устройством и принципом действия волосного гигрометра. Сравните его показание с результатами предыдущих опытов.
- Подышите на волос гигрометра и наблюдайте за поведением стрелки.

Контрольные вопросы.

- Почему при продувании воздуха через эфир на полированной поверхности стенки камеры гигрометра появляется роса? В какой момент появляется роса?
- Почему показания влажного термометра психрометра меньше показаний сухого термометра? При каком условии разность показаний термометра наибольшая?
- Температура в помещении понижается, а абсолютная влажность остается прежней. Как изменится разность показаний термометров психрометра?
- Сухой и влажный термометры психрометра показывают одну и ту же температуру. Какова относительная влажность воздуха?
- Почему после жаркого дня роса бывает более обильна?
- Почему перед дождем ласточки летают низко?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 25

Тема: Уравнение Максвелла

Цель работы: определение коэффициента поверхностного натяжения воды методом отрыва капель.

Теория. Свободная поверхность жидкости в состоянии равновесия стремится к минимуму, жидкость как бы стягивается упругой поверхностной пленкой, стремящейся к уменьшению своей площади. Поверхностное натяжение определяется отношением модуля силы поверхностного натяжения F , действующей на границу поверхностного слоя жидкости, к длине этой границы l :

$$\sigma = \frac{F}{l}.$$

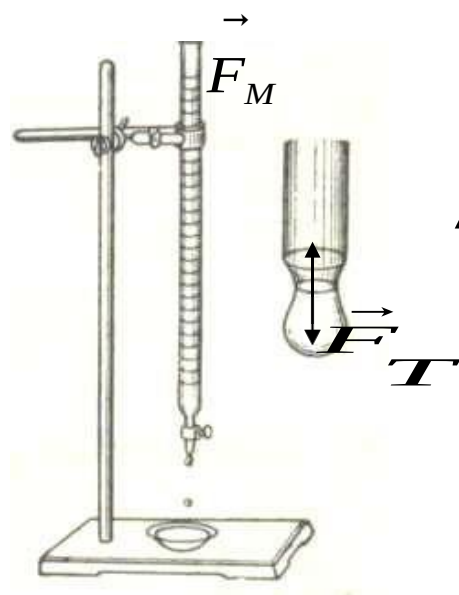
Поверхностное натяжение жидкости σ зависит от природы граничных сред и температуры жидкости.

В данной работе поверхностное натяжение воды необходимо измерить методом отрыва капель.

Рисунок 1.

Для измерения поверхностного натяжения проволочную петлю полностью погружают в жидкость, а затем медленно вытягивают из жидкости. При этом на петле образуется пленка. Когда сила упругости пружины динамометра станет по модулю равна силе поверхностного натяжения F_n , пленка разрывается.

Для измерения σ собирают установку по рисунку 1.



В лапке штатива закрепляют воронку 1, на которую надета резиновая трубка, соединенная краном 2 и стеклянным наконечником 3. В воронку наливают дистиллированную воду и с помощью крана регулируют ее вытекание так, чтобы вода отдельными каплями падала в подставленный стакан.

В момент отрыва капли модуль силы поверхностного натяжения $F_{\text{равен}}$ модулю силы тяжести $F_{\text{тяж}}$, действующей на каплю массой m :

$$F = F_{\text{тяж}}, \quad \text{или} \quad \sigma \pi D = mg.$$

Отсюда

$$\sigma = \frac{mg}{\pi D}.$$

Для повышения точности измеряют массу n капель и вычисление ведут по формуле

$$\sigma = \frac{mg}{n\pi \cdot 0,94d_{\sigma}},$$

где m – масса вылившейся воды,

g – модуль ускорения свободного падения,

n – число капель воды,

$D = 0,9d$, а

d_{σ} – диаметр бюретки.

Оборудование: бюретка, весы с разновесами, сосуд с водой, игла, микрометр.

Порядок выполнения работы:

11. Собрать установку по рисунку 1, наполнить бюретку водой.
12. Измерить диаметр канала узкого конца бюретки. Для этого ввести до упора в канал бюретки иглу соответствующей толщины, заметить то место, до которого она вошла, и микрометром измерить диаметр иглы в отмеченном месте. Измерения микрометром производить несколько раз, поворачивая при этом иглу на определенный угол. Если результаты измерения будут различаться, взять их среднее значение.
13. Определить массу пустого сосуда для сбора капель, взвесив его.

14. Подставить под бюретку сосуд, в котором была вода, и, плавно открывая кран, добиться медленного отрывания капель (капли должны падать друг за другом через 1-2 секунды).
15. Под бюретку с отрегулированными каплями подставить взвешенный сосуд и отсчитать 100 капель.
16. Измерив массу сосуда с каплями, определить массу капель.
17. Результаты измерений записать в таблицу.

Таблица

Номер опыта	Масса			Число капель n	Диаметр канала бюретки d_6 , м	Поверхностное натяжение σ , Н/м	Среднее значение поверхностного натяжения σ_{cp} , Н/м	поверхностного натяжения $\sigma_{таб}$, Н/м	Относительная погрешность, δ , %
	пустого сосуда, m_1 , кг	с сосуда каплями, m_2 , кг	капель, m , кг						
1	$\cdot 10^{-3}$	$\cdot 10^{-3}$	$\cdot 10^{-3}$	50	$3.6 \cdot 10^{-3}$			0.073	
2		$\cdot 10^{-3}$	$\cdot 10^{-3}$	100	$3.6 \cdot 10^{-3}$				

18. Вычислить поверхностное натяжение по формуле $\sigma = \frac{mg}{n\pi \cdot 0,94d_6}$.

19. Опыт повторить 1-2 раза с другим количеством капель.

20. Найти среднее значение σ_{cp} ; сравнить полученный результат с табличным значением поверхностного натяжения с учетом температуры $\sigma_{cp} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}$.

8. Определить относительную погрешность $\varepsilon = \frac{|\sigma - \sigma_{таб}|}{\sigma_{таб}} \cdot 100\%$

Контрольные вопросы.

8. Почему поверхностное натяжение зависит от вида жидкости?
9. Почему и как зависит поверхностное натяжение от температуры?
10. Изменится ли результат вычисления поверхностного натяжения, если опыт повторить в другом месте Земли?
11. Изменится ли результат вычисления, если диаметр канала трубки будет меньше?
12. Почему в работе лучше использовать дистиллированную воду или хотя бы кипяченую?
13. Для получения свинцовой дроби расплавленный свинец сквозь узкие отверстия льют с некоторой высоты. Во время падения свинец принимает форму шариков. Почему?
14. Можно ли выпить воду из стакана в космосе? Почему?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 26

Тема: Электромагнитные колебания и волны

Цель: Научиться создавать кристаллы, понаблюдать за ростом кристалла.

Оборудование: листы формата А4, ручка, карандаш, линейка, калькулятор

Теория. Существуют два простых способа выращивания кристаллов из раствора: охлаждение насыщенного раствора соли и его выпаривание. Первым этапом при любом из двух способов является приготовление насыщенного раствора. В условиях школьного физического кабинета проще всего выращивать кристаллы алюмокалиевых квасцов. В домашних условиях можно выращивать кристалл медного купороса или обычной поваренной соли.

Растворимость любых веществ зависит от температуры. Обычно с повышением температуры растворимость увеличивается, а с понижением температуры уменьшается.

При охлаждении горячего (примерно 40°C) насыщенного раствора до 20°C в нем окажется избыточное количества соли на 100 г воды. При отсутствии центров кристаллизации это вещество может оставаться в растворе, т.е. раствор будет пересыщенным.

С появлением центров кристаллизации избыток вещества выделяется из раствора, при каждой данной температуре в растворе остается то количество вещества, которое соответствует коэффициенту растворимости при этой температуре. Избыток вещества из раствора выпадает в виде кристаллов; количество кристаллов тем больше, чем больше центров кристаллизации в растворе. Центрами кристаллизации могут служить загрязнения на стенках посуды с раствором, пылинки, мелкие кристаллики соли. Если предоставить выпавшим кристалликами возможность подрасти в течение суток, то среди них найдутся чистые и совершенные по форме экземпляры. Они могут служить затравками для выращивания крупных кристаллов.

Чтобы вырастить крупный кристалл, в тщательно отфильтрованный насыщенный раствор нужно внести кристаллик - затравку, заранее прикрепленный на волосе или тонкой леске, предварительно обработанной спиртом.

Можно вырастить кристалл без затравки. Для этого волос или леску обрабатывают спиртом и опускают в раствор так, чтобы конец висел свободно. На конце волоса или лески может начаться рост кристалла.

Если для выращивания приготовлен крупный затравочный кристалл, то его лучше вносить в слегка подогретый раствор. Раствор, который был насыщенным при комнатной температуре, при температуре на 3-5°C выше комнатной будет ненасыщенным. Кристалл-затравка начнет растворяться в нем и потеряет при этом верхние, поврежденные и загрязненные слои. Это приведет к увеличению прозрачности будущего кристалла. Когда температура понизится до комнатной, раствор вновь станет насыщенным, и растворение кристалла прекратится. Если стакан с раствором прикрыть так, чтобы вода из раствора могла испаряться, то вскоре раствор станет пересыщенным и начнется рост кристалла. Во время роста кристалла стакан с раствором лучше всего держать в теплом сухом месте, где температура в течение суток остается постоянной. На выращивание крупного кристалла в зависимости от условий эксперимента может потребоваться от нескольких дней до нескольких недель.

Ход работы

4. Тщательно вымойте стакан и воронку, подержите их над паром.

5. Налейте 100, г дистиллированной (или дважды прокипяченной) воды в стакан и нагрейте её до 30°C-40°C. Используя кривую растворимости, приведенную на рисунке 1, определите массу соли, необходимую для приготовления насыщенного раствора при 30°C.

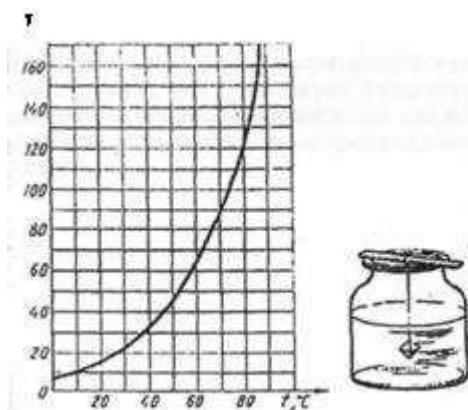


Рис. 1

Приготовьте насыщенный раствор и слейте его через ватный фильтр в чистый стакан. Закройте стакан крышкой или листком бумаги. Подождите, пока раствор остынет до комнатной температуры. Откройте стакан. Через некоторое время начнут выпадать первые кристаллы.

6. Через сутки слейте раствор через ватный фильтр в чистый, вновь вымытый и попаренный стакан. Среди множества кристаллов, оставшихся на дне первого стакана, выберите самый чистый кристалл правильной формы. Прикрепите кристалл-затравку к волосу или леске и опустите его в раствор. Волос или леску предварительно протрите ватой, смоченной спиртом. Можно также положить кристалл-затравку на дно стакана перед заливкой в него раствора. Поставьте стакан в теплое чистое место. В течение нескольких суток или недель не трогайте кристалл и не переставляйте стакан. В конце срока

выращивания выньте кристалл из раствора, тщательно осушите бумажной салфеткой и уложите в специальную коробку. Руками кристалл не трогайте, иначе он потеряет прозрачность.

Контрольные вопросы

6. Описать свой эксперимент.
7. Что может служить центром кристаллизации?
8. Чем объясняется неодинаковая скорость роста различных граней одного и того же кристалла?
9. Каким способом можно насыщенный раствор сделать пересыщенным бездобавления растворенного вещества?
10. Зачем раствор фильтровался?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 27
Тема: Геометрическая оптика. Фотометрия

Оборудование и материалы: микроскоп школьный (МШБ-2), насыщенный раствор гипосульфита натрия, предметное стекло, часы.

Цель работы: наблюдение за процессом роста кристаллов из раствора, сравнение скорости роста кристалла в различных направлениях.

Теория.

Выращивание кристаллов медного купороса, хромокалиевых квасцов и поваренной соли.

Можно за две-три недели вырастить красивые кристаллы солей у себя дома. Для этого потребуется стеклянная банка, проволочка и нитка, да еще необходимый запас соли, кристаллы которой вы собираетесь выращивать. Очень эффектно выглядят "доморощенные" кристаллы медного купороса ярко-синего цвета и хромокалиевых квасцов (фиолетовые), хороши и бесцветные кубики поваренной соли.

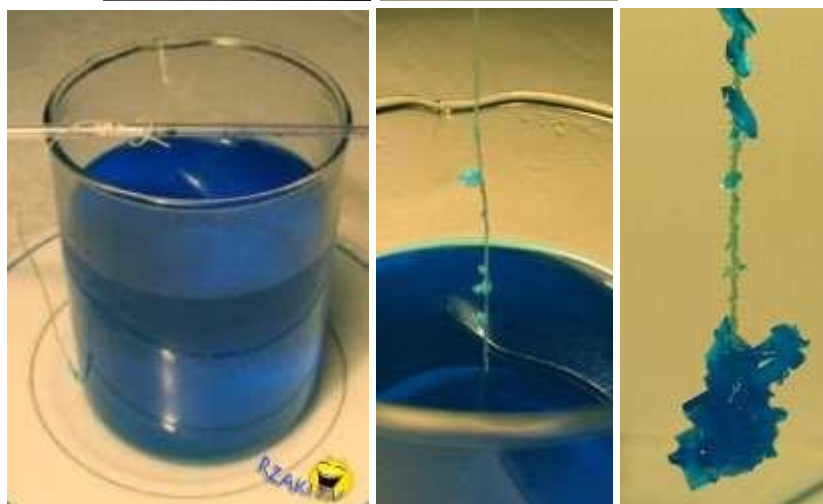
Сначала приготовим как можно более концентрированный раствор выбранной соли, внося соль в стакан с водой, - до тех пор, пока очередная порция соли не перестанет растворяться при перемешивании. После этого слегка подогреем смесь, чтобы добиться полного растворения соли. Для этого стакан поставим в кастрюлю с теплой водой.

Полученный концентрированный раствор перельем в банку или химический стакан; туда же с помощью проволоочной перемычки (можно также сделать перемычку из стержня шариковой ручки) подвесим на нитке кристаллическую "затравку" - маленький кристаллик той же соли - так, чтобы он был погружен в раствор. На этой "затравке" и предстоит расти будущему экспонату вашей коллекции кристаллов.

Химический стакан с насыщенным раствором поваренной соли и нитка с "затравкой" для роста кристаллов. Через трое суток после начала опыта (фото справа) нитка, опущенная в насыщенный раствор, превратилась в "ожерелье" из кристаллов хлорида натрия.



Химический стакан с раствором медного купороса и нитка с "затравкой" для выращивания кристаллов. Через трое суток после начала опыта на нитке появился кристалл медного купороса, похожий на драгоценный камень.

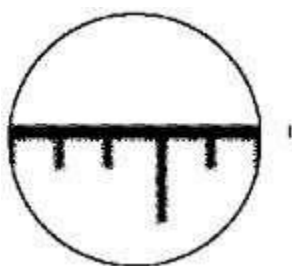


Сосуд с раствором поставим в открытом виде в теплое место. Когда кристалл вырастет достаточно большим, вынем его из раствора, обсушим мягкой тряпочкой или бумажной салфеткой, обрежем нитку и покроем грани кристалла бесцветным лаком, чтобы предохранить от "выветривания" на воздухе.

Так будет выглядеть кристалл медного купороса, выращенный из раствора.
Обратите внимание на цвет и форму полученных кристаллов.

Ход работы

9. Поместите на столик микроскопа линейку. Отрегулируйте освещение и добейтесь чёткого изображения миллиметровых рисок линейки. Определите размер поля зрения микроскопа. (На микроскопе МШБ-2 поле зрения 2 мм.) Зная его, можно оценить размер объектов, помещённых на столик микроскопа. (Учащимся, успевшим сделать все измерения и расчёты, я предлагаю оценить толщину их волоса.)



10. Поместите на столик микроскопа предметное стекло. Добейтесь чёткого изображения поверхности стекла.

11. Попросите учителя нанести на поверхность стекла капельку раствора гипосульфита натрия.

12. Найдите в капельке (лучше всего в её центре) кристаллик гипосульфита натрия, имеющий форму прямоугольника. Поверните предметное стекло так, чтобы одна из сторон прямоугольника располагалась в поле зрения микроскопа горизонтально, а другая – вертикально.

13. Оцените длину и ширину кристалла. Результаты занесите в таблицу.

Таблица				
Время, мин	Длина l , мм	Высота h , мм	v_l , мм/мин	v_h , мм/мин
0				
1				
...				
5				

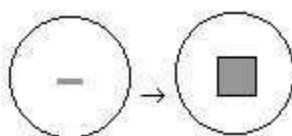
14. Повторите измерение размеров кристалла через 1, 2, 3, 4, 5 мин. Результаты занесите в таблицу. Рассчитайте скорость роста кристалла в горизонтальном (l) и вертикальном (h) направлениях. (За счёт высокой скорости роста кристаллы гипосульфита натрия за 5–6 мин полностью кристаллизуются, закрывая всё поле зрения микроскопа. Поэтому продолжительность наблюдений ограничивается 4–6 мин.)

15. Сравните скорости роста кристалла в горизонтальном и вертикальном направлениях. Почему они различаются?

16. Скажите, как называется явление зависимости физических свойств кристалла от направления?

Примечания

- Упрощённый вариант работы. По наблюдениям, кристаллы гипосульфита прямоугольного сечения в процессе роста превращаются в кристаллы квадратного сечения. Поэтому можно не проводить измерения скорости роста, а зарисовать форму кристалла в начале наблюдения и в конце. Переход прямоугольник → квадрат уже хорошо показывает, что в одном направлении кристалл растёт быстрее, чем в другом.



- Кристаллы могут «путешествовать» в растворе. Поэтому желательно следить за выбранным кристаллом непрерывно, в течение всего наблюдения.
- Высокий интерес вызывает конкурс на самый красивый или самый большой выращенный в ходе лабораторной работы монокристалл.

Литература

1. Буров В.А., Зворыкин Б.С., Кузьмин А.П., Покровский А.А., Румянцев И.М. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе: Ч. 2. – М.: Просвещение, 1979, с. 143, рис. 1-152.
2. Шахмаев Н.М., Павлов Н.И., Тыщук В.И. Физический эксперимент в средней школе. – М.: Просвещение, 1991, с. 85–87, 102, 118, 125.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 28

Тема: Интерференция света

Цель: установить зависимость между силой тока, напряжением и сопротивлением участка цепи.

Оборудование: амперметр, вольтметр, реостат, резистор, соединительные провода

Теория: *Ток*, сила и направление которого не изменяются с течением времени, называется *постоянным*. Для постоянного тока

$$J = Q / t ,$$

где Q - электрический заряд, проходящий за время t через поперечное сечение проводника.

Единица силы тока – ампер (А). *Ампер* – сила, не изменяющегося тока, который при прохождении по двум прямолинейным параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого сечения, расположенными в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, создает между этими проводниками силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н на каждый метр длины.

Носителями тока в металлах являются свободные электроны, т.е. электроны, слабо связанные с ионами кристаллической решетки металла. Это представление о природе носителей тока в металлах основывается на электронной теории проводимости металлов, созданной немецким физиком Друдом (1863-1906) и разработанной нидерландским физиком Лоренцем, а также на ряде классических опытов, подтверждающих положения электронной теории.

Напряжением U называется физическая величина, определяемая работой, совершаемой суммарным полем электростатических (кулоновских) и сторонних сил при перемещении единичного положительного заряда на данном участке цепи.

Немецкий физик Ом (1787-1854) экспериментально установил, что сила тока J прямо пропорциональна приложенному напряжению U и обратно пропорциональна сопротивлению участка R :

$$J = U / R$$

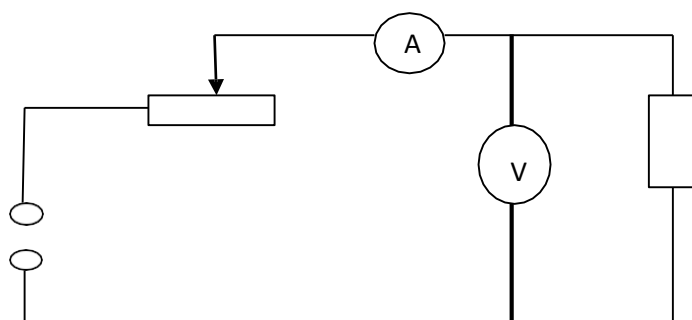
Задача данной работы заключается в том, чтобы изучить закон Ома для однородного участка, необходимо:

а) снять зависимость силы тока J от напряжения U при постоянном сопротивлении R ;

б) снять зависимость силы тока J от сопротивления R при постоянном напряжении U .

Порядок проведения работы

3. Нарисовать электрическую цепь приведенную на рисунке



4. Определить предел измерения и цену деления шкалы вольтметра и амперметра. Результаты занесите в таблицу

	Предел измерения	Цена деления шкалы
Амперметр		
Вольтметр		

12. Выбрать первый резистор R_1 .

13. Установить движок реостата в крайнее правое положение. Записать показания амперметра и вольтметра.

14. Передвинуть движок реостата в среднее положение. Записать показания амперметра и вольтметра.

15. Передвинуть движок реостата в крайнее левое положение. Записать показания амперметра и вольтметра.

16. Повторить измерения для резисторов R_2 и R_3 .

17. Результаты измерений занести в таблицу 2.

№	R	U	I
	Ом	В	А
1			
2			
3			

18. Пользуясь таблицей, построить графики зависимости силы тока на участке цепи от напряжения на его концах для каждого резистора. Графики можно расположить на одних осях координат.

19. Построить графики зависимости силы тока от сопротивления проводника при постоянном напряжении.

20. На основании построенных графиков сделать вывод о характере зависимости силы тока от напряжения, силы тока от сопротивления и о справедливости закона Ома.

Контрольные вопросы.

7. Как изменится сила тока в проводнике при увеличении напряжения на нем в два раза?
8. Как изменится сопротивление проводника при увеличении напряжения на нем в два раза?
9. Можно ли включить в сеть с напряжением 15 В реостат на котором написано 6 Ом; 2 А?
10. Двигутся ли заряженные частицы в проводнике, когда по нему не идет ток?
11. Каково назначение источника тока в электрической цепи?
12. Можно ли сказать, что он создает, заряды на полюсах?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 29

Тема: Дифракция света

Оборудование: макетная плата; вольтметр; амперметр; резисторы 10 Ом, 20 Ом, 30 Ом; переменный резистор сопротивлением в пределах 100—1000 Ом; лампа МН 6,3 В х 0,3 А; источник питания 4-6 В; соединительные провода — 6 шт.

Теория: Между тремя электрическими величинами -силой тока, напряжением и сопротивлением существует простое, но очень важное соотношение, называемое «Законом Ома для участка цепи». Его открыл в 1827 году немецкий ученый Георг Ом. Закон Ома -один из основных законов электродинамики. Его знание необходимо для понимания разнообразных процессов, протекающих в электрических цепях.

Указания к работе

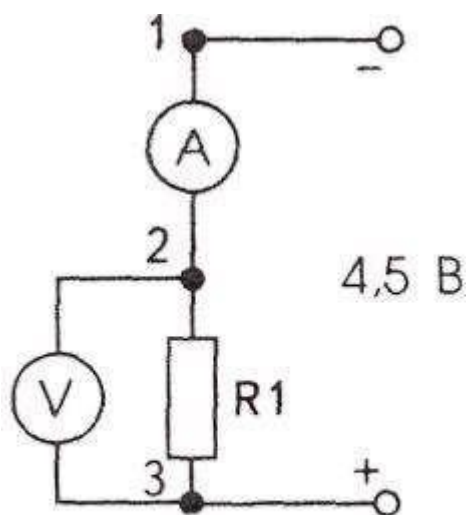
Установите связь между силой тока, напряжением и сопротивлением на участке цепи. Результаты измерений и вычислений занесите в табл. I.

Таблица 1

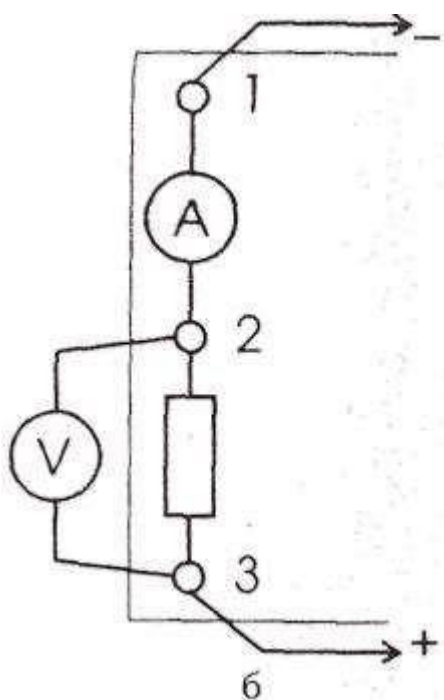
№ опыта	Сопротивление R, Ом	Напряжение U, В	Сила тока I, А	U/R , А
1				
2				
3				

7. Соберите цепь по рис. 1, а и б, используя резистор R1 сопротивлением 10 Ом.

Рисунок 1



a



8. Включите цепь и снимите показания измерительных приборов.
9. Вместо резистора R_1 поочередно включите резисторы $R_2 = 20 \text{ Ом}$ и $R_3 = 30 \text{ Ом}$.
10. Каждый раз снимите показания приборов.
11. Для каждого случая вычислите отношение напряжения к сопротивлению участка цепи U/R

12. Для каждого опыта сравните вычисленное отношение и измеренную силу тока в цепи I. 7. Сделайте вывод, запишите его словесно и математически.

8. Сравните Ваш вывод с законом, сформулированным Г. Омом для участка цепи.

Задание 2

1. Определите сопротивление участка цепи по закону Ома.

2. Результаты измерений и вычислений занесите в табл.

3. Соберите цепь по рис. 1. В качестве участка R возьмите поочередно резисторы сопротивлениями 10 Ом, 20 Ом, 30 Ом (маркировку можно заклеить изолентой).

4. По показаниям приборов вычислите сопротивления этих резисторов.

Таблица 2

№ опыта	Сопротивление R, Ом	Напряжение U, В	Сила тока I, А
1			
2			
3			

Задание 3

1. Определите напряжение на участке цепи по закону Ома.

2. Результаты измерений и вычислений занесите в табл.

3. В схеме к заданию 1 (рис. 1) отключите вольтметр и вместо участка R поочередно включайте резисторы 10 Ом, 20 Ом, 30 Ом. Зная сопротивление участка по надписи на резисторе и силу тока по показанию амперметра, по закону Ома для участка цепи вычислите ожидаемое напряжение. Ваши расчеты проверьте экспериментально, подключив вольтметр к участку R.

4. Сделайте вывод о том, как на основании закона Ома можно вычислить напряжение на участке цепи.

Таблица3

№ опыта	Сопротивление R, Ом	Напряжение U, В	Сила тока I, А
1			
2			
3			

4. Сделайте вывод, исходя из цели работы.

Контрольные вопросы:

4. Двигутся ли заряженные частицы в проводнике, когда по нему не идет ток?

5. Каково назначение источника тока в электрической цепи?

6. Можно ли сказать, что он создает, заряды на полюсах?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 30

Тема: Дифракция света

Цель: пользуясь законом Ома для полной цепи, вычислить ЭДС и внутреннее сопротивление источника постоянного тока.

ОБОРУДОВАНИЕ: амперметр, вольтметр, источник электрической энергии, соединительные провода, реостат, ключ.

Теория.

Возникновение разности потенциалов на полюсах любого источника является результатом разделения в нем положительных и отрицательных зарядов. Это разделение происходит благодаря работе, совершаемой сторонними силами.

Силы неэлектрического происхождения, действующие на свободные носители заряда со стороны источников тока, называются **сторонними силами**.

При перемещении электрических зарядов по цепи постоянного тока сторонние силы, действующие внутри источников тока, совершают работу.

Физическая величина, равная отношению работы $A_{ст}$ сторонних сил при перемещении заряда q внутри источника тока к величине этого заряда, называется электродвижущей силой источника (ЭДС):

$$\text{ЭДС} = \varepsilon = \frac{A_{ст}}{q}$$

ЭДС определяется работой, совершаемой сторонними силами при перемещении единичного положительного заряда.

Электродвижущая сила, как и разность потенциалов, измеряется в **вольтах [В]**.

Чтобы измерить ЭДС источника, надо присоединить к нему вольтметр при разомкнутой цепи.

Источник тока является проводником и всегда имеет некоторое сопротивление, поэтому ток выделяет в нем тепло. Это сопротивление называют **внутренним сопротивлением источника** и обозначают **r**.

Если цепь разомкнута, то работа сторонних сил превращается в потенциальную энергию источника тока. При замкнутой цепи эта потенциальная энергия расходуется на работу по перемещению зарядов во

внешней цепи с сопротивлением R и во внутренней части цепи с сопротивлением r , т.е. $\varepsilon = IR + Ir$.

Если цепь состоит из внешней части сопротивлением R и внутренней сопротивлением r , то, согласно закону сохранения энергии, ЭДС источника будет равна сумме напряжений на внешнем и внутреннем участках цепи, т.к. при перемещении по замкнутой цепи заряд возвращается в исходное положение $\varepsilon = IR + Ir$, где IR – напряжение на внешнем участке цепи, а Ir – напряжение на внутреннем участке цепи. Таким образом, для участка цепи, содержащего ЭДС:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

Эта формула выражает **закон Ома для полной цепи**: сила тока в полной цепи прямо пропорциональна электродвижущей силе источника и обратно пропорциональна сумме сопротивлений внешнего и внутреннего участков цепи.

Возникновение разности потенциалов на полюсах любого источника тока является результатом разделения в нем положительных и отрицательных зарядов. Это разделение происходит благодаря работе, совершаемой сторонними силами. Сторонние силы – силы, действующие против электрического поля и выполняющие работу за счет какой-либо энергии, подведенной извне.

Величина, измеряемая работой, совершаемой сторонними силами при перемещении единицы положительного заряда внутри источника тока, называется электродвижущей силой источника тока (э.д.с.).

Если цепь разомкнута, то работа сторонних сил превращается в потенциальную энергию источника тока. При разомкнутой цепи эта потенциальная энергия расходуется на работу по перемещению зарядов во внешней цепи с сопротивлением r и во внутренней части цепи с сопротивлением r_0 , т.е.

$$E = Ir + Ir_0$$

E и r_0 можно определить опытным путем.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Определить цену деления шкалы амперметра и вольтметра.
2. Составить электрическую цепь по схеме 1.

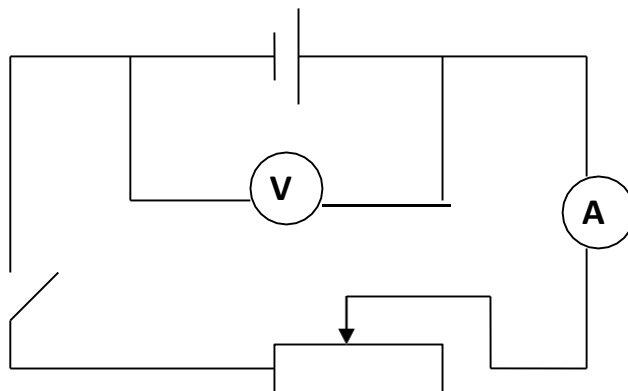


Рисунок 1.

3. Цепь замкнуть и снять показания амперметра и вольтметра.
4. Разомкнуть цепь, передвинуть ползунок реостата, цепь замкнуть и вновь снять показания амперметра и вольтметра.
5. Результаты измерения подставить в уравнение $E = I(R + r)$ и решить системой уравнений

$$E = I_1(R_1 + r)$$

$$E = I_2(R_2 + r)$$

Получить рабочую формулу

$$r = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2}$$

Вычислить r и E , подставив в одно из уравнений системы.

$$E_{on} = U_1 + I_1 r$$

6. Измерить ЭДС источника тока, при разомкнутой цепи ($E_{изм}$).
7. Определить абсолютную погрешность по формуле:

$$\Delta E = |E_{on} - E_{изм}|.$$

8. Определить относительную погрешность

$$\varepsilon = \frac{\Delta E}{E_{cp}}.$$

№ п/п	I, A	U, B	$r, Ом$	$E_{опыт}, B$	$E_{изм}, B$	$\Delta E, B$	$\varepsilon\%$
1.							
2.							

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

8. Что такое ЭДС источника тока?
9. Что такое напряжение на зажимах источника тока?
10. Почему напряжение на зажимах меньше ЭДС?
11. Можно ли вольтметром измерить ЭДС источника тока?
12. Как читается закон Ома для полной цепи?
13. Что называется током короткого замыкания?
14. Вывести рабочие формулы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 31

Тема: Взаимодействие света с веществом

Цель: пронаблюдать явление электромагнитной индукции, проверить выполнение правила Ленца.

Оборудование: миллиамперметр, источник питания, катушки с сердечниками, дугообразный магнит, выключатель кнопочный, соединительные провода, магнитная стрелка (компас), реостат.

Теория: Взаимная связь электрических и магнитных полей была установлена выдающимся английским физиком М. Фарадеем в 1831 г. Он открыл явление *электромагнитной индукции*.

Многочисленные опыты Фарадея показывают, что с помощью магнитного поля можно получить электрический ток в проводнике.

Явление электромагнитной индукции заключается в возникновении электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего контур.

Ток, возникающий при явлении электромагнитной индукции, называют индукционным.

В электрической цепи (рисунок 1) возникает индукционный ток, если есть движение магнита относительно катушки, или наоборот. Направление индукционного тока зависит как от направления движения магнита, так и от расположения его полюсов. Индукционный ток отсутствует, если нет относительного перемещения катушки и магнита.



Рисунок 1.

Строго говоря, при движении контура в магнитном поле генерируется не определенный ток, а определенная э. д. с.

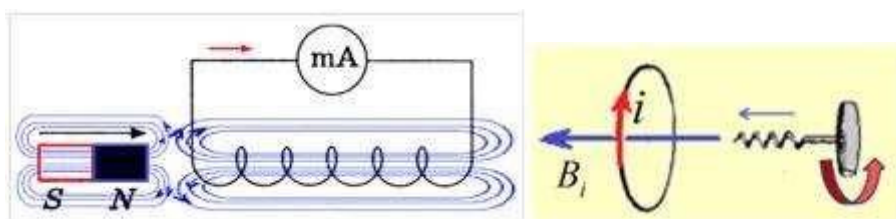


Рисунок 2.

Фарадей экспериментально установил, что *при изменении магнитного потока в проводящем контуре возникает ЭДС индукции $E_{\text{инд}}$, равная скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром, взятой со знаком минус:*

$$\varepsilon_{\text{инд}} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Эта формула выражает **закон Фарадея: э. д. с. индукции равна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром.**

Знак минус в формуле отражает **правило Ленца.**

В 1833 году Ленц опытным путем доказал утверждение, которое называется **правилом Ленца: индукционный ток, возбуждаемый в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, всегда направлен так, что создаваемое им магнитное поле препятствует изменению магнитного потока, вызывающего индукционный ток.**

При возрастании магнитного потока $\Phi > 0$, а $\varepsilon_{\text{инд}} < 0$, т.е. э. д. с. индукции вызывает ток такого направления, при котором его магнитное поле уменьшает магнитный поток через контур.

При уменьшении магнитного потока $\Phi < 0$, а $\varepsilon_{\text{инд}} > 0$, т.е. магнитное поле индукционного тока увеличивает убывающий магнитный поток через контур.

Правило Ленца имеет глубокий **физический смысл** – оно выражает закон сохранения энергии: если магнитное поле через контур увеличивается, то ток в контуре направлен так, что его магнитное поле направлено против внешнего, а если внешнее магнитное поле через контур уменьшается, то ток направлен так, что его магнитное поле поддерживает это убывающее магнитное поле.

ЭДС индукции зависит от разных причин. Если вдвигать в катушку один раз сильный магнит, а в другой — слабый, то показания прибора в первом случае будут более высокими. Они будут более высокими и в том случае, когда магнит движется быстро. В каждом из проведённых в этой работе опыте направление индукционного тока определяется правилом Ленца. Порядок определения направления индукционного тока показан на рисунке 2.

На рисунке синим цветом обозначены силовые линии магнитного поля постоянного магнита и линии магнитного поля индукционного тока. Силовые линии магнитного поля всегда направлены от N к S – от северного полюса к южному полюсу магнита.

По правилу Ленца индукционный электрический ток в проводнике, возникающий при изменении магнитного потока, направлен таким образом,

что его магнитное поле противодействует изменению магнитного потока. Поэтому в катушке направление силовых линий магнитного поля противоположно силовым линиям постоянного магнита, ведь магнит движется в сторону катушки. Направление тока находим по правилу буравчика: если буравчик (с правой нарезкой) ввинчивать так, чтобы его поступательное движение совпало с направлением линий индукции в катушке, тогда направление вращения рукоятки буравчика совпадает с направлением индукционного тока.

Поэтому ток через миллиамперметр течёт слева направо, как показано на рисунке 1 стрелкой. В случае, когда магнит отодвигается от катушки, силовые линии магнитного поля индукционного тока будут совпадать по направлению с силовыми линиями постоянного магнита, и ток будет течь справа налево.

Подготовка к проведению работы

3. Вставить в одну из катушек железный сердечник, закрепив его гайкой. Подключить эту катушку через миллиамперметр, реостат и ключ к источнику питания. Замкнуть ключ и с помощью магнитной стрелки (компас) определить расположение магнитных полюсов катушки с током. Зафиксировать, в какую сторону отклоняется при этом стрелка миллиамперметра. В дальнейшем при выполнении работы можно будет судить о расположении магнитных полюсов катушки с током по направлению отклонения стрелки миллиамперметра.

4. Отключить от цепи реостат и ключ, замкнуть миллиамперметр на катушку, сохранив порядок соединения их клемм.

Порядок выполнения работы

Эксперимент 1

8. Приставить сердечник к одному из полюсов дугообразного магнита и вдвинуть внутрь катушки, наблюдая одновременно за стрелкой миллиамперметра.

9. Повторить опыт, выдвигая сердечник из катушки, а также меняя полюса магнита.

10. Зарисовать схему опыта и проверить выполнение правила Ленца в каждом случае.

11. Расположить вторую катушку рядом с первой так, чтобы их оси совпадали.

12. Вставить в обе катушки железные сердечники и присоединить вторую катушку через выключатель к источнику питания.

13. Замыкая и размыкая ключ, наблюдать отклонение стрелки миллиамперметра.

14. Зарисовать схему опыта и проверить выполнение правила Ленца.

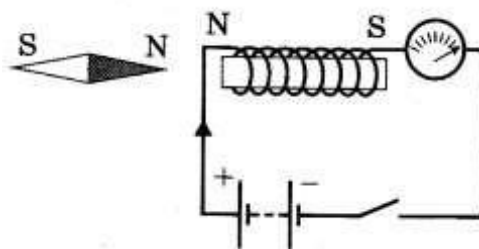


Рис. 1

3. С помощью электрической цепи, собранной по схеме (рис. 1), определить полюсы катушки с сердечником, по виткам которой проходит электрический ток. Зафиксировать, в какую сторону отклоняется при этом стрелка миллиамперметра.

4. Отключить от цепи реостат и ключ, замкнуть миллиамперметр на катушку, сохранив порядок соединения клемм.

Эксперимент 2

5. Приставить сердечник к северному полюсу дугообразного магнита и вдвинуть его внутрь катушки, при этом стрелка миллиамперметра отклонится вправо. Это значит, что в витках катушки возник электрический ток, магнитное поле которого направлено против магнитного поля движущегося сердечника, т. е. против северного полюса сердечника при этом возник северный полюс катушки (рис. 2).

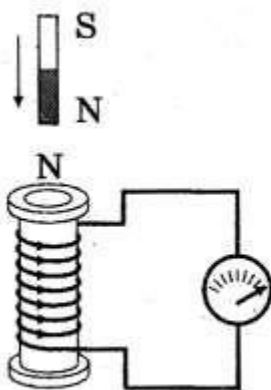


Рис. 2

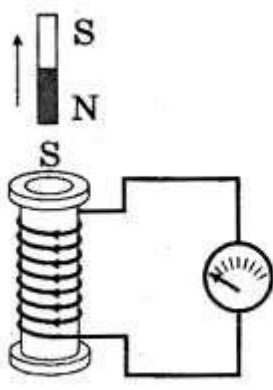


Рис. 3

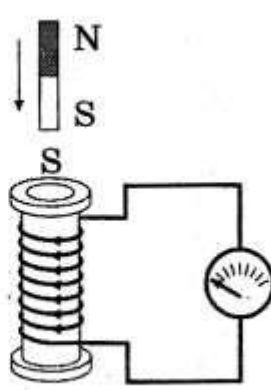


Рис. 4

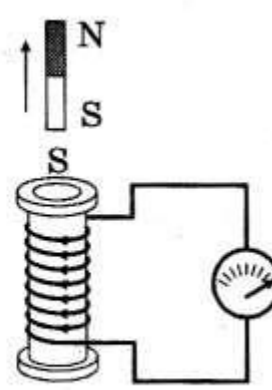


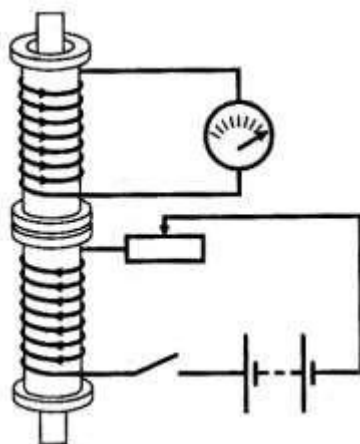
Рис. 5

6. Если выдвинуть намагниченный сердечник из катушки (рис. 3), то в ней возникнет электрический ток, ориентирующий магнитные полюсы катушки таким образом, что вверху будет южный полюс.

Поменяйте полюсы намагниченного дугообразного магнита стержня, получим обратные действия магнитных полей (рис. 4, 5).

7. Во всех четырех случаях (рис. 2-5) в катушке при движении стержня возникает индукционный ток.

8. При замыкании и размыкании ключа электрической цепи нижней катушки верхней появляется ток противоположного направления.



Контрольные вопросы

6. Будет ли разница в скорости падения прямого магнита через катушку, если она замкнута или разомкнута? Ответ поясните.

7. Замкнутое металлическое кольцо, подвешенное на двух нитях, совершает колебания. Почему колебания кольца быстро прекращаются, когда к кольцу приближают полюс магнита?

8. Вечный самозаряжающийся фонарик состоит из мощного магнита, который расположен внутри по внешней стороне колец металлической катушки, помещенной в противоударный и водонепроницаемый корпус. Чтобы подзарядить фонарик, его достаточно потрясти. Какое явление положено в основу работы этого фонарика?

9. Почему подземный кабель, подающий переменный ток на предприятия и жилые дома, не разрешается прокладывать вблизи газовых, водопроводных и теплофикационных труб?

10. Почему в телефонной трубке может быть слышен телефонный разговор, происходящий по соседней линии?

Для уничтожения вражеских кораблей во время Великой Отечественной войны широко применялись мины с индукционным взрывателем, основным элементом которого являлась индукционная катушка. Катушка вставлялась в цепь с гальваническим элементом, электромагнитным реле и электрическим запалом взрывчатого вещества. Почему взрывалась мина, когда корабль проходил над ней?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 32

ТЕМА: Квантовая оптика

ЦЕЛЬ: Определить ускорение свободного падения при помощи маятника.

Оборудование: 1. Штатив с держателем. 2. Шарик, подвешенный на нити длиной около 1м. 3. Пробка. 4. Измерительная лента или метровая линейка. 5. Штангенциркуль. 6. Секундомер.

Теория. Математическим маятником называется материальная точка, подвешенная на невесомой и нерастяжимой нити. Моделью может служить тяжелый шарик, размеры которого весьма малы по сравнению с длиной нити, на которой он подвешен (размер шарика несравним с расстоянием от центра тяжести до точки подвеса).

Ученые Галилей, Ньютон, Бессель и другие установили следующие законы колебания математического маятника:

3. Период колебания математического маятника не зависит от массы маятника и от амплитуды, если угол размаха не превышает 6° .

4. Период колебания математического маятника прямо пропорционален квадратному корню из длины маятника l и обратно пропорционален квадратному корню из ускорения свободного падения.

На основании этих законов можно написать формулу для периода колебаний:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

тогда рабочая формула для вычисления ускорения свободного падения:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$$



Порядок проведения работы

11. Поставить штатив на край стола, как показано на рисунке 1.
12. Зажать нить маятника за свободный конец между двумя половинками разрезанной пополам пробки в держателе штатива.
13. Измерить при помощи штангенциркуля диаметр шарика, найти радиус шарика. Измерить при помощи линейки длину нити. Найти длину маятника (длина маятника считается от нижнего края пробки до центра тяжести шарика).
14. Отклонить шарик на небольшой угол (10°) и отпустить.
15. По секундомеру определить время t , за которое маятник совершил n полных колебаний (например, 100).
16. Вычислить период полного колебания маятника
17. Вывести выражение для ускорения свободного падения из формулы математического маятника.
18. Подставить в полученное для g выражение найденные значения длины l и периода T маятника, вычислить ускорение свободного падения.
19. Повторить опыт еще два раза при разных длинах маятника.

20. Из всех найденных значений ускорения свободного падения вычислить среднее значение.

12. Результаты всех измерений и вычислений записать в таблицу:

№ опыта	Длина маятника, l , м.	Число полных колебаний n	Время полных колебаний, t , с.	Период полного колебания T , с.	Ускорение свободного падения g , $м/с^2$.	Относительная погрешность, δ , %
1.						
2.						
3.						

13. Вычислить абсолютную и относительную погрешности, применяя способ оценки результатов измерений.

$$g_{\text{ср}} = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3} \quad \varepsilon = \frac{\Delta g_{\text{ср}}}{g_{\text{ср}}} * 100\%$$

Контрольные вопросы

4. Показать на чертеже силы, заставляющие маятник возвращаться к прежнему положению. Одинаковы ли эти силы по величине и направлению при симметричных положениях маятника?

5. Каким будет по характеру движение маятника? Куда направлено и каково по величине ускорение маятника: а) в крайних его положениях; б) при переходе через среднее положение?

6. Как будет меняться период колебания ведерка с водой, подвешенного на длинном шнуре, если из отверстия в его дне постепенно будет вытекать вода?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №33

Тема: Боровская теория атома

Цель: измерить индуктивность катушки

Оборудование: катушка дроссельная индуктивностью 1 Гн; катушка от разборного трансформатора на 220 В; миллиамперметр на 50 мА; микроамперметр на 100 мкА; диод Д226; источник электропитания для практикума ИЭПП-1; ключ замыкания тока; резистор 5 кОм; комплект проводов соединительных.

Теория: Всякое изменение тока в катушке вызывает появление в ней ЭДС самоиндукции, препятствующей изменению тока. Величина ЭДС самоиндукции прямо пропорциональна величине индуктивности катушки и скорости изменения тока в ней. Но так как переменный ток непрерывно изменяется, то непрерывно возникающая в катушке ЭДС самоиндукции создает **сопротивление переменному току**. Она препятствует его возрастанию и, наоборот, поддерживает его при убывании. Таким образом, **в катушке индуктивности, включенной в цепь переменного тока, создается сопротивление прохождению тока**. Но так как такое сопротивление вызывается в конечном счете **индуктивностью катушки**, то и называется оно **индуктивным сопротивлением**.

Индуктивное сопротивление обозначается через X_L и измеряется, как и активное сопротивление, **в омах**. Индуктивное сопротивление цепи тем больше, чем больше частота тока, питающего цепь, и чем больше индуктивность цепи. Следовательно, индуктивное сопротивление цепи прямо пропорционально частоте тока и индуктивности цепи; определяется оно по формуле:

$X_L = \omega L$, где ω — круговая частота, определяемая произведением $2\pi\nu$, L — индуктивность цепи в генри (Гн).

Т.е.

$$X_L = 2\pi\nu \cdot L$$

Тогда индуктивность катушки можно выразить:

$$L = \frac{X_L}{2\pi\nu}$$

Закон Ома для цепи переменного тока, содержащей индуктивное сопротивление, звучит так: **величина тока прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна индуктивному сопротивлению цепи**, т. е

$I = \frac{U}{X_L}$, где I и U — действующие значения тока и напряжения, а X_L — индуктивное сопротивление цепи.

Полный магнитный поток Φ в катушке прямо пропорционален индуктивности катушки L и силе тока I в ее обмотке:

$$\Phi = LI \quad (1)$$

Поэтому индуктивность катушки L можно определить по изменению магнитного потока $\Delta\Phi$ при изменении силы тока ΔI в катушке:

$$L = \frac{\Delta\Phi}{\Delta I} \quad (2)$$

При изменении магнитного потока в катушке возникает ЭДС самоиндукции, прямо пропорциональная скорости изменения магнитного потока:

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (3)$$

Если подключить к концам катушки микроамперметр и последовательно с ним полупроводниковый диод в обратном направлении по отношению к полярности источника тока (рис. 1), то сила тока в цепи микроамперметра очень мала. При отключении катушки от источника тока ЭДС самоиндукции приложена к диоду в прямом направлении и создает ток самоиндукции I_c в цепи микроамперметра. Произведение силы тока самоиндукции I_c на интервал времени Δt равно заряду Δq , протекающему в цепи:

$$I_c \cdot \Delta t = \Delta q \quad (4)$$

По закону Ома для полной цепи ЭДС самоиндукции равна произведению силы тока I_c на полное электрическое сопротивление цепи R :

$$\mathcal{E} = I_c R \quad (5)$$

Из выражений (3) и (5) следует равенство

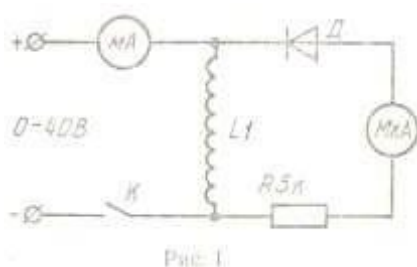
$$\Delta\Phi = I_c \Delta t R, \quad (6)$$

из которого, используя формулы (4) и (2), получаем выражения для изменения магнитного потока $\Delta\Phi$ и для индуктивности L катушки:

$$\Delta\Phi = \Delta q R \quad (7)$$

и

$$L = \frac{\Delta q R}{\Delta I} \quad (8)$$



Если время Δt протекания тока через микроамперметр значительно меньше периода колебаний его стрелки, то максимальное отклонение стрелки в опыте пропорционально заряду Δq , протекающему через прибор. Имея эталонную катушку с известной индуктивностью L_1 , можно определить индуктивность L_2 другой катушки, измерив изменения силы тока ΔI_1 и ΔI_2 , вызывающие одинаковые отбросы стрелки прибора.

Порядок выполнения работы

- Используя дроссельную катушку L_1 с известной индуктивностью L_1 , равной 1 Гн, соберите электрическую цепь по схеме, представленной на рисунке 1.

Предупреждение: особое внимание обратите на полярность включения диода Д! без проверки правильности сборки схемы учителем ключ К не замыкать!

- После проверки схемы учителем замкните ключ K . изменяя напряжение, подаваемое на катушку, установите в ней такую силу тока ΔI_1 , чтобы при ее отключении от источника тока происходил отброс стрелки микроамперметра на всю шкалу.
- Замените в схеме дроссельную катушку катушкой разборного трансформатора на 220 В неизвестной индуктивности L_2 . Измерьте силу тока ΔI_2 в катушке, обеспечивающую такой же отброс стрелки микроамперметра при размыкании цепи, как и в опыте с первой катушкой. При одинаковых отбросах стрелки через микроамперметр в первом и втором опытах протекает одинаковый заряд Δq . В этом случае при одинаковом полном электрическом сопротивлении R цепи индуктивность L_2 катушки определяется из выражения (8):

$$L_1 \Delta I_1 = \Delta q R = L_2 \Delta I_2, L_2 = \frac{\Delta I_1 L_1}{\Delta I_2} \quad (9)$$

Изменения силы тока в цепи при размыкании равны соответственно $\Delta I_1 = I_1$ и $\Delta I_2 = I_2$.

Чтобы полное электрическое сопротивление R цепи было примерно одинаковым в двух опытах, последовательно с катушкой и микроамперметром включается резистор с электрическим сопротивлением, значительно большим сопротивления первой и второй катушек.

Контрольные вопросы

- Какова причина возникновения электрического тока в цепи микроамперметра при отключении катушки от источника тока?
- Каково назначение диода в цепи микроамперметра?
- От каких параметров зависит индуктивность катушки?
- Почему в данной схеме необходимо строго соблюдать полярность включения диода?

10. Для чего последовательно с катушкой и микроамперметром включается резистор?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №34

Тема: Элементы квантовой механики

Цель : измерить индуктивность катушки

Оборудование : катушка дроссельная индуктивностью 1 Гн; катушка от разборного трансформатора на 220 В; миллиамперметр на 50 мА; микроамперметр на 100 мкА; диод Д226; источник электропитания для практикума ИЭПП-1; ключ замыкания тока; резистор 5 кОм; комплект проводов соединительных

Оборудование: катушка дроссельная КД; источник электропитания для практикума ИЭПП-1; ампервольтметр АВО-63; миллиамперметр переменного тока на 50 мА; ключ замыкания тока; комплект проводов соединительных.

13. Теория

Один из способов измерения индуктивности катушки основан на том, что проволочная катушка, включенная в цепь переменного тока, кроме активного сопротивления R , определяемого материалом, размерами и температурой проволоки, создает дополнительное сопротивление X_L , называемое индуктивным. Числовое значение этого сопротивления пропорционально индуктивности L и частоте колебаний ν , т. е.

$$X_L = 2\pi\nu L \quad (1)$$

В случае, когда R мало в сравнении с X_L , то значением R можно пренебречь. Тогда L будет приближенно равно

$$L = \frac{X_L}{2\pi\nu} \quad (2)$$

По закону Ома $X_L = \frac{U}{I}$, поэтому

$$L = \frac{U}{2\pi\nu I} \quad (3)$$

Следовательно, чтобы измерить индуктивность катушки, необходимо знать напряжение на зажимах катушки, силу тока в ней и частоту переменного тока. Частота $\nu = 50$ Гц

Порядок выполнения работы

6. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

$U, \text{В}$					
$I, \text{мА}$					

7. Измерьте с помощью ампервольтметра активное сопротивление дроссельной катушки.
8. Соберите электрическую цепь по схеме, приведенной на рисунке 1. Последовательно соедините катушку, миллиамперметр, ключ и источник переменного тока (зажимы источника электропитания с обозначением «~»). Параллельно катушке подключите вольтметр

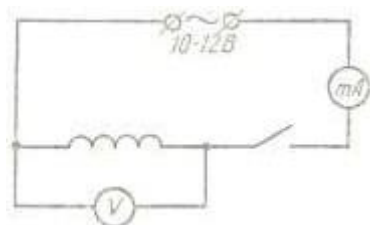
(ампервольтметр с пределом 50 В переменного тока). Замкнув ключ, установите с помощью регулятора выпрямителя напряжение, например 10 В, и измерьте силу тока I . Повторите измерения при других значениях напряжения, например: 5, 12 В. Результаты измерений занесите в таблицу.

9. Вычислите индуктивное сопротивление катушки и убедитесь, что оно больше R и не зависит от напряжения.
10. Вычислите индуктивность катушки по формуле (3).

Дополнительное задание

Внесите в катушку железный сердечник и повторите опыт. Сравните индуктивность катушки без сердечника и с сердечником, сделайте вывод.

Контрольные вопросы



1. Почему для постоянного тока катушки имеют малое сопротивление, а для переменного – большое?
2. Почему индуктивное сопротивление катушки возрастает при внесении в нее железного сердечника?
5. Почему при размыкании цепи с индуктивностью в месте разрыва возникает дуга?
6. Как изменится индуктивное сопротивление катушки, если увеличится частота переменного тока?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 35

Тема: Элементы квантовой механики

Цель: Наблюдение интерференции и дифракции света.

Оборудование: пластины стеклянные – 2шт., лоскуты капроновые или батистовые, засвеченная фотопленка с прорезью, сделанной лезвием бритвы, грампластинка (или осколок грампластинки), штангенциркуль, лампа с прямой нитью накала (одна на всю группу).

Теория. *Интерференцией света* называется явление наложения когерентных волн, в результате которого в одних местах пространства наблюдаются максимумы, а в других минимумы интенсивности света, при этом происходит перераспределение световой энергии в пространстве. Когерентными являются световые волны, разность фаз которых остается постоянной во времени. Результат наложения когерентных волн, наблюдаемый в виде чередования областей повышенной и пониженной интенсивности света, называется интерференционной картиной. Интерференционные картины можно увидеть в тонких пленках, окраска которых определяется разностью хода волн отраженных от двух поверхностей пленки.

Дифракцией света называется огибание световыми волнами препятствий, сравнимых с длиной волны. Явление дифракции указывает на нарушение законов геометрической оптики. Дифракция объясняется волновыми свойствами света и наблюдается при распространении световых волн вблизи краев непрозрачных веществ, сквозь узкие отверстия и в среде с резкими неоднородностями. Для наблюдения дифракции света необходимо создать специальные условия: длина волны должна быть сравнима с размерами препятствия. Для наблюдения дифракции необходимо использовать либо маленькие препятствия, либо располагать экран далеко от препятствий.

Дисперсией света называется явление зависимости абсолютного показателя преломления n вещества от частоты ν подающего на вещество света. Абсолютный показатель преломления вещества определяется отношением скорости света в вакууме к скорости света в этом веществе

$$n = \frac{c}{v} > 1, \text{ где } c - \text{ скорость света в вакууме, } v - \text{ скорость света в веществе}$$

Дисперсия света может определяться как зависимость скорости распространения световой волны в веществе от ее частоты. При переходе света из одной среды в другую изменяется скорость распространения света и длина волны, а частота остается неизменной.

Солнечный свет является сложным и состоит из монохромных пучков 7 цветов: красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего, фиолетового. При прохождении через вещество они по разному отклоняются. Больше всего отклоняются фиолетовые лучи, меньше всего красные. Это означает, что абсолютный показатель преломления стекла для красных лучей меньше, чем для фиолетовых: $n_{кр} < n_{ф}$, то следовательно $v_{кр} > v_{ф}$, то есть красные лучи распространяются быстрее, чем фиолетовые.

Цвет непрозрачного тела определяется смесью цветов, которые оно отражает. Например, зеленые листья отражают только зеленые световые лучи. Тело, отражающее в большом количестве все световые лучи, кажется нам белым. Тело, поглощающее почти все падающие световые лучи, будет казаться черным. В природе не существует ни абсолютно белых, ни абсолютно черных тел.

Порядок выполнения работы

Наблюдение интерференции

6. Стеклянные пластины тщательно протереть, сложить вместе и сжать пальцами.
7. Рассматривать пластины в отраженном свете на темном фоне (располагать их надо так, чтобы на поверхности стекла не образовывались слишком яркие блики от окон или от белых стен).
8. В отдельных местах соприкосновения пластин наблюдать яркие радужные кольцеобразные или неправильной формы полосы.
9. Заменить изменения формы и расположения полученных интерференционных полос с изменением нажима.
10. Попытайтесь увидеть интерференционную картину в проходящем свете.

Наблюдение дифракции

7. Установить между губками штангенциркуля щель шириной 0,5 мм.
8. Приставить щель вплотную к глазу, расположив ее вертикально.

9. Смотри сквозь щель на вертикально расположенную светящуюся нить лампы, наблюдать по обе стороны нити радужные полосы (дифракционные спектры).
10. Изменяя ширину щели от 0,5 до 0,8 мм., заметить, как это изменение влияет на дифракционные спектры.
11. Наблюдать дифракционные спектры в проходящем спектре с помощью лоскутов капрона или батиста, засвеченной фотопленки с прорезью.
12. Провести наблюдение дифракционного спектра в отраженном свете с помощью грампластинки, расположив ее горизонтально на уровне глаз.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №36
Тема: Элементы физики атомов и молекул

Цель: исследование картины интерференционных полос на мыльной пленке;
исследование дифракционной картины от ширины щели.

Оборудование: стаканы с раствором мыла, кольца проволочные с ручкой
диаметр 30 мм.

Оборудование: стаканы с раствором мыла, кольца проволочные с ручкой
диаметром 30 мм.

Указания к работе:

6. Наблюдение интерференции света на мыльной пленке.



Наблюдают интерференцию в затемненной комнате на плоской мыльной пленке при монохроматическом освещении. На проволочном кольце получаем мыльную плёнку и располагаем её вертикально.

Наблюдаем светлые и тёмные горизонтальные полосы, изменяющиеся по ширине по мере изменения толщины плёнки.

1. Зарисуйте наблюдаемую картину.
2. Подсчитайте число полос одного цвета, которые одновременно наблюдаются на пленке.
3. Проследите, как изменяется положение полос на пленке с течением времени.
4. Определите, изменяются ли ориентация и форма полос при повороте рамки в вертикальной плоскости.

7. Наблюдение интерференции света на мыльном пузыре.

1. Учащиеся выдувают мыльные пузыри
2. Запишите ответы на вопросы:
3. Почему на верхней части мыльного пузыря возникают цветные полосы?
4. Почему эти полосы имеют форму окружности?
5. Почему полосы не остаются на месте, а перемещаются вниз?
6. Полоса какого цвета идёт последней? Почему? Почему в конце пузырь бесцветен?
7. Зарисуйте наблюдаемую картину.

8. Наблюдение дифракции света на узкой щели

Оборудование: картонная рамка с разрезом посередине

1. Приставляем экран вплотную к глазу (располагая щель вертикально).
2. Сквозь эту щель смотрим на вертикально расположенную нить горячей лампы.
3. Наблюдая по обе стороны от нити параллельные ей радужные полосы.
4. Изменяем ширину щели в пределах 0,05 – 0,8 мм.
5. Ученики зарисовывают в тетрадь увиденную картину.

9. Наблюдение дифракции света на капроновой ткани

Оборудование: лампа с прямой нитью накала, ткань капроновая размером 100х100мм

1. Смотрим через капроновую ткань на нить горячей лампы.
2. Наблюдаем “дифракционный крест” (картина в виде двух скрещенных под прямым углом дифракционных полос)
3. Ученики зарисовывают в тетрадь увиденную картину (дифракционный крест).

10. Наблюдение дифракции света на грампластинке и лазерном диске

Оборудование: лампа с прямой нитью накала, грампластинка или CD-диск

1. Располагаем грампластинку так, чтобы бороздки расположились параллельно нити лампы и наблюдаем дифракцию в отраженном свете.
2. Наблюдаем яркие дифракционные спектры нескольких порядков.
3. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы (ответить письменно на вопросы):

10. Что такое свет?
11. Кем было доказано, что свет – это электромагнитная волна?
12. Какова скорость света в вакууме?
13. Кто открыл интерференцию света?
14. Чем объясняется радужная окраска тонких интерференционных пленок?
15. Могут ли интерферировать световые волны идущие от двух электрических ламп накаливания? Почему?
16. Почему толстый слой нефти не имеет радужной окраски?
17. Зависит ли положение главных дифракционных максимумов от числа щелей решетки?
18. Почему видимая радужная окраска мыльной пленки все время меняется?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №37

Тема: Элементы физики атомного ядра

Цель: определить показатель преломления стекла

Оборудование. 1. Пластика с параллельными гранями. 2. Пробка с булавками. 3. Чистый лист бумаги. 4. Лист картона. 5. Транспортир. 6. Таблица тригонометрических величин.

Теория. Свет при переходе из одной среды в другую меняет свое направление, т. е: преломляется. Преломление объясняется изменением скорости распространения света при переходе из одной среды в другую и подчиняется следующим законам:

Законы преломления света

3. Луч падающий, преломленный и перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости.
4. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{const} = n_{21}$$

Величина n_{21} называется **относительным показателем преломления** второй среды относительно первой.

Относительным показателем преломления n_{21} второй среды относительно первой называется отношение скоростей света v_1 и v_2 соответственно в первой и во второй средах (физический смысл относительного показателя преломления).

Показатель преломления среды относительно вакуума называется **абсолютным**. Он равен:

$$n = \frac{c}{v}$$

где c - скорость света в вакууме, v - скорость света в среде.

Абсолютный показатель преломления показывает, во сколько раз скорость света в вакууме больше скорости света в данной среде (в этом его физический смысл).

Порядок выполнения работы

11. Положить чистый лист бумаги с подложенным под ним картоном. На лист плашмя положить стеклянную пластинку и карандашом обвести ее контуры.
12. С одной стороны стекла наколоть как можно дальше друг от друга две булавки так, чтобы прямая, проходящая через них, не была перпендикулярна грани пластинки.
13. С другой стороны стекла наколоть третью и четвертую булавки так, чтобы, смотря вдоль них через стекло, видеть все булавки расположенными на одной прямой.
14. Стекло и булавки снять, места наколов отметить точками 1, 2, 3, 4 и через них провести прямые до пересечения с границами стекла (рисунок 1). Провести через точки 2 и 3 перпендикуляры к границе сред AB и CD .
15. Транспортиром измерить углы падения i и углы преломления r .
16. По таблице значений синусов определить синусы измеренных углов.
17. Вычислить коэффициент преломления.
18. Опыт повторить 2—3 раза.
19. Результаты измерений, вычислений и табличные данные записать в таблице.

№ опыта	Угол падения светового луча i , град	Угол преломления r , град	Коэффициент преломления n	Среднее значение коэффициента преломления	Абсолютная погрешность Δn	Среднее значение абсолютной погрешности	Относительная погрешность $\delta = \frac{\Delta n_{cp}}{n_{cp}} \cdot 100\%$
1.							
2.							
3.							

Таблица

20. Найти среднее значение коэффициента преломления и определить погрешности измерений.

$$\delta = \frac{\Delta n_{cp}}{n_{cp}} \cdot 100\%$$

Контрольные вопросы.

6. В каких случаях свет на границе раздела двух прозрачных сред не преломляется?
7. Какова причина преломления света?
8. В чем различие абсолютного и относительного коэффициентов преломления?
4. Коэффициент преломления воды 1,33. Что это значит?
9. Покажите на чертеже ход луча из стекла в воду.
10. Что можно сказать о длине и частоте светового луча при переходе его из одной среды в другую.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФИЗИКА

Методические указания по выполнению практических работ

Направление подготовки 04.03.01 Химия
Направленность (профиль)
Неорганическая и аналитическая химия

Ставрополь, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
Кинематика материальной точки.	
Динамика материальной точки.	
Работа и механическая энергия.	
Динамика твердого тела.	
Элементы специальной теории относительности	
Элементы гидро- и аэродинамики	
Колебательное движение	
Физика волн. Элементы акустики	
Основные представления молекулярно – кинетической теории газов.	
Идеальный газ. Уравнение Менделеева-Клапейрона.	
Распределения молекул идеального газа по скоростям и в поле потенциальных сил.	
Явления переноса в газах.	
Основы термодинамики.	
Второе и третье начала термодинамики.	
Реальные газы.	
Понятие о фазовых переходах.	
Жидкости и твердые тела.	
Электрическое поле в вакууме.	
Электрическое поле в веществе	
Электрическая емкость.	
Постоянный ток.	
Магнитное поле в вакууме.	
Магнитное поле в веществе	
Электромагнитная индукция.	
Уравнение Максвелла	
Электромагнитные колебания и волны	
Геометрическая оптика. Фотометрия	
Интерференция света.	
Дифракция света.	
Взаимодействие света с веществом	
Поляризация света.	
Квантовая оптика.	
Боровская теория атома.	
Элементы квантовой механики.	
Элементы физики атомов и молекул.	
Элементы физики атомного ядра.	

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность учебной дисциплины «Физика» обусловлена необходимостью формирования у будущих специалистов практических умений на которых базируется их профессиональная деятельность.

Процесс решения задач служит одним из средств овладения системой научных знаний по тому или иному учебному предмету. Особенно велика его роль при обучении физике, где задачи выступают действенным средством формирования основополагающих физических знаний и учебных умений. В процессе решения студенты овладевают методами исследования различных явлений природы, знакомятся с новыми прогрессивными идеями и научными открытиями, с новыми профессиями.

Систематическое решение задач способствует развитию мышления студентов, воспитывает трудолюбие, настойчивость и является хорошим средством контроля за знаниями, умениями и навыками.

Основными **целями** изучения курса являются:

- изучение основных законов физики и умение активно применять эти знания для анализа физико-химической сущности явлений;
- формирование умения строить физические модели и решать конкретные задачи заданной степени сложности;
- умение планировать, осуществлять и анализировать научный эксперимент, а также оценивать точность полученных результатов
- развитие навыков самостоятельной работы с литературой.

Достижение поставленных целей осуществляется путем комплексного преподавания дисциплины, что включает в себя:

- ознакомление в рамках лекционного курса с основными современными представлениями о строении и свойствах окружающей нас материи, а также современными астрофизическими представлениями;
- решение на практических занятиях физических задач по курсу;
- выполнение лабораторного практикума по курсу.

В результате изучения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ИД-1_{УК-1} выделяет проблемную ситуацию, осуществляет ее анализ и диагностику на основе системного подхода;

ИД-2_{УК-1} осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации

ИД-3_{УК-1} определяет и оценивает риски возможных вариантов решений проблемной ситуации, выбирает оптимальный вариант её решения.

ИД-1_{ОПК-4} использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности

ИД-2_{ОПК-4} обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик

ИД-3_{ОПК-4} интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений

В результате освоения дисциплины студент должен продемонстрировать:

Готовность выделять проблемную ситуацию, осуществлять ее анализ и диагностику на основе системного подхода

Готовность осуществлять поиск, отбор и систематизацию информации в области оптики для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации

Готовность определять и оценивать риски возможных вариантов решений проблемной ситуации, выбор оптимального варианта её решения.

Готовность использовать базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности

Готовность обрабатывать данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик

Готовность интерпретировать результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений

Цель данного практикума – описание последовательности, основного содержания, методики выполнения практических занятий по учебному курсу и (или) самостоятельной подготовки к ним. Занятия проводятся в форме практического занятия.

При решении задач практического занятия следует выполнять следующие правила оформления:

1. Условия задач переписываются полностью без сокращений. Обязательно записывается номер задачи с указанием номера лабораторного занятия.

2. Текст и графики должны быть выполнены без пометок и исправлений. Допускается оформление на компьютере.

3. Необходимо указать основные законы и формулы, на которых базируется решение, и дать формулировку этих законов, разъяснив буквенные обозначения формул. Если при решении задач применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физический закон или не являющаяся определением физической величины, то следует привести ее вывод.

4. Рекомендуются сделать чертеж, эскизный рисунок или построить график, поясняющий содержание задачи или ход решения.

5. Решения задач должны сопровождаться исчерпывающими, но краткими словесными объяснениями, раскрывающими физический смысл употребляемых формул.

6. Необходимо решить задачу в общем виде, т.е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи или введенных самостоятельно.

7. Ответ задачи в общем виде и числовое значение искомой величины с обязательным указанием размерности, предваряемые словом «**ОТВЕТ:**», записываются отдельно после решения. Решения отдельных задач разделяются.

8. В случае если задание при проверке не зачтено, студент обязан представить его на повторную проверку, включив в него те задачи, решения которых оказались неверными. Повторная работа представляется вместе с незачтенной работой.

9. Студент должен быть готов дать устные пояснения по существу решения задач, входящих в его расчетное задание.

10. При несоответствии оформления работы указанным требованиям она не будет зачтена.

СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Раздел 1. Механика.

Тема 1. Кинематика материальной точки.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Что называется материальной точкой? Почему в механике вводят такую модель?
2. Что такое система отсчета?
3. Что такое вектор перемещения? Всегда ли модуль вектора перемещения равен отрезку пути, пройденному точкой?
4. Какое движение называется поступательным? вращательным?
5. Какие системы координат вы можете предложить для описания положения точки в пространстве? Сколько независимых координат должно рассматриваться в этой системе?
6. Дать определения векторов средней скорости и среднего ускорения, мгновенной скорости и мгновенного ускорения. Каковы их направления?
7. До какого предела может увеличиваться ускорение движения по наклонной плоскости по мере увеличения ее наклона?
8. Что характеризует тангенциальная составляющая ускорения? нормальная составляющая ускорения? Каковы их модули?
9. Возможны ли движения, при которых отсутствует нормальное ускорение? тангенциальное ускорение? Приведите примеры.
10. Может ли скорость изменять только направление при постоянном ускорении?
11. Что называется полным ускорением?
12. Что называется угловой скоростью?
13. Что называется угловым ускорением?
14. Как определяются их направления?
15. Какова связь между линейными и угловыми величинами?
16. Что называется периодом и частотой вращения? Как они определяются?

Задачи для решения на занятии:

1. Кинематическое уравнение движения материальной точки по прямой (ось x) имеет вид $x = A + Bt + Ct^2$, где $A = 4$ м, $B = 2$ м/с, $C = -0,5$ м/с². Для момента времени $t = 2$ с определить: 1) координату x точки, 2) мгновенную скорость v , 3) мгновенное ускорение a .
2. Точка двигалась в течение $t_1 = 15$ с со скоростью $v_1 = 5$ м/с, в течение $t_2 = 10$ с со скоростью $v_2 = 8$ м/с и в течение $t_3 = 6$ с со скоростью $v_3 = 20$ м/с. Определить среднюю путевую скорость $\langle v \rangle$ точки.
3. Из одного и того же места начали равноускоренно двигаться в одном направлении две точки, причем вторая начала свое движение через 2 с после первой. Первая точка двигалась с начальной скоростью $v_1 = 1$ м/с и ускорением $a_1 = 2$ м/с², вторая – с

начальной скоростью $v_2 = 10$ м/с и ускорением $a_2 = 1$ м/с². Через сколько времени и на каком расстоянии от исходного положения вторая точка догонит первую?

4. Движения двух материальных точек выражаются уравнениями: $x_1 = A_1 + B_1 t + C_1 t^2$, $x_2 = A_2 + B_2 t + C_2 t^2$, где $A_1 = 20$ м, $A_2 = 2$ м, $B_1 = B_2 = 2$ м/с, $C_1 = -4$ м/с², $C_2 = 0,5$ м/с². В какой момент времени t скорости этих точек будут одинаковыми? Определить скорости v_1 и v_2 и ускорения a_1 и a_2 точек в этот момент.
5. С балкона бросили мячик вертикально вверх с начальной скоростью $v_0 = 5$ м/с. Через $t = 2$ с мячик упал на землю. Определить высоту балкона над землей и скорость мячика в момент удара о землю.
6. Точка движется по кривой с постоянным тангенциальным ускорением $a_\tau = 0,5$ м/с². Определить полное ускорение a точки на участке кривой с радиусом кривизны $R = 3$ м, если точка движется на этом участке со скоростью $v = 2$ м/с.
7. Движение точки по окружности радиусом $R = 4$ м задано уравнением $\xi = A + Bt + Ct^2$, где $A = 10$ м, $B = -2$ м/с, $C = 1$ м/с². Найти тангенциальное a_τ , нормальное a_n и полное a ускорения точки в момент времени $t = 2$ с.
8. С вышки бросили камень в горизонтальном направлении. Через промежуток времени $t = 2$ с камень упал на землю на расстоянии $S = 40$ м от основания вышки. Определить начальную v_0 и конечную v скорости камня.
9. Снаряд, выпущенный из орудия под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, дважды был на одной и той же высоте h : спустя время $t_1 = 10$ с и $t_2 = 50$ с после выстрела. Определить начальную скорость v_0 и высоту h .
10. Линейная скорость v_1 точек на окружности вращающегося диска равна 3 м/с. Точки, расположенные на $\Delta R = 10$ см ближе к оси, имеют линейную скорость $v_2 = 2$ м/с. Определить частоту вращения n диска.
11. Маховик начал вращаться равноускоренно и за промежуток времени $\Delta t = 10$ с достиг частоты вращения $n = 300$ мин⁻¹. Определить угловое ускорение ε маховика и число N оборотов, которое он сделал за это время.
12. Маховик, вращавшийся с постоянной частотой $n_0 = 10$ с⁻¹, при торможении начал вращаться равнозамедленно. Когда торможение прекратилось, вращение маховика снова стало равномерным, но уже с частотой $n = 6$ с⁻¹. Определить угловое ускорение ε маховика и продолжительность t торможения, если за время равнозамедленного движения маховик сделал $N = 50$ оборотов.
13. Винт аэросаней вращается с частотой $n = 360$ мин⁻¹. Скорость v поступательного движения аэросаней равна 54 км/ч. С какой скоростью u движется один из концов винта, если радиус R винта равен 1 м?

Задачи для самостоятельного решения:

1. Три четверти своего пути автомобиль прошел со скоростью $v_1 = 60$ км/ч, остальную часть пути – со скоростью $v_2 = 80$ км/ч. Какова средняя путевая скорость $\langle v \rangle$ автомобиля?
2. Движение материальной точки задано уравнением $x = At + Bt^2$, где $A = 4$ м/с, $B = -0,05$ м/с². Определить момент времени, в который скорость v точки равна нулю. Найти координату и ускорение в этот момент. Построить графики зависимости координаты, пути, скорости и ускорения этого движения от времени.
3. Рядом с поездом на одной линии с передними буферами паровоза стоит человек. В тот момент, когда поезд начал двигаться с ускорением $a = 0,1$ м/с², человек начал идти в том же направлении со скоростью $v = 1,5$ м/с. Через какое время t поезд догонит человека? Определить скорость v_1 поезда в этот момент и путь, пройденный за это время человеком.
4. Две материальные точки движутся согласно уравнениям: $x_1 = A_1 t + B_1 t^2 + C_1 t^3$, $x_2 = A_2 t + B_2 t^2 + C_2 t^3$, где $A_1 = 4$ м/с, $B_1 = 8$ м/с², $C_1 = -16$ м/с³, $A_2 = 2$ м/с, $B_2 = -4$ м/с²,

- $C_2 = 1 \text{ м/с}^3$. В какой момент времени t ускорения этих точек будут одинаковы? Найти скорости v_1 и v_2 точек в этот момент.
5. Вертикально вверх с начальной скоростью $v_0 = 20 \text{ м/с}$ брошен камень. Через $\tau = 1 \text{ с}$ после этого брошен вертикально вверх другой камень с такой же скоростью. На какой высоте h встретятся камни?
 6. Точка движется по окружности радиусом $R = 4 \text{ м}$. Начальная скорость v_0 точки равна 3 м/с , тангенциальное ускорение $a_\tau = 1 \text{ м/с}^2$. Для момента времени $t = 2 \text{ с}$ определить: 1) длину пути s , пройденного точкой; 2) модуль перемещения $|\Delta \vec{r}|$; 3) среднюю путевую скорость $\langle v \rangle$; 4) модуль вектора средней скорости $|\langle \vec{v} \rangle|$.
 7. Точка движется по окружности радиусом $R = 2 \text{ м}$ согласно уравнению $\xi = At^3$, где $A = 2 \text{ м/с}^3$. В какой момент времени t нормальное ускорение a_n точки будет равно тангенциальному a_τ . Определить полное ускорение a в этот момент.
 8. Тело, брошенное с башни в горизонтальном направлении со скоростью $v = 20 \text{ м/с}$, упало на землю на расстоянии s (от основания башни), вдвое большем высоты h башни. Найти высоту башни.
 9. Пуля пущена с начальной скоростью $v_0 = 200 \text{ м/с}$ под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Определить максимальную высоту H подъема, дальность s полета и радиус R кривизны траектории пули в ее наивысшей точке. Сопротивлением воздуха пренебречь.
 10. На цилиндр, который может вращаться около горизонтальной оси, намотана нить. К концу нити привязали грузик и предоставили ему возможность опускаться. Двигаясь равноускоренно, грузик за время $t = 3 \text{ с}$ опустился на $h = 1,5 \text{ м}$. Определить угловое ускорение ε цилиндра, если его радиус $r = 4 \text{ см}$.
 11. Диск радиусом $r = 10 \text{ см}$, находившийся в состоянии покоя, начал вращаться с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 0,5 \text{ рад/с}^2$. Найти тангенциальное a_τ , нормальное a_n и полное a ускорения точек на окружности диска в конце второй секунды после начала вращения.
 12. Велосипедное колесо вращается с частотой $\nu = 5 \text{ с}^{-1}$. Под действием сил трения оно остановилось через интервал времени $\Delta t = 1 \text{ мин}$. Определить угловое ускорение ε и число N оборотов, которое сделает колесо за это время.
 13. На токарном станке протачивается вал диаметром $d = 60 \text{ мм}$. Продольная подача h резца равна $0,5 \text{ мм}$ за один оборот. Какова скорость v резания, если за интервал времени $\Delta t = 1 \text{ мин}$ протачивается участок вала длиной $l = 12 \text{ см}$?

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 2. Динамика материальной точки.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед,

использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Сформулируйте первый закон Ньютона. Какие системы отсчёта называются инерциальными?
2. Почему система отсчёта, связанная с Землей, строго говоря, неинерциальна? В каких физических задачах можно считать инерциальной систему отсчёта, связанную с Землей?
3. Что такое сила? Как ее можно охарактеризовать?
4. Является ли первый закон Ньютона следствием второго закона? Почему?
5. Сформулируйте второй закон Ньютона. Что называется уравнением движения МТ?
6. В чем разница между прямой и обратной задачами динамики?
7. Всегда ли справедлив третий закон Ньютона? Приведите примеры, подтверждающие ответ.
8. Что такое вес тела? В чем отличие веса тела от силы тяжести?
9. Какие существуют виды сил трения? В чем отличия между ними?
10. На гладкой горизонтальной поверхности лежит шероховатая доска, на ней лежит брусок. Доску начинают двигать в горизонтальном направлении. Действует ли сила трения на брусок? на доску? в каком направлении?
11. Что такое силы инерции? Чем они отличаются от сил, действующих в инерциальных системах отсчёта?
12. Как направлены центробежная сила инерции и сила Кориолиса? Когда они проявляются?
13. Может ли сила Кориолиса изменить скорость частицы?
14. Автомобиль делает резкий поворот. Пассажир, сидящий у правой стенки оказался прижатым к ней. В какую сторону сделал поворот автомобиль?

Задачи для решения на занятии:

1. В лифте на пружинных весах находится тело массой $m = 10$ кг. Лифт движется с ускорением $a = 2$ м/с². Определить показания весов в двух случаях, когда ускорение лифта направлено: 1) вертикально вверх, 2) вертикально вниз.
2. На столе стоит тележка массой $m_1 = 4$ кг. К тележке привязан один конец шнура, перекинутого через блок. С каким ускорением a будет двигаться тележка, если к другому концу шнура привязать гирию массой $m_2 = 1$ кг?
3. На гладком столе лежит брусок массой $m = 4$ кг. К бруску привязаны два шнура, перекинутые через неподвижные блоки, прикрепленные к противоположным краям стола. К концам шнуров подвешены гири, массы которых $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг. Найти ускорение a , с которым движется брусок, и силу натяжения T каждого из шнуров. Массой блоков и трением пренебречь.
4. Два одинаковых однородных шара из одинакового материала, соприкасаясь друг с другом, притягиваются. Определить, как изменится сила притяжения, если массу шаров увеличить в $n = 4$ раза.
5. Наклонная плоскость, образующая угол $\alpha = 25^\circ$ с плоскостью горизонта, имеет длину $l = 2$ м. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с этой плоскости за время $t = 2$ с. Определить коэффициент трения f тела о плоскость.
6. Начальная скорость v_0 пули равна 800 м/с. При движении в воздухе за время $t = 0,8$ с ее скорость уменьшилась до $v = 200$ м/с. Масса m пули равна 10 г. Считая силу сопротивления воздуха пропорциональной квадрату скорости, определить коэффициент сопротивления k . Действием силы тяжести пренебречь.

7. К вертикальной проволоке длиной $l = 5$ м и площадью поперечного сечения $S = 2$ мм² подвешен груз массой $m = 5,1$ кг. В результате проволока удлинилась на $x = 0,6$ мм. Найти модуль Юнга E материала проволоки.
8. Автомобиль идет по закруглению шоссе, радиус R кривизны которого равен 200 м. Коэффициент трения f колес о покрытие дороги равен 0,1 (гололед). При какой скорости v автомобиля начнется его занос?

Задачи для самостоятельного решения:

1. На гладком столе лежит брусок массой $m = 4$ кг. К бруску привязан шнур, ко второму концу которого приложена сила $F = 10$ Н, направленная параллельно поверхности стола. Найти ускорение a бруска.
2. Два бруска массами $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 4$ кг, соединенные шнуром, лежат на столе. С каким ускорением a будут двигаться бруски, если к одному из них приложить силу $F = 10$ Н, направленную горизонтально? Какова будет сила натяжения T шнура, соединяющего бруски, если силу $F = 10$ Н приложить к первому бруску? ко второму бруску? Трением пренебречь.
3. Молот массой $m = 1$ т падает с высоты $h = 2$ м на наковальню. Длительность удара $t = 0,01$ с. Определить среднее значение силы $\langle F \rangle$ удара.
4. Брусок массой $m_2 = 5$ кг может свободно скользить по горизонтальной поверхности без трения. На нем находится другой брусок массой $m_1 = 1$ кг. Коэффициент трения соприкасающихся поверхностей брусков $f = 0,3$. Определить максимальное значение силы $F_{\max}$ приложенной к нижнему бруску, при которой начнется соскальзывание верхнего бруска.
5. Катер массой $m = 2$ т трогается с места и в течение времени $\tau = 10$ с развивает при движении по спокойной воде скорость $v = 4$ м/с. Определить силу тяги F мотора, считая ее постоянной. Принять силу сопротивления F_c движению пропорциональной скорости; коэффициент сопротивления $k = 100$ кг/с.
6. Самолет описывает петлю Нестерова радиусом $R = 200$ м. Во сколько раз сила F , с которой летчик давит на сиденье в нижней точке, больше силы тяжести P летчика, если скорость самолета $v = 100$ м/с?
7. Какую наибольшую скорость $v_{\max}$ может развить велосипедист, проезжая закругление радиусом $R = 50$ м, если коэффициент трения скольжения f между шинами и асфальтом равен 0,3? Каков угол φ отклонения велосипеда от вертикали, когда велосипедист движется по закруглению?
8. Определить силу F взаимного притяжения двух соприкасающихся железных шаров диаметром $d = 20$ см каждый.
9. К стальному стержню длиной $l = 3$ м и диаметром $d = 2$ см подвешен груз массой $m = 2,5 \cdot 10^3$ кг. Определить напряжение σ в стержне, относительное ε и абсолютное x удлинения стержня.
10. Проволока длиной $l = 2$ м и диаметром $d = 1$ мм натянута практически горизонтально. Когда к середине проволоки подвесили груз массой $m = 1$ кг, проволока растянулась настолько, что точка подвеса опустилась на $h = 4$ см. Определить модуль Юнга E материала проволоки.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 3. Работа и механическая энергия.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Что называется механической системой?
2. Каким свойством пространства обуславливается справедливость закона сохранения импульса? Почему?
3. Какие системы являются замкнутыми? консервативными? Является ли Вселенная замкнутой системой?
4. Можно ли применять закон сохранения импульса и к процессу столкновения и движения: а) пушечных ядер в воздухе? б) бильярдных шаров на гладком столе?
5. Пушка стоит на подвижной платформе. Ствол оружия направлен под углом α к поверхности Земли. Сохранится ли полный импульс системы после выстрела?
6. Многоступенчатая и одноступенчатая ракеты имеют одинаковую начальную массу и одинаковый запас горючего. У какой ракеты конечная скорость будет больше? Почему?
7. Какова связь между кинетической энергией материальной точки и работой, приложенных к точке сил?
8. Как связана потенциальная энергия материальной точки с работой консервативных сил?
9. Дайте определения и выведите формулы для известных вам видов механической энергии.
10. В чем суть закона сохранения механической энергии?
11. Необходимо ли условие замкнутости системы для выполнения закона сохранения механической энергии?
12. Может ли величина кинетической энергии тела быть больше его полной энергии?
13. Может ли совершать работу сила трения покоя?

Задачи для решения на занятии:

1. Шар массой $m = 0,3$ кг, двигаясь со скоростью $v = 10$ м/с, упруго ударяется о гладкую неподвижную стенку так, что скорость его направлена под углом $\alpha = 30^\circ$ к нормали. Определить импульс p , получаемый стенкой.
2. Два шара массами $m_1 = 2,5$ кг и $m_2 = 1,5$ кг движутся навстречу друг другу со скоростями $v_1 = 6$ м/с и $v_2 = 2$ м/с. Определить скорость u шаров после удара. Удар считать прямым, неупругим.
3. На железнодорожной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием $M = 15$ т. Орудие стреляет вверх под углом $\varphi = 60^\circ$ к горизонту в направлении пути. С какой скоростью v_1 покатится платформа вследствие отдачи, если масса снаряда $m = 20$ кг и он вылетает со скоростью $v_2 = 600$ м/с?
4. Ракета массой $m = 1$ т, запущенная с поверхности Земли вертикально вверх, поднимается с ускорением $a = 2g$. Скорость v струи газов, вырывающихся из сопла, равна 1200 м/с. Найти расход Q_m горючего.

5. Вертолет массой $m = 3,5$ т с ротором, диаметр d которого равен 18 м, «висит» в воздухе. С какой скоростью v ротор отбрасывает вертикально вниз струю воздуха? Диаметр струи считать равным диаметру ротора.
6. Под действием постоянной силы F вагонетка прошла путь $S = 5$ м и приобрела скорость $v = 2$ м/с. Определить работу A силы, если масса m вагонетки равна 400 кг и коэффициент трения $f = 0,01$.
7. С башни высотой 35 м горизонтально брошен камень массой 0,3 кг. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить: 1) скорость, с которой брошен камень, если через 1 с после начала движения его кинетическая энергия 60 Дж; 2) потенциальную энергию камня через 1 с после начала движения.
8. Пренебрегая трением, определить наименьшую высоту, с которой должна скатываться тележка с человеком по желобу, переходящему в петлю радиусом 10 м, чтобы она сделала полную петлю и не выпала из желоба.
9. Молот массой $m_1 = 200$ кг падает на поковку, масса m_2 , которой вместе с наковальной равна 2500 кг. Скорость v_1 молота в момент удара равна 2 м/с. Найти: 1) кинетическую энергию T_1 молота в момент удара; 2) энергию T_2 , переданную фундаменту; 3) энергию T , затраченную на деформацию поковки; 4) коэффициент полезного действия η (КПД) удара молота о поковку. Удар молота о поковку рассматривать как неупругий.
10. На рельсах стоит платформа, на которой закреплено орудие без противооткатного устройства так, что ствол его расположен в горизонтальном положении. Из орудия производят выстрел вдоль железнодорожного пути. Масса m_1 снаряда равна 10 кг, и его скорость $u_1 = 1$ км/с. На какое расстояние l откатится платформа после выстрела, если коэффициент сопротивления $f = 0,002$? $M_{\text{пл}} = 20$ т.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Шарик массой $m = 100$ г упал с высоты $h = 2,5$ м на горизонтальную плиту, масса которой много больше массы шарика, и отскочил от нее вверх. Считая удар абсолютно упругим, определить импульс p , полученный плитой.
2. Космический корабль имеет массу $m = 3,5$ т. При маневрировании из его двигателей вырывается струя газов со скоростью $v = 800$ м/с; расход горючего $Q_m = 0,2$ кг/с. Найти реактивную силу R двигателей и ускорение a , которое она сообщает кораблю.
3. Ракета, масса которой $M = 6$ т, поднимается вертикально вверх. Двигатель ракеты развивает силу тяги $F = 500$ кН. Определить ускорение a ракеты и силу натяжения T троса, свободно свисающего с ракеты, на расстоянии, равном $1/4$ его длины от точки прикрепления троса. Масса m троса равна 10 кг. Силой сопротивления воздуха пренебречь.
4. Шар массой $m = 10$ кг, движущийся со скоростью $v_1 = 4$ м/с, сталкивается с шаром массой $m = 4$ кг, скорость v_2 которого равна 12 м/с. Считая удар прямым, неупругим, найти скорость u шаров после удара в двух случаях: 1) малый шар нагоняет большой шар, движущийся в том же направлении; 2) шары движутся навстречу друг другу.
5. Снаряд массой $m = 10$ кг обладал скоростью $v = 200$ м/с в верхней точке траектории. В этой точке он разорвался на две части. Меньшая массой $m_1 = 3$ кг получила скорость $u_1 = 400$ м/с в прежнем направлении. Найти скорость u_2 второй, большей части после разрыва.
6. Вычислить работу A , совершаемую при равноускоренном подъеме груза массой $m = 100$ кг на высоту $h = 4$ м за время $t = 2$ с.
7. Тело массой $m = 1$ кг, брошенное с вышки в горизонтальном направлении со скоростью $v_0 = 20$ м/с, через $t = 3$ с упало на землю. Определить кинетическую энергию T , которую имело тело в момент удара о землю. Сопротивлением воздуха пренебречь.
8. Мотоциклист едет по горизонтальной дороге. Какую наименьшую скорость v он должен развить, чтобы, выключив мотор, проехать по треку, имеющему форму «мертвой петли» радиусом $R = 4$ м? Трением и сопротивлением воздуха пренебречь.

9. Два груза массами $m_1 = 10$ кг и $m_2 = 15$ кг подвешены на нитях длиной $l = 2$ м так, что грузы соприкасаются между собой. Меньший груз был отклонен на угол $\varphi = 60^\circ$ и выпущен. Определить высоту h , на которую поднимутся оба груза после удара. Удар грузов считать неупругим.
10. Боек свайного молота массой $m_1 = 500$ кг падает с некоторой высоты на сваю массой $m_2 = 100$ кг. Найти КПД η удара бойка, считая удар неупругим. Изменением потенциальной энергии сваи при углублении ее пренебречь.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 4. Динамика твердого тела.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Что такое момент инерции тела?
2. Какова роль момента инерции во вращательном движении?
3. Сформулируйте и поясните теорему Штейнера.
4. Что называют моментом импульса?
5. Что называется моментом силы относительно неподвижной точки? относительно неподвижной оси? Как определяется направление момента силы?
6. Выведите и сформулируйте уравнение динамики вращательного движения твердого тела.
7. Как связано изменение момента импульса тела с моментом силы, действующей на тело?
8. При каких условиях момент импульса тела остается неизменным?
9. В чем заключается физическая сущность закона сохранения момента импульса? В каких системах он выполняется? Приведите примеры.
10. Каким свойством симметрии пространства обуславливается справедливость закона сохранения момента импульса? Сопоставьте основные уравнения динамики поступательного и вращательного движений, прокомментировав их аналогию.
11. Какова формула для кинетической энергии тела, вращающегося вокруг неподвижной оси, и как ее вывести?

Задачи для решения на занятии:

1. Физический маятник представляет собой стержень длиной $l = 1$ м и массой $m_1 = 1$ кг с прикрепленным к одному из его концов диском массой $m_2 = 0,5m_1$. Определить момент инерции J_z такого маятника относительно оси Oz , проходящей через точку O на стержне перпендикулярно плоскости диска.

2. В однородном диске массой $m = 1$ кг и радиусом $r = 30$ см вырезано круглое отверстие диаметром $d = 20$ см, центр которого находится на расстоянии $l = 15$ см от оси диска. Найти момент инерции J полученного тела относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости диска через его центр.
3. Через блок в виде диска, имеющий массу $m = 80$ г, перекинута тонкая гибкая нить, к концам которой подвешены грузы массами $m_1 = 100$ г и $m_2 = 200$ г. С каким ускорением будут двигаться грузы, если их предоставить самим себе? Трением пренебречь.
4. Вал массой $m = 100$ кг и радиусом $R = 5$ см вращался с частотой $n = 8$ с⁻¹. К цилиндрической поверхности вала прижали тормозную колодку с силой $F = 40$ Н, под действием которой вал остановился через $t = 10$ с. Определить коэффициент трения f .
5. Маховик вращается по закону, выражаемому уравнением $\phi = A + Bt + Ct^2$, где $A = 2$ рад, $B = 16$ рад/с, $C = -2$ рад/с². Момент инерции J маховика равен 50 кг·м². Найти законы, по которым меняются вращающий момент M и мощность N . Чему равна мощность в момент времени $t = 3$ с?
6. Пуля массой $m = 10$ г летит со скоростью $v = 800$ м/с, вращаясь около продольной оси с частотой $n = 3000$ с⁻¹. Принимая пулю за цилиндр диаметром $d = 8$ мм, определить полную кинетическую энергию T пули.
7. Маховик в виде диска массой $m = 50$ кг и радиусом $r = 20$ см был раскручен до частоты вращения $n_1 = 480$ мин⁻¹ и затем предоставлен самому себе. Вследствие трения маховик остановился. Найти момент M сил трения, считая его постоянным для двух случаев: 1) маховик остановился через $t = 50$ с; 2) маховик до полной остановки сделал $N = 200$ оборотов.
8. Стержень длиной $l = 1,5$ м и массой $M = 10$ кг может вращаться вокруг неподвижной оси, проходящей через верхний конец стержня. В середину стержня ударяет пуля массой $m = 10$ г, летящая в горизонтальном направлении со скоростью $v_0 = 500$ м/с, и застревает в стержне. На какой угол ϕ отклонится стержень после удара?

Задачи для самостоятельного решения:

1. Два маленьких шарика массой $m = 10$ г каждый скреплены тонким невесомым стержнем длиной $l = 20$ см. Определить момент инерции J системы относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через центр масс.
2. Диаметр диска $d = 20$ см, масса $m = 800$ г. Определить момент инерции J диска относительно оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярно плоскости диска.
3. На горизонтальную ось насажены маховик и легкий шкив радиусом $R = 5$ см. На шкив намотан шнур, к которому привязан груз массой $m = 0,4$ кг. Опускаясь равноускоренно, груз прошел путь $s = 1,8$ м за время $t = 3$ с. Определить момент инерции J маховика. Массу шкива считать пренебрежимо малой.
4. Два тела массами $m_1 = 0,25$ кг и $m_2 = 0,15$ кг связаны тонкой нитью, переброшенной через блок (рис. 1). Блок укреплен на краю горизонтального стола, по поверхности которого скользит тело массой m_1 . С каким ускорением a движутся тела и каковы силы T_1 и T_2 натяжения нити по обе стороны от блока? Коэффициент трения f тела о поверхность стола равен 0,2. Масса m блока равна 0,1 кг и ее можно считать равномерно распределенной по ободу. Массой нити и трением в подшипниках оси блока пренебречь.
5. Платформа в виде диска радиусом $R = 1$ м вращается по инерции с частотой $n_1 = 6$ мин⁻¹. На краю платформы стоит человек, масса m которого равна 80 кг. С какой частотой n будет вращаться платформа, если человек перейдет в ее центр? Момент инерции J платформы равен 120 кг·м². Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

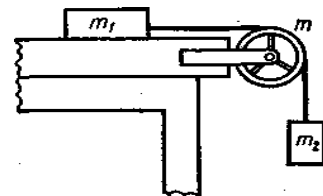


Рисунок 1

6. Маховик вращается по закону, выражаемому уравнением $\phi = A + Bt + Ct^2$, где $A = 2$ рад, $B = 32$ рад/с, $C = -4$ рад/с². Найти среднюю мощность $\langle N \rangle$, развиваемую силами, действующими на маховик при его вращении, до остановки, если его момент инерции $J = 100$ кг·м².
7. Кинетическая энергия T вращающегося маховика равна 1 кДж. Под действием постоянного тормозящего момента маховик начал вращаться равнозамедленно и, сделав $N = 80$ оборотов, остановился. Определить момент M силы торможения.
8. Определить линейную скорость v центра шара, скатившегося без скольжения с наклонной плоскости высотой $h = 1$ м.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика.

Тема 5. Введение. Основные представления молекулярно – кинетической теории газов.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Золото и платина тонут в воде. Почему же эти металлы, раздробленные до частиц размером 10^{-7} – 10^{-5} см, заполняя весь сосуд с водой, не оседают на дно?
2. Объясните исчезновение дыма в воздухе (явление, выражаемое словами «Дым тает в воздухе»).
3. Из сырого дерева выточили два шара. Поверхность одного из них покрыли спиртовым лаком. Почему шар, поверхность которого не покрывали лаком, через некоторое время растрескался, а шар, покрытый лаком, остался целым?
4. Сливки на молоке быстрее отстаиваются в холодном помещении. Почему?
5. Почему в горячей воде сахар растворяется скорее, чем в холодной?

Задачи для решения на занятии:

1. Определить массу молекулы: 1) углекислого газа; 2) поваренной соли.
2. Определить количество вещества и число молекул азота массой 0,2 кг.
3. Капля масла объемом $2,4 \cdot 10^{-5}$ см³ растеклась по поверхности воды, образовав пленку площадью 0,6 дм². Определить поперечник молекулы масла и объем молекулы.
4. В баллоне вместимостью 3 л находится кислород массой 4 г. Определить количество вещества и число молекул газа.
5. Кислород при нормальных условиях заполняет сосуд вместимостью 11,2 л. Определить количество вещества газа и его массу.

6. В сосуде вместимостью 5 л находится однородный газ количеством вещества 0,2 моль. Определить, какой это газ, если его плотность 1,12 кг/м³.
7. Одна треть молекул азота массой 10 г распалась на атомы. Определить полное число частиц, находящихся в газе.
8. Рассматривая молекулы жидкости как шарики, соприкасающиеся друг с другом, оценить порядок размера диаметра молекулы сероуглерода CS₂. При тех же предположениях оценить порядок размера диаметра атомов ртути. Плотности жидкостей считать известными.

Задачи для самостоятельного решения:

1. В сосуде вместимостью 2 л находится кислород, количество вещества которого равно 0,2 моль. Определить плотность газа.
2. В сосуде вместимостью 1,12 л находится азот при нормальных условиях. Часть молекул газа при нагревании до некоторой температуры оказалась диссоциированной на атомы. Степень диссоциации $\alpha = 0,3$. Определить количество вещества: 1) азота до нагревания; 2) молекулярного азота после нагревания; 3) атомарного азота после нагревания; 4) всего азота после нагревания.

Примечание. Степенью диссоциации называют отношение числа молекул, распавшихся на атомы, к общему числу молекул газа. Степень диссоциации показывает, какая часть молекул распалась на атомы.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 6. Идеальный газ. Уравнение Менделеева-Клапейрона.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Почему при одинаковом давлении горячий воздух легче холодного?
2. Почему электрические лампочки накаливания заполняются инертным газом при давлении, существенно меньшем атмосферного?
3. Начертите графики изотермического, изобарического и изохорического процессов идеального газа в координатах p - V , p - T , V - T . Сравните между собой графики одинаковых процессов в различных системах координат.
4. Состояние газа изображается некоторой точкой на p - V диаграмме. Начертите график изменения состояния газа, если сначала газ нагревают при постоянном давлении, а затем охлаждают при постоянном объеме.
5. При нагревании газа получена зависимость давления от температуры (рис. 2) Определите, сжимался или расширялся газ во время нагревания?

Задачи для решения на занятии:

1. В колбе вместимостью 100 см^3 содержится некоторый газ при температуре 300 К . На сколько понизится давление газа в колбе, если вследствие утечки из колбы выйдет 10^{20} молекул?
2. Определить число молекул ртути, содержащихся в воздухе объемом 1 м^3 в помещении, зараженном ртутью, при температуре 20°C , если давление насыщенного пара ртути при этой температуре равно $0,13 \text{ Па}$.
3. Во сколько раз плотность воздуха, заполняющего помещение зимой (температура 7°C), больше его плотности летом (температура 37°C)? Давление газа считать постоянным.
4. Колба вместимостью 300 см^3 , закрытая пробкой с краном, содержит разреженный воздух. Для измерения давления в колбе горлышко колбы погрузили в воду на незначительную глубину и открыли кран, в результате чего в колбу вошла вода массой 292 г . Определить первоначальное давление в колбе, если атмосферное давление 100 кПа .
5. Какой объем занимает смесь газов – азота массой 1 кг и гелия массой 1 кг – при нормальных условиях?
6. В баллонах вместимостью 20 л и 44 л содержится газ. Давление в первом баллоне $2,4 \text{ МПа}$, во втором – $1,6 \text{ МПа}$. Определить общее давление и парциальные p'_1 и p'_2 после соединения баллонов, если температура газа осталась прежней.
7. Сухой воздух состоит в основном из кислорода и азота. Если пренебречь остальными составными частями воздуха, то можно считать, что массовые доли кислорода и азота соответственно $\omega_1=0,232$, $\omega_2=0,768$. Определить относительную молекулярную массу воздуха.
8. В сосуде вместимостью 15 л находится смесь азота и водорода при температуре 23°C и давлении 200 кПа . Определить массы смеси и ее компонентов, если массовая доля ω_1 азота в смеси равна $0,7$.

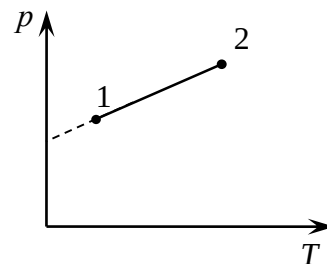
Задачи для самостоятельного решения:

1. В баллоне вместимостью 5 л находится азот массой $17,5 \text{ г}$. Определить концентрацию молекул азота в баллоне.
2. Баллон вместимостью 5 л содержит смесь гелия и водорода при давлении 600 кПа . Масса смеси равна 4 г , массовая доля гелия равна $0,6$. Определить температуру смеси.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.



Тема 7. Распределения молекул идеального газа по скоростям и в поле потенциальных сил.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические

вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Какой физический смысл имеет функция распределения молекул по скоростям?
2. Чему равна ограниченная кривой распределения молекул по скоростям площадь?
3. Как изменяются с температурой положение максимума кривой функции распределения молекул по скоростям и его высота?
4. Во сколько раз и как изменится средняя скорость движения молекул при переходе от кислорода к водороду?
5. В чем суть распределения Больцмана?

Задачи для решения на занятии:

1. Найти среднюю квадратичную, среднюю арифметическую и наиболее вероятную скорости молекул водорода. Вычисления выполнить для трех значений температуры: 1) 20 К; 2) 300 К; 3) 5 кК.
2. При какой температуре молекулы кислорода имеют такую же среднюю квадратичную скорость, как молекулы водорода при температуре 100 К?
3. Колба вместимостью 4 л содержит некоторый газ массой 0,6 г под давлением 200 кПа. Определить среднюю квадратичную скорость молекул газа.
4. Определить наиболее вероятную скорость молекул газа, плотность которого при давлении 40 кПа составляет $0,35 \text{ кг/м}^3$.
5. Определить среднюю арифметическую скорость молекул газа, если их средняя квадратичная скорость 1 км/с.
6. В момент взрыва атомной бомбы развивается температура 10^7 К . Считая, что при такой температуре все молекулы полностью диссоциированы на атомы, а атомы ионизированы, найти среднюю квадратичную скорость иона водорода.
7. Пылинки, взвешенные в воздухе, имеют массу 10^{-18} г . Во сколько раз уменьшится их концентрация при увеличении высоты на $\Delta h = 10 \text{ м}$? Температура воздуха 300 К.
8. На какой высоте над поверхностью Земли атмосферное давление вдвое меньше, чем на ее поверхности? Считать, что температура воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Во сколько, раз средняя квадратичная скорость молекул кислорода больше средней квадратичной скорости пылинки массой 10^{-8} г , находящейся среди молекул кислорода?
2. Барометр в кабине летящего вертолета показывает давление 90 кПа. На какой высоте летит вертолет, если на взлетной площадке барометр показывал давление 100 Па? Считать, что температура воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 8. Явления переноса в газах.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Зависит ли средняя длина свободного пробега молекул от температуры газа?
2. Как изменится средняя длина свободного пробега молекул с увеличением давления?
3. Как зависит диффузия от температуры при изобарном и изохорном процессах?
4. Как зависит динамическая вязкость от температуры при следующих процессах: 1) изобарном; 2) изохорном? Изобразить эти зависимости на графиках.
5. Как зависит теплопроводность от давления при изотермическом и изохорном процессах? Изобразить эти зависимости на графиках.

Задачи для решения на занятии:

1. Найти среднюю длину свободного пробега молекул водорода при давлении 0,1 Па и температуре 100 К.
2. Найти среднее число столкновений, испытываемых в течение 1 с молекулой кислорода при нормальных условиях.
3. Можно ли считать вакуум с давлением 100 мкПа высоким, если он создан в колбе диаметром 20 см, содержащей азот при температуре 280 К?
4. При каком давлении средняя длина свободного пробега молекул азота равна 1 м, если температура газа равна 300 К?
5. Вычислить коэффициент диффузии азота: 1) при нормальных условиях; 2) при давлении 100 Па и температуре 300 К.
6. Найти динамическую вязкость гелия при нормальных условиях, если диффузия при тех же условиях равна $1,06 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$.
7. Вычислить динамическую вязкость кислорода при нормальных условиях.
8. Коэффициенты диффузии и внутреннего трения при некоторых условиях равны соответственно $1,42 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ и 8,5 мкПа·с. Определить концентрацию молекул воздуха при этих условиях.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Вычислить теплопроводность гелия при нормальных условиях.
2. Определить, во сколько раз отличается коэффициент диффузии газообразного водорода от коэффициента диффузии газообразного кислорода, если оба газа находятся при одинаковых условиях.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 9. Основы термодинамики.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Как изменяется температура идеального газа в процессе квазистатического адиабатного расширения?
2. Почему при холостых выстрелах ствол пушки нагревается сильнее, чем при стрельбе снарядами?
3. После сильного шторма вода в море становится теплее. Почему?
4. Почему при распиливании дерева пила нагревается до более высокой температуры, чем дерево?
5. Изменится ли соотношение $\gamma = C_p/C_v$ газа, если все молекулы этого газа диссоциируют на атомы?

Задачи для решения на занятии:

1. *Разность* удельных теплоемкостей $c_p - c_v$ некоторого двухатомного газа равна 260 Дж/(кг·К). Найти молярную массу газа, его удельные теплоемкости c_v и c_p .
2. Каковы удельные теплоемкости c_v и c_p смеси газов, содержащей кислород массой 10 г и азот массой 20 г?
3. Водород массой 4 г был нагрет на 10 К при постоянном давлении. Определить работу расширения газа.
4. Какая работа совершается при изотермическом расширении водорода массой 5 г, взятого при температуре 290 К, если объем газа увеличивается в три раза?
5. При адиабатном сжатии кислорода массой 1 кг совершена работа 100 кДж. Определить конечную температуру газа, если до сжатия кислород находился при температуре 300 К.
6. Водород занимает объем 10 м³ при давлении 100 кПа. Газ нагрели при постоянном объеме до давления 300 кПа. Определить: 1) изменение внутренней энергии газа; 2) работу, совершенную газом; 3) количество теплоты, сообщенное газу.
7. Азот нагревался при постоянном давлении, причем ему было сообщено количество теплоты 21 кДж. Определить работу, которую совершил при этом газ, и изменение его внутренней энергии.
8. Гелий массой 1 г был нагрет на 100 К при постоянном давлении. Определить: 1) количество теплоты, переданное газу; 2) работу расширения; 3) приращение внутренней энергии газа.
9. Водород при нормальных условиях имел объем 100 м³. Найти изменение внутренней энергии газа при его адиабатном расширении до объема 150 м³.
10. В цилиндре под поршнем находится азот массой 0,6 кг, занимающий объем 1,2 м³ при температуре 560 К. В результате подвода теплоты газ расширился и занял объем 4,2 м³, причем температура осталась неизменной. Найти: 1) изменение внутренней энергии газа; 2) совершенную им работу; 3) количество теплоты, сообщенное газу.
11. Горючая смесь в двигателе дизеля воспламеняется при температуре 1,1 кК. Начальная температура смеси 350 К. Во сколько раз нужно уменьшить объем смеси при сжатии, чтобы она воспламенилась? Сжатие считать адиабатным. Показатель адиабаты для смеси принять равным 1,4.

12. Автомобильная шина накачена до давления 220 кПа при температуре 290 К. Во время движения она нагрелась до температуры 330 К и лопнула. Считая процесс, происходящий после повреждения шины, адиабатным, определить изменение температуры вышедшего из нее воздуха. Внешнее давление воздуха равно 100 кПа.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Найти показатель адиабаты γ для смеси газов, содержащей гелий массой 10 г и водород массой 4 г.
2. Газ, занимавший объем 12 л под давлением 100 кПа, был изобарно нагрет от температуры 300 К до 400 К. Определить работу расширения газа.
3. Гелий массой 1 г был нагрет на 100 К при постоянном давлении. Определить: 1) количество теплоты, переданное газу; 2) работу расширения; 3) приращение внутренней энергии газа.
4. Углекислый газ массой 400 г был нагрет на 50 К при постоянном давлении. Определить изменение внутренней энергии газа, количество теплоты, полученное газом, и совершенную им работу.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 10. Второе и третье начала термодинамики.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Восходящий от поверхности земли поток воздуха представляет собой своеобразный тепловой двигатель. Укажите в нем основные части, присущие любому тепловому двигателю.
2. Станет ли к.п.д. тепловой машины равным 100 %, если трение в частях машины свести к нулю?
3. Понизится ли температура в комнате, если открыть дверцу работающего холодильника?
4. Почему в качестве источников энергии затруднительно использовать внутреннюю энергию вод мирового океана и земной атмосферы?
5. Представьте цикл Карно на диаграмме p, V . Графически, укажите, какой площадью определяется: 1) работа, совершенная над газом; 2) работа, совершенная самим расширяющимся газом.
6. В каком направлении может изменяться энтропия замкнутой системы?
7. В каком направлении может изменяться энтропия незамкнутой системы?

8. Дайте понятие энтропии (определение, размерность, математическое выражение для различных процессов).
9. Изобразите в системе координат T, S изотермический процесс.
10. Изобразите в системе координат T, S адиабатический процесс.

Задачи для решения на занятии:

1. В результате кругового процесса газ совершил работу 1 Дж и передал охладителю количество теплоты 4,2 Дж. Определить термический КПД цикла.
2. Идеальный газ, совершающий цикл Карно, $2/3$ количества теплоты₁, полученного от нагревателя, отдает охладителю. Температура охладителя равна 280 К. Определить температуру нагревателя.
3. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя в три раза выше температуры охладителя. Нагреватель передал газу количество теплоты 42 кДж. Какую работу совершил газ?
4. Идеальный газ совершает цикл Карно, термический КПД которого равен 0,3. Определить работу изотермического сжатия газа, если работа изотермического расширения составляет 300 Дж.
5. Идеальный многоатомный газ совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар, причем наибольшее давление газа в два раза больше наименьшего, а наибольший объем в четыре раза больше наименьшего. Определить термический КПД цикла.
6. Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа изотермического расширения газа равна 5 Дж. Определить работу изотермического сжатия, если термический КПД цикла равен 0,2.
7. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя равна 470 К, температура охладителя равна 280 К. При изотермическом расширении газ совершает работу 100 Дж. Определить термический КПД цикла, а также количество теплоты, которое газ отдает охладителю при изотермическом сжатии.
8. Идеальный газ, совершающий цикл Карно, получив от нагревателя количество теплоты 4,2 кДж, совершил работу 590 Дж. Найти термический КПД этого цикла. Во сколько раз температура нагревателя больше температуры охладителя?
9. Смешали воду массой 5 кг при температуре 280 К с водой массой 8 кг при температуре 350 К. Найти: 1) температуру смеси; 2) изменение энтропии, происходящее при смешивании.
10. В результате изохорного нагревания водорода массой 1 г давление газа увеличилось в два раза. Определить изменение энтропии газа.
11. Кусок льда массой 200 г, взятый при температуре -10°C , был нагрет до температуры 0°C и расплавлен, после чего образовавшаяся вода была нагрета до температуры 10°C . Определить изменение энтропии в ходе указанных процессов.
12. Кислород массой 2 кг увеличил свой объем в 5 раз один раз изотермически, другой – адиабатно. Найти изменения энтропии в каждом из указанных процессов.
13. Водород массой 100 г был изобарно нагрет так, что объем его увеличился в 3 раза, затем водород был изохорно охлажден так, что давление его уменьшилось в 3 раза. Найти изменение энтропии в ходе указанных процессов.
14. Неон находится при температуре 300 К. определить конечную температуру в конце адиабатного сжатия в случае, если объем газа уменьшается в 5 раз.
15. Определить изменение энтропии при нагревании до кипения 1000 г воды, взятой при температуре 300 К, и превращении ее в пар при температуре кипения и нормальном атмосферном давлении.
16. Водород в количестве 6 моль находится под давлением 1 МПа и температуре 300 К. При изохорном нагревании давление выросло на 1,5 МПа. Определить изменение: 1) внутренней энергии, 2) энтальпии, 3) энтропии.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Совершая замкнутый процесс, газ получил от нагревателя количество теплоты 4 кДж. Определить работу газа при протекании цикла, если его термический КПД равен 0,1.
2. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура охладителя равна 290 К. Во сколько раз увеличится КПД цикла, если температура нагревателя повысится от 400 К до 600 К?
3. Найти изменение энтропии при изобарном расширении азота массой 4 г от объема 5 л до объема 9 л.
4. Лед массой 2 кг при температуре 0°C был превращен в воду той же температуры с помощью пара, имеющего температуру 100°C. Определить массу израсходованного пара. Каково изменение энтропии системы лед – пар?

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 11. Реальные газы.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Чем отличаются реальные газы от идеальных?
2. Каков смысл поправок при выводе уравнения Ван-дер-Ваальса?
3. Начертите в координатах p - V три изотермы для вещества при температурах ниже критической, критической и выше критической. Укажите на диаграмме точки, соответствующие критическому объему и давлению.
4. Имеются три непрозрачных цилиндра, закрытых подвижными поршнями. Известно, что в одном цилиндре находится газ при температуре выше критической, в другом – насыщенный, а в третьем – ненасыщенный пар. Как определить, что находится в каждом из цилиндров?
5. Температура воздуха 30 °С. Возможно ли, производя соответствующее давление, обратить при этой температуре углекислый газ в жидкое состояние?

Задачи для решения на занятии:

1. В сосуде вместимостью 10 л находится азот массой 0,25 кг. Определить: 1) внутреннее давление газа; 2) собственный объем молекул. (Поправки Ван-дер-Ваальса для азота $a = 0,135 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$, $b = 3,86 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$).
2. Определить давление, которое будет производить кислород, содержащий количество вещества 1 моль, если он занимает объём 0,5 л при температуре 300 К. Сравнить полученный результат с давлением, вычисленным по уравнению Менделеева – Клапейрона. (Поправки Ван-дер-Ваальса для кислорода $a = 0,136 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$, $b = 3,17 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$).

3. Давление кислорода равно 7 МПа, его плотность 100 кг/м^3 . Найти температуру кислорода. (Поправки Ван-дер-Ваальса для кислорода $a = 0,136 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$, $b = 3,17\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$).
4. В сосуде вместимостью 0,3 л находится углекислый газ, содержащий количество вещества 1 моль при температуре 300 К. Определить давление газа: 1) по уравнению Менделеева–Клапейрона; 2) по уравнению Ван-дер-Ваальса. (Поправки Ван-дер-Ваальса для углекислого газа $a = 0,361 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$, $b = 4,28\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$).
5. Аргон, содержащий количество вещества 1 моль, находится при температуре 300 К. Определить относительную погрешность $\varepsilon = \Delta p/p$, которая будет допущена при вычислении давления, если вместо уравнения Ван-дер-Ваальса воспользоваться уравнением Менделеева–Клапейрона. Вычисления выполнить для двух значений объема: 1) $V = 2 \text{ л}$; 2) $V = 0,2 \text{ л}$. (Поправки Ван-дер-Ваальса для аргона $a = 0,134 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$, $b = 3,22\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$).
6. Вычислить постоянные a и b в уравнении Ван-дер-Ваальса для азота, если известны критические температуры $T_{кр}=126 \text{ К}$ и давление $p_{кр}=3,39 \text{ МПа}$.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Определить давление водяного пара массой 1 кг, взятого при температуре 380 К и объеме: 1) 1000 л; 2) 10 л; 3) 2 л. (Поправки Ван-дер-Ваальса для водяного пара $a = 0,545 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$, $b = 3,04\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$).
2. Вычислить критические температуру $T_{кр}$ и давление $p_{кр}$: 1) кислорода; 2) воды.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 12. Понятие о фазовых переходах.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Чем отличаются реальные газы от идеальных?
2. Каков смысл поправок при выводе уравнения Ван-дер-Ваальса?
3. Начертите в координатах p - V три изотермы для вещества при температурах ниже критической, критической и выше критической. Укажите на диаграмме точки, соответствующие критическому объему и давлению.
4. Имеются три непрозрачных цилиндра, закрытых подвижными поршнями. Известно, что в одном цилиндре находится газ при температуре выше критической, в другом – насыщенный, а в третьем – ненасыщенный пар. Как определить, что находится в каждом из цилиндров?

5. Температура воздуха 30 °С. Возможно ли, производя соответствующее давление, обратить при этой температуре углекислый газ в жидкое состояние?

Задачи для решения на занятии:

7. В сосуде вместимостью 10 л находится азот массой 0,25 кг. Определить: 1) внутреннее давление газа; 2) собственный объем молекул. (Поправки Ван-дер-Ваальса для азота $a = 0,135 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$, $b = 3,86 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$).
8. Определить давление, которое будет производить кислород, содержащий количество вещества 1 моль, если он занимает объем 0,5 л при температуре 300 К. Сравнить полученный результат с давлением, вычисленным по уравнению Менделеева – Клапейрона. (Поправки Ван-дер-Ваальса для кислорода $a = 0,136 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$, $b = 3,17 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$).
9. Давление кислорода равно 7 МПа, его плотность 100 кг/м³. Найти температуру кислорода. (Поправки Ван-дер-Ваальса для кислорода $a = 0,136 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$, $b = 3,17 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$).
10. В сосуде вместимостью 0,3 л находится углекислый газ, содержащий количество вещества 1 моль при температуре 300 К. Определить давление газа: 1) по уравнению Менделеева–Клапейрона; 2) по уравнению Ван-дер-Ваальса. (Поправки Ван-дер-Ваальса для углекислого газа $a = 0,361 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$, $b = 4,28 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$).
11. Аргон, содержащий количество вещества 1 моль, находится при температуре 300 К. Определить относительную погрешность $\varepsilon = \Delta p/p$, которая будет допущена при вычислении давления, если вместо уравнения Ван-дер-Ваальса воспользоваться уравнением Менделеева–Клапейрона. Вычисления выполнить для двух значений объема: 1) $V = 2 \text{ л}$; 2) $V = 0,2 \text{ л}$. (Поправки Ван-дер-Ваальса для аргона $a = 0,134 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$, $b = 3,22 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$).
12. Вычислить постоянные a и b в уравнении Ван-дер-Ваальса для азота, если известны критические температуры $T_{кр}=126 \text{ К}$ и давление $p_{кр}=3,39 \text{ МПа}$.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Определить давление водяного пара массой 1 кг, взятого при температуре 380 К и объеме: 1) 1000 л; 2) 10 л; 3) 2 л. (Поправки Ван-дер-Ваальса для водяного пара $a = 0,545 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$, $b = 3,04 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$).
2. Вычислить критические температуру $T_{кр}$ и давление $p_{кр}$: 1) кислорода; 2) воды.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 13. Жидкости и твердые тела.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении

задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Почему расплавленный жир плавает на поверхности воды в виде кружков?
2. Почему плохо вытираются руки шерстяной или шелковой тканью?
3. Колба из стекла заполнена наполовину ртутью и наполовину водой. Какую форму примут жидкости в условиях невесомости?
4. Бидон с керосином или бензином нельзя закрывать пробкой, обернутой тряпкой. Почему?
5. Деревянная дощечка, положенная на дно сосуда, который затем заполняют водой, всплывает. Стеклянная пластинка, положенная на дно стеклянного сосуда, затем заполненного ртутью, не всплывает, хотя ее плавучесть в ртути гораздо больше, чем дерева в воде. Почему?

Задачи для решения на занятии:

1. Масса 100 капель спирта, вытекающего из капилляра, равна 0,71 г. Определить поверхностное натяжение спирта, если диаметр шейки капли в момент отрыва равен 1 мм.
2. Трубка имеет диаметр 0,2 см. На нижнем конце трубки повисла капля воды, имеющая в момент отрыва вид шарика. Найти диаметр этой капли.
3. Какую работу нужно совершить, чтобы, выдувая мыльный пузырь, увеличить его диаметр от 1 см до 11 см? Считать процесс изотермическим.
4. Две капли ртути радиусом 1 мм каждая слились в одну большую каплю. Какая энергия выделится при этом слиянии? Считать процесс изотермическим.
5. Воздушный пузырек диаметром 2 мкм находится в воде у самой ее поверхности. Определить плотность воздуха в пузырьке, если воздух над поверхностью воды находится при нормальных условиях.
6. В воду опущена на очень малую глубину стеклянная трубка с диаметром внутреннего канала, равным 1 мм. Найти массу вошедшей воды.
7. На какую высоту поднимается вода между двумя параллельными друг другу стеклянными пластинками, если расстояние между ними равно 0,2 мм?
8. Глицерин поднялся в капиллярной трубке на высоту 20 мм. Определить поверхностное натяжение глицерина, если диаметр канала трубки равен 1 мм.

Задачи для самостоятельного решения:

1. На сколько давление воздуха внутри мыльного пузыря больше атмосферного давления, если диаметр пузыря 5 мм?
2. Капиллярная трубка диаметром 0,5 мм наполнена водой. На нижнем конце трубки вода повисла в виде капли. Эту каплю можно принять за часть сферы радиуса 3 мм. Найти высоту столбика воды в трубке.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Раздел 3. Электродинамика.

Тема 14. Электрическое поле в вакууме.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Записать закон Кулона в полевой форме.
2. В чем смысл принципа суперпозиции?
3. Чему равна напряженность электрического поля внутри заряженной металлической сферы на расстоянии равном половине ее радиуса от центра?
4. Чему равен поток вектора $\vec{E}$ через произвольную замкнутую поверхность S ?
5. Как называют поля циркуляция вектора напряженности которых по замкнутому контуру равна нулю?
6. Дать определение потенциала.
7. В чем заключается принцип суперпозиции для потенциала?
8. Как направлен вектор $\vec{E}$ по отношению к нормали эквипотенциальной поверхности? Почему?

Задачи для решения на занятии:

1. Даны два шарика массой $m = 1$ г каждый. Какой заряд Q нужно сообщить каждому шару, чтобы сила взаимного отталкивания зарядов уравновесила силу взаимного притяжения шариков по закону тяготения Ньютона? Рассматривать шарики как материальные точки.
2. Два одинаковых проводящих заряженных шара находятся на расстоянии $r = 60$ см. Сила отталкивания F_1 шаров равна 70 мкН. После того как шары привели в соприкосновение и удалили друг от друга на прежнее расстояние, сила отталкивания возросла и стала равной $F_2 = 160$ мкН. Вычислить заряды Q_1 и Q_2 , которые были на шарах до их соприкосновений. Диаметр шаров считать много меньшим расстояния между ними.
3. Три одинаковых заряда $Q = 1$ нКл каждый расположены по вершинам равностороннего треугольника. Какой отрицательный заряд Q_1 нужно поместить в центре треугольника, чтобы его притяжение уравновесило силы взаимного отталкивания зарядов?
4. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами $Q_1 = 10$ нКл и $Q_2 = -20$ нКл, находящимися на расстоянии $d = 20$ см друг от друга. Определить напряженность E поля в точке, удаленной от первого заряда на $r_1 = 30$ см и от второго на $r_2 = 50$ см.
5. Расстояние d между двумя точечными положительными зарядами $Q_1 = 9Q$ и $Q_2 = Q$ равно 8 см. На каком расстоянии r от первого заряда находится точка, в которой напряженность E поля зарядов равна нулю? Где находилась бы эта точка, если бы второй заряд был отрицательным?
6. Тонкое кольцо радиусом $R = 8$ см несет заряд, равномерно распределенный с линейной плотностью $\tau = 10$ нКл/м. Какова напряженность E электрического поля в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние $r = 10$ см?
7. На металлической сфере радиусом $R = 10$ см находится заряд $Q = 1$ нКл. Определить напряженность E электрического поля в следующих точках: 1) на расстоянии $r_1 = 8$ см от центра сферы; 2) на ее поверхности; 3) на расстоянии $r_2 = 15$ см от центра сферы. Построить график зависимости E от r .

8. Прямой металлический стержень диаметром $d = 5$ см и длиной $l = 4$ м несет равномерно распределенный по его поверхности заряд $Q = 500$ нКл. Определить напряженность E поля в точке, находящейся против середины стержня на расстоянии $a = 1$ см от его поверхности.
9. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими равномерно распределенный по площади заряд с поверхностными плотностями $\sigma_1 = 2$ нКл/м² и $\sigma_2 = -5$ нКл/м². Определить напряженность E поля: 1) между пластинами; 2) вне пластин. Построить график изменения напряженности вдоль линии, перпендикулярной пластинам.
10. При перемещении заряда $Q = 20$ нКл между двумя точками поля внешними силами была совершена работа $A = 4$ мкДж. Определить работу A_1 сил поля и разность $\Delta\varphi$ потенциалов этих точек поля.
11. Определить потенциал φ электрического поля в точке, удаленной от зарядов $Q_1 = -0,2$ мкКл и $Q_2 = 0,5$ мкКл соответственно на $r_1 = 15$ см и $r_2 = 25$ см.
12. На отрезке тонкого прямого проводника равномерно распределен заряд с линейной плотностью $\tau = 10$ нКл/м. Вычислить потенциал φ , создаваемый этим зарядом в точке, расположенной на оси проводника и удаленной от ближайшего конца отрезка на расстояние, равное длине этого отрезка.
13. Металлический шар радиусом $R_1 = 10$ см заряжен до потенциала $\varphi_1 = 300$ В. Определить потенциал φ_2 этого шара в двух случаях: 1) после того, как его окружают сферической проводящей оболочкой радиусом $R_2 = 15$ см и на короткое время соединят с ней проводником; 2) если его окружить сферической проводящей заземленной оболочкой с $R_2 = 15$ см?
14. Две бесконечные параллельные плоскости находятся на расстоянии $d = 1$ см друг от друга. Плоскости несут равномерно распределенные по поверхностям заряды с плотностями $\sigma_1 = 0,2$ мкКл/м² и $\sigma_2 = 0,5$ мкКл/м². Найти разность потенциалов U пластин.
15. Точечные заряды $Q_1 = 1$ мкКл и $Q_2 = 0,1$ мкКл находятся на расстоянии $r_1 = 10$ см друг от друга. Какую работу A совершат силы поля, если второй заряд, отталкиваясь от первого, удалится от него на расстояние: 1) $r_2 = 10$ м; 2) $r_3 = \infty$?

Задачи для самостоятельного решения:

1. Расстояние между двумя точечными зарядами $Q_1 = 1$ мкКл и $Q_2 = -Q_1$ равно 10 см. Определить силу F , действующую на точечный заряд $Q = 0,1$ мкКл, удаленный на $r_1 = 6$ см от первого и на $r_2 = 8$ см от второго зарядов.
2. В вершинах правильного шестиугольника со стороной $a = 10$ см расположены точечные заряды $Q, 2Q, 3Q, 4Q, 5Q, 6Q$ ($Q = 0,1$ мкКл). Найти силу F , действующую на точечный заряд Q , лежащий в плоскости шестиугольника и равноудаленный от его вершин.
3. В вершинах квадрата находятся одинаковые заряды $Q = 0,3$ нКл каждый. Какой отрицательный заряд Q_1 нужно поместить в центре квадрата, чтобы сила взаимного отталкивания положительных зарядов была уравновешена силой притяжения отрицательного заряда?
4. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами $Q_1 = 40$ нКл и $Q_2 = -10$ нКл, находящимися на расстоянии $d = 10$ см друг от друга. Определить напряженность E поля в точке, удаленной от первого заряда на $r_1 = 12$ см и от второго на $r_2 = 6$ см.
5. Две концентрические металлические заряженные сферы радиусами $R_1 = 6$ см и $R_2 = 10$ см несут соответственно заряды $Q_1 = 1$ нКл и $Q_2 = -0,5$ нКл. Найти напряженности E поля в точках, отстоящих от центра сфер на расстояниях $r_1 = 5$ см, $r_2 = 9$ см, $r_3 = 15$ см. Построить график зависимости $E(r)$.
6. Расстояние d между двумя длинными тонкими проволоками, расположенными параллельно друг другу, равно 16 см. Проволоки равномерно заряжены разноименными зарядами с линейной плотностью $|\tau| = 150$ мкКл/м. Какова

напряженность E поля в точке, удаленной на $r = 10$ см как от первой, так и от второй проволоки?

7. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими одинаковый равномерно распределенный по площади заряд ($\sigma = 1$ нКл/м²). Определить напряженность E поля: 1) между пластинами; 2) вне пластин. Построить график изменения напряженности вдоль линии, перпендикулярной пластинам.
8. Заряды $Q_1 = 1$ мКл и $Q_2 = -1$ мКл находятся на расстоянии $d = 10$ см. Определить напряженность E и потенциал φ поля в точке, удаленной на расстояние $r = 10$ см от первого заряда и лежащей на линии, проходящей через первый заряд перпендикулярно направлению от Q_1 к Q_2 .
9. Тонкие стержни образуют квадрат со стороной длиной a . Стержни заряжены с линейной плотностью $\tau = 1,33$ нКл/м. Найти потенциал φ в центре квадрата.
10. Сто одинаковых капель ртути, заряженных до потенциала $\varphi = 20$ В, сливаются в одну большую каплю. Каков потенциал φ_1 образовавшейся капли?
11. Электрическое поле создано отрицательно заряженным металлическим шаром. Определить работу $A_{1,2}$ внешних сил по перемещению заряда $Q = 40$ нКл из точки 1 с потенциалом $\varphi_1 = -300$ В в точку 2 (рис. 3).
12. Электрическое поле создано двумя одинаковыми положительными точечными зарядами Q . Найти работу $A_{1,2}$ сил поля по перемещению заряда $Q_1 = 10$ нКл из точки 1 с потенциалом $\varphi_1 = 300$ В в точку 2 (рис. 4).

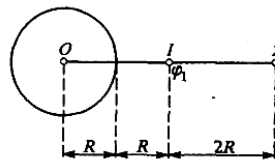


Рисунок 3

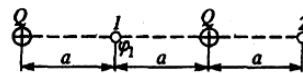


Рисунок 4

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 15. Электрическая емкость.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Чему равна емкость уединенного проводника?
2. В чем состоит методика расчета емкости конденсаторов различных типов?
3. Как изменится энергия воздушного конденсатора при заполнении его жидким диэлектриком, если: а) заряд конденсатора не изменяется, б) напряжение на обкладках конденсатора поддерживается постоянным?

Задачи для решения на занятии:

1. Расстояние d между пластинами плоского конденсатора равно 1,33 мм площадь S пластин равна 20 см². В пространстве между пластинами конденсатора находятся два слоя диэлектриков: слюды толщиной $d_1 = 0,7$ мм и эбонита толщиной $d_2 = 0,3$ мм. Определить емкость конденсатора.
2. В плоский конденсатор вдвинули плитку парафина толщиной $d = 1$ см, которая вплотную прилегает к его пластинам. На сколько нужно увеличить расстояние между пластинами, чтобы получить прежнюю емкость?
3. Два конденсатора емкостями $C_1 = 3$ мкФ и $C_2 = 6$ мкФ соединены между собой и присоединены к батарее с ЭДС $\varepsilon = 120$ В. Определить заряды Q_1 и Q_2 конденсаторов и разности потенциалов U_1 и U_2 между их обкладками, если конденсаторы соединены: 1) параллельно; 2) последовательно.
4. Конденсатор емкостью $C_1 = 0,2$ мкФ был заряжен до разности потенциалов $U_1 = 320$ В. После того как его соединили параллельно со вторым конденсатором, заряженным до разности потенциалов $U_2 = 450$ В, напряжение U на нем изменилось до 400 В. Вычислить емкость C_2 второго конденсатора.
5. Какое количество теплоты Q выделится при разряде плоского конденсатора, если разность потенциалов U между пластинами равна 15 кВ, расстояние $d = 1$ мм, диэлектрик - слюда и площадь S каждой пластины равна 300 см²?
6. Конденсаторы емкостями $C_1 = 1$ мкФ, $C_2 = 2$ мкФ, $C_3 = 3$ мкФ включены в цепь с напряжением $U = 1,1$ кВ. Определить энергию каждого конденсатора в случаях: 1) последовательного их включения; 2) параллельного включения.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Расстояние d между пластинами равно 5 мм. Какова будет емкость C конденсатора, если на нижнюю пластину положить лист эбонита толщиной $d_1 = 3$ мм?
2. Емкости конденсаторов: $C_1 = 0,2$ мкФ, $C_2 = 0,1$ мкФ, $C_3 = 0,3$ мкФ, $C_4 = 0,4$ мкФ. Определить емкость C батареи конденсаторов (рис. 5).
3. Конденсаторы емкостями $C_1 = 0,2$ мкФ, $C_2 = 0,6$ мкФ, $C_3 = 0,3$ мкФ, $C_4 = 0,5$ мкФ соединены так, как это указано на рис. 6. Разность потенциалов U между точками A и B равна 320 В. Определить разность потенциалов U_i и заряд Q_i на пластинах каждого конденсатора ($i = 1, 2, 3, 4$).
4. Плоский воздушный конденсатор состоит из двух круглых пластин радиусом $r = 10$ см каждая. Расстояние d_1 между пластинами равно 1 см. Конденсатор зарядили до разности потенциалов $U = 1,2$ кВ и отключили от источника тока. Какую работу A нужно совершить, чтобы, удаляя пластины друг от друга, увеличить расстояние между ними до $d_2 = 3,5$ см?
5. Конденсатор емкостью $C_1 = 600$ пФ зарядили до разности потенциалов $U = 1,5$ кВ и отключили от источника тока. Затем к конденсатору присоединили параллельно второй, незаряженный конденсатор емкостью $C_2 = 400$ пФ. Определить энергию, израсходованную на образование искры, проскочившей при соединении конденсаторов.

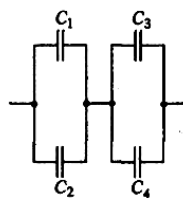


Рисунок 5

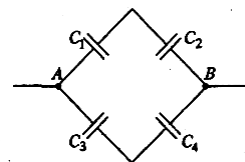


Рисунок 6

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 16. Постоянный ток.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

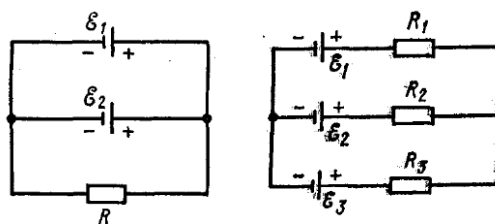
Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Какую величину называют силой тока?
2. Записать выражение закона Ома для неоднородного участка цепи.
3. Сформулируйте правила Кирхгофа.
4. Следствием какого закона является второе правило Кирхгофа?
5. Сформулируйте закон Джоуля – Ленца.
6. Опишите процесс рафинирования меди.

Задачи для решения на занятии:

1. Определить заряд Q , прошедший по проводу с сопротивлением $R = 3$ Ом при равномерном нарастании напряжения на концах провода от $U_0 = 2$ В до $U = 4$ В в течение $t = 20$ с.
2. Катушка и амперметр соединены последовательно и присоединены к источнику тока. К зажимам катушки присоединен вольтметр сопротивлением $R_B = 1$ кОм. Показания амперметра $I = 0,5$ А, вольтметра $U = 100$ В. Определить сопротивление R катушки. Сколько процентов от точного значения сопротивления катушки составит погрешность, если не учитывать сопротивления вольтметра?
3. К источнику тока с ЭДС $\varepsilon = 1,5$ В присоединили катушку с сопротивлением $R = 0,1$ Ом. Амперметр показал силу тока, равную $I_1 = 0,5$ А. Когда к источнику тока присоединили последовательно еще один источник тока с такой же ЭДС, то сила тока I в той же катушке оказалась равной $0,4$ А. Определить внутренние сопротивления r_1 и r_2 первого и второго источников тока.
4. Две батареи аккумуляторов ($\varepsilon_1 = 10$ В, $r_1 = 1$ Ом; $\varepsilon_2 = 8$ В, $r_2 = 2$ Ом) и реостат ($R = 6$ Ом) соединены, как показано на рис.7. Найти силу тока в батареях и реостате.
5. Три источника тока с ЭДС $\varepsilon_1 = 11$ В, $\varepsilon_2 = 4$ В и $\varepsilon_3 = 6$ В и три реостата с сопротивлениями $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 10$ Ом и $R_3 = 2$ Ом соединены, как показано на рис. 8. Определить силы токов I в реостатах. Внутреннее сопротивление источника тока пренебрежимо мало.
6. Лампочка и реостат, соединенные последовательно присоединены к источнику тока. Напряжение U на зажимах лампочки равно 40 В, сопротивление R реостата равно 10 Ом. Внешняя цепь потребляет мощность $P = 120$ Вт. Найти силу тока I в цепи.
7. К батарее аккумуляторов, ЭДС ε которой равна 2 В и внутреннее сопротивление $r = 0,5$ Ом, присоединен проводник. Определить: 1) сопротивление R проводника, при котором мощность, выделяемая в нем, максимальна; 2) мощность P , которая при этом выделяется в проводнике.
8. Электролитическая ванна с раствором медного купороса присоединена к батарее аккумуляторов с ЭДС $\varepsilon = 4$ В и внутренним



- сопротивлением $r = 0,1$ Ом. Определить массу m меди, выделившейся при электролизе за время $t = 10$ мин, если ЭДС поляризации $\varepsilon_n = 1,5$ В и сопротивление R раствора равно $0,5$ Ом. Медь двухвалентна.
9. В электролитической ванне через раствор прошел заряд $Q = 193$ кКл. При этом на катоде выделился металл количеством вещества $\nu = 1$ моль. Определить валентность Z металла.
10. Посередине между электродами ионизационной камеры пролетела α - частица, двигаясь параллельно электродам, и образовала вала на своем пути цепочку ионов. Спустя какое время после пролета α - частицы ионы дойдут до электродов, если расстояние d между электродами равно 4 см, разность потенциалов $U = 5$ кВ и подвижность ионов обоих знаков в среднем $b = 2$ см²/(В·с)?

Задачи для самостоятельного решения:

1. Зашунтированный амперметр измеряет токи силой до $I = 10$ А. Какую наибольшую силу тока может измерить этот амперметр без шунта, если сопротивление R_A амперметра равно $0,02$ Ом и сопротивление $R_{ш}$ шунта равно 5 мОм?
2. Два одинаковых источника тока с ЭДС $\varepsilon = 1,2$ В и внутренним сопротивлением $r = 0,4$ Ом соединены, как показано на рис. 9. Определить силу тока I в цепи и разность потенциалов U между точками A и B в первом и втором случаях.
3. Два источника тока ($\varepsilon_1 = 8$ В, $r_1 = 2$ Ом; $\varepsilon_2 = 6$ В, $r_2 = 1,5$ Ом) и реостат ($R = 10$ Ом) соединены, как показано на рис. 10. Вычислить силу тока I , текущего через реостат.
4. К зажимам батареи аккумуляторов присоединен нагреватель. ЭДС ε батареи равна 24 В, внутреннее сопротивление $r = 1$ Ом. Нагреватель, включенный в цепь, потребляет мощность $P = 80$ Вт. Вычислить силу тока I в цепи и к.п.д. η нагревателя.
5. Сила тока в проводнике сопротивлением $r = 100$ Ом равномерно нарастает от $I_0 = 0$ до $I_{\max} = 10$ А в течение времени $\tau = 30$ с. Определить количество теплоты Q , выделившееся за это время в проводнике.
6. Определить толщину h слоя меди, выделившейся за время $t = 5$ ч при электролизе медного купороса, если плотность тока $j = 80$ А/м².
7. Какова должна быть температура T атомарного водорода, чтобы средняя кинетическая энергия поступательного движения атомов была достаточна для ионизации путем соударений? Потенциал ионизации U_1 атомарного водорода равен $13,6$ В.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

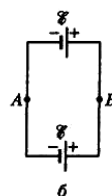
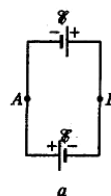


Рисунок 9

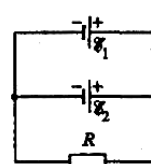


Рисунок 10

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Запишите закон Био – Савара – Лапласа.
2. В чем заключается сущность гипотезы Ампера о молекулярных токах?
3. Найдите выражение для силы взаимодействия двух бесконечных прямолинейных одинаковых токов противоположного направления. Начертите рисунок с указанием сил.
4. Чему равна и как направлена сила, действующая на отрицательный электрический заряд, движущийся в магнитном поле?
5. Чему равна работа силы Лоренца при движении протона в магнитном поле? Ответ обосновать

Задачи для решения на занятии:

1. Найти магнитную индукцию в центре тонкого кольца, которому идет ток $I = 10$ А. Радиус r кольца равен 5 см.
2. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи $I_1 = 50$ А и $I_2 = 100$ А в противоположных направлениях. Расстояние d между проводами равно 20 см. Определить магнитную индукцию B в точке, удаленной на $r_1 = 25$ см от первого и на $r_2 = 40$ см от второго провода.
3. По тонкому проволочному кольцу течет ток. Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Во сколько раз изменилась магнитная индукция в центре контура?
4. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые токи $I = 1$ кА. Определить силу F , действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии, равном ее длине.
5. По двум тонким проводам, изогнутым в виде кольца радиусом $R = 10$ см, текут одинаковые токи $I = 10$ А в каждом. Найти силу F взаимодействия этих колец, если плоскости, в которых лежат кольца, параллельны, а расстояние d между центрами колец равно 1 мм.
6. Электрон в невозбужденном атоме водорода движется вокруг ядра по окружности радиусом $r = 53$ пм. Вычислить магнитный момент p_m эквивалентного кругового тока и механический момент M , действующий на круговой ток, если атом помещен в магнитное поле, линии индукции которого параллельны плоскости орбиты электрона. Магнитная индукция B поля равна 0,1 Тл.
7. Вычислить радиус R дуги окружности, которую описывает протон в магнитном поле с индукцией $B = 15$ мТл, если скорость v протона равна 2 Мм/с.
8. Заряженная частица влетела перпендикулярно линиям индукции в однородное магнитное поле, созданное в среде. В результате взаимодействия с веществом частица, находясь в поле, потеряла половину своей первоначальной энергии. Во сколько раз будут отличаться радиусы кривизны R траектории начала и конца пути?

9. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 100$ мкТл движется электрон по винтовой линии. Определить скорость v электрона, если шаг h винтовой линии равен 20 см, а радиус $R = 5$ см.

Задачи для самостоятельного решения:

1. При какой силе тока I , текущего по тонкому проводящему кольцу радиусом $R = 0,2$ м, магнитная индукция B в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние $r = 0,3$ м, станет равной 20 мкТл?
2. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи $I_1 = 20$ А и $I_2 = 30$ А в одном направлении. Расстояние d между проводами равно 10 см. Вычислить магнитную индукцию B в точке, удаленной от обоих проводов на одинаковое расстояние $r = 10$ см.
3. По контуру в виде квадрата идет ток $I = 50$ А. Длина a стороны квадрата равна 20 см. Определить магнитную индукцию B в точке пересечения диагоналей.
4. Прямой провод длиной $l = 10$ см, по которому течет ток $I = 20$ А, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,01$ Тл. Найти угол α между направлениями вектора B и тока, если на провод действует сила $F = 10$ мН.
5. Двухпроводная линия состоит из длинных параллельных прямых проводов, находящихся на расстоянии $d = 4$ мм друг от друга. По проводам текут одинаковые токи $I = 50$ А. Определить силу взаимодействия токов, приходящуюся на единицу длины провода.
6. По кольцу радиусом R течет ток. На оси кольца на расстоянии $d = 1$ м от его плоскости магнитная индукция $B = 10$ нТл. Определить магнитный момент p_m кольца с током: Считать R много меньшим d .
7. Ион, несущий один элементарный заряд, движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,015$ Тл по окружности радиусом $R = 10$ см. Определить импульс p иона.
8. Заряженная частица с энергией $T = 1$ кэВ движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом $R = 1$ мм. Найти силу F , действующую на частицу со стороны поля.
9. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 9$ мТл по винтовой линии, радиус R которой равен 1 см и шаг $h = 7,8$ см. Определить период T обращения электрона и его скорость v .

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 18. Электромагнитная индукция.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед,

использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Сформулируйте закон электромагнитной индукции в дифференциальной форме.
2. Какие два способа получения индукционного тока Вы знаете?
3. Сформулировать правило Ленца.
4. В чем заключается явление возникновения ЭДС самоиндукции? Какую величину называют индуктивностью?
5. Запишите общее выражение для энергии магнитного поля.

Задачи для решения на занятии:

1. Прямой провод длиной $l = 40$ см движется в однородном магнитном поле со скоростью $v = 5$ м/с перпендикулярно линиям индукции. Разность потенциалов U между концами провода равна 0,6 В. Вычислить индукцию B магнитного поля.
2. Рамка площадью $S = 200$ см² равномерно вращается с частотой $n = 10$ с⁻¹ относительно оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля ($B = 0,2$ Тл). Каково среднее значение ЭДС индукции $\langle \varepsilon \rangle$ за время, в течение которого магнитный поток, пронизывающий рамку, изменится от нуля до максимального значения?
3. Проволочное кольцо радиусом $r = 10$ см лежит на столе. Какое количество электричества Q протечет по кольцу, если его повернуть с одной стороны на другую? Сопротивление R кольца равно 1 Ом. Вертикальная составляющая индукции B магнитного поля Земли равна 50 мкТл.
4. Индуктивность L катушки равна 2 мГн. Ток частотой $\nu = 50$ Гц, протекающий по катушке, изменяется по синусоидальному закону. Определить среднюю ЭДС самоиндукции $\langle \varepsilon \rangle$, возникающую за интервал времени Δt , в течение которого ток в катушке изменяется от минимального до максимального значения. Амплитудное значение силы тока $I_0 = 10$ А.
5. Сколько витков проволоки диаметром $d = 0,4$ мм с изоляцией ничтожной толщины нужно намотать на картонный цилиндр диаметром $D = 2$ см, чтобы получить однослойную катушку с индуктивностью $L = 1$ мГн? Витки вплотную прилегают друг к другу.
6. По обмотке соленоида индуктивностью $L = 0,2$ Гн течет ток $I = 10$ А. Определить энергию W магнитного поля соленоида.

Задачи для самостоятельного решения:

1. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл находится прямой провод длиной $l = 20$ см, концы которого замкнуты вне поля. Сопротивление R всей цепи равно 0,1 Ом. Найти силу F , которую нужно приложить к проводу, чтобы перемещать его перпендикулярно линиям индукции со скоростью $v = 2,5$ м/с.
2. К источнику тока с ЭДС $\varepsilon = 0,5$ В и ничтожно малым внутренним сопротивлением присоединены два металлических стержня, расположенные горизонтально и параллельно друг другу. Расстояние l между стержнями равно 20 см. Стержни находятся в однородном магнитном поле, направленном вертикально. Магнитная индукция $B = 1,5$ Тл. По стержням под действием сил поля скользят со скоростью $v = 1$ м/с прямолинейный провод сопротивлением $R = 0,02$ Ом. Сопротивление стержней пренебрежимо мало. Определить: 1) ЭДС индукции ε 2) силу F , действующую на провод со стороны поля; 3) силу тока I в цепи; 4) мощность P_1 , расходуемую на движение провода; 5) мощность P_2 , расходуемую на нагревание провода; 6) мощность P_3 , отдаваемую в цепь источника тока.
3. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,35$ Тл равномерно с частотой $n = 480$ мин⁻¹ вращается рамка, содержащая $N = 500$ витков площадью $S = 50$ см². Ось

вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Определить максимальную ЭДС индукции $\mathcal{E}_{\max}$, возникающую в рамке.

4. С помощью реостата равномерно увеличивают силу тока в катушке на $\Delta I = 0,1$ А в 1 с. Индуктивность L катушки равна 0,01 Гн. Найти среднее значение ЭДС самоиндукции $\langle \mathcal{E} \rangle$.
5. На картонный каркас длиной $l = 50$ см и площадью S сечения, равной 4 см^2 , намотан в один слой провод диаметром $d = 0,2$ мм так, что витки плотно прилегают друг к другу (толщиной изоляции пренебречь). Вычислить индуктивность L получившегося соленоида.
6. Индуктивность L катушки (без сердечника) равна 0,1 мГн. При какой силе тока I энергия W магнитного поля равна 10^{-4} Дж?

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Раздел 4. Оптика.

Тема 19. Интерференция света.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Можно ли наблюдать интерференцию волн нелазерных источников света?
2. Два когерентных световых пучка с оптической разностью хода $\Delta = 3/2\lambda$ интерферируют в некоторой точке. Максимум или минимум наблюдается в этой точке? Почему?
3. Будут ли отличаться интерференционные картины от двух узких близколежащих параллельных щелей при освещении их монохроматическим и белым светом? Почему?
4. Где локализованы полосы равной толщины и равного наклона?

Задачи для решения на занятии:

1. Расстояние d между двумя когерентными источниками света ($\lambda = 0,5$ мкм) равно 0,1 мм. Расстояние b между интерференционными полосами на экране в средней части интерференционной картины равно 1 см. Определить расстояние l от источников до экрана.
2. В опыте с зеркалами Френеля расстояние d между мнимыми изображениями источника света равно 0,5 мм, расстояние l от них до экрана равно 3 м. Длина волны $\lambda = 0,6$ мкм. Определить ширину b полос интерференции на экране.

3. На мыльную пленку ($n = 1,3$), находящуюся в воздухе, падает нормально пучок лучей белого света. При какой наименьшей толщине d пленки отраженный свет с длиной волны $\lambda = 0,55$ мкм окажется максимально усиленным в результате интерференции?
4. На тонкий стеклянный клин ($n = 1,55$) падает нормально монохроматический свет. Двугранный угол α между поверхностями клина равен $2'$. Определить длину световой волны λ , если расстояние b между смежными интерференционными максимумами в отраженном свете равно $0,3$ мм.
5. Плосковыпуклая линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Определить толщину d слоя воздуха там, где в отраженном свете ($\lambda = 0,6$ мкм) видно первое светлое кольцо Ньютона.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Расстояние d между двумя щелями в опыте Юнга равно 1 мм, расстояние l от щелей до экрана равно 3 м. Определить длину волны λ , испускаемой источником монохроматического света, если ширина b полос интерференции на экране равна $1,5$ мм.
2. Плоскопараллельная стеклянная пластинка толщиной $d = 1,2$ мкм и показателем преломления $n = 1,5$ помещена между двумя средами с показателями преломления n_1 и n_2 (рис. 11). Свет с длиной волны $\lambda = 0,6$ мкм падает нормально на пластинку. Определить оптическую разность хода Δ волн 1 и 2, отраженных от верхней и нижней поверхностей пластинки, и указать, усиление или ослабление интенсивности света происходит при интерференции в следующих случаях: 1) $n_1 < n < n_2$; 2) $n_1 > n > n_2$; 3) $n_1 < n > n_2$; 4) $n_1 > n < n_2$.
3. На тонкий стеклянный клин в направлении нормали к его поверхности падает монохроматический свет ($\lambda = 600$ нм). Определить угол θ между поверхностями клина, если расстояние b между смежными интерференционными минимумами в отраженном свете равно 4 мм.
4. Диаметр d_2 второго светлого кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете ($\lambda = 0,6$ мкм) равен $1,2$ мм. Определить оптическую силу D плосковыпуклой линзы, взятой для опыта.

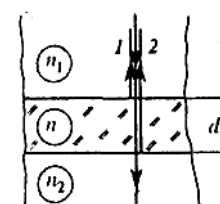


Рисунок 11

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 20. Дифракция света.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении

задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Сформулируйте дополнения Френеля к принципу Гюйгенса.
2. В чем заключается принцип построения зон Френеля?
3. Как влияет на дифракцию Фраунгофера от одной щели увеличение длины волны и ширины щели
4. Почему дифракционная решетка разлагает белый свет в спектр?
5. Запишите условия дифракционных минимумов для одной щели и главных максимумов для решетки. Каков характер этих дифракционных картин?

Задачи для решения на занятии:

1. Точечный источник света с длиной волны $\lambda = 0,50$ мкм расположен на расстоянии $a = 100$ см перед диафрагмой с круглым отверстием радиуса $r = 1,0$ мм. Найти расстояние b от диафрагмы до точки наблюдения, для которой число зон Френеля в отверстии составляет $k = 3$.
2. На щель шириной $a = 0,05$ мм падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,6$ мкм). Определить угол φ между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.
3. На щель шириной $a = 0,1$ мм падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,5$ мкм). За щелью помещена собирающая линза, в фокальной плоскости которой находится экран. Что будет наблюдаться на экране, если угол φ дифракции равен: 1) $17'$; 2) $43'$.
4. Сколько штрихов на каждый миллиметр содержит дифракционная решетка, если при наблюдении в монохроматическом свете ($\lambda = 0,6$ мкм) максимум пятого порядка отклонен на угол $\varphi = 18^\circ$?
5. При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядков отчасти перекрывают друг друга. На какую длину волны в спектре второго порядка накладывается фиолетовая граница ($\lambda = 0,4$ мкм) спектра третьего порядка?
6. Какова длина волны λ монохроматического рентгеновского излучения, падающего на кристалл кальцита, если дифракционный максимум первого порядка наблюдается, когда угол θ между направлением падающего излучения и гранью кристалла равен 3° ?

Задачи для самостоятельного решения:

1. На узкую щель падает нормально монохроматический свет. Угол φ отклонения пучков света, соответствующих второй светлой дифракционной полосе, равен 1° . Скольким длинам волн падающего света равна ширина щели?
2. На дифракционную решетку, содержащую $n = 100$ штрихов на 1 мм, падает нормально монохроматический свет. Зрительная труба спектрометра наведена на максимум третьего порядка. Чтобы навести трубу на другой максимум того же порядка, ее нужно повернуть на угол $\Delta\varphi = 20^\circ$. Определить длину волны λ света.
3. Дифракционная решетка освещена нормально падающим монохроматическим светом. В дифракционной картине максимум второго порядка отклонен на угол $\varphi_1 = 14^\circ$. На какой угол φ_2 отклонен максимум третьего порядка?
4. На грань кристалла каменной соли падает параллельный пучок рентгеновского излучения ($\lambda = 147$ пм). Определить расстояние d между атомными плоскостями кристалла, если дифракционный максимум второго порядка наблюдается, когда излучение падает под углом $\theta = 31^\circ 30'$ к поверхности кристалла.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 21. Поляризация света.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Что называется естественным светом? плоскополяризованным светом? частично поляризованным светом? эллиптически поляризованным светом?
2. Чем замечателен угол Брюстера?
3. Интенсивность естественного света, пропущенного через два поляризатора, уменьшилась вдвое. Как ориентированы поляризаторы?
4. По каким признакам можно отличить спектры, полученные с помощью призмы и дифракционной решетки?
5. Почему металлы сильно поглощают свет?
6. Чем обусловлен голубой цвет неба?

Задачи для решения на занятии:

1. Пучок естественного света, идущий в воде, отражается от грани алмаза, погруженного в воду. При каком угле падения отраженный свет полностью поляризован?
2. Угол α между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора равен 45° . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до 60° ?
3. На пути частично-поляризованного света, степень поляризации P которого равна 0,6, поставили анализатор так, что интенсивность света, прошедшего через него, стала максимальной. Во сколько раз уменьшится интенсивность света, если плоскость пропускания анализатора повернуть на угол $\alpha = 30^\circ$?
4. Никотин (чистая жидкость), содержащийся в стеклянной трубке длиной $d = 8$ см, поворачивает плоскость поляризации желтого света натрия на угол $\varphi = 137^\circ$. Плотность никотина $\rho = 1,01 \cdot 10^3$ кг/м³. Определить удельное вращение $[\alpha]$ никотина.
5. Раствор глюкозы с массовой концентрацией $C_1 = 280$ кг/м³, содержащийся в стеклянной трубке, поворачивает плоскость поляризации монохроматического света, проходящего через этот раствор, на угол $\varphi = 32^\circ$. Определить массовую концентрацию C_2 глюкозы в другом растворе, налитом в трубку такой же длины, если он поворачивает плоскость поляризации на угол $\varphi = 24^\circ$.

Задачи для самостоятельного решения:

1. На какой угловой высоте φ над горизонтом должно находиться Солнце, чтобы солнечный свет, отраженный от поверхности воды, был полностью поляризован?
2. Пучок естественного света падает на стеклянную ($n = 1,6$) призму (рис. 12). Определить двугранный угол θ призмы, если отраженный пучок максимально поляризован.

3. Анализатор в $k = 2$ раза уменьшает интенсивность света, приходящего к нему от поляризатора. Определить угол α между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора. Потерями интенсивности света в анализаторе пренебречь.
4. В частично-поляризованном свете амплитуда светового вектора, соответствующая максимальной интенсивности света, в $n = 2$ раза больше амплитуды, соответствующей минимальной интенсивности. Определить степень поляризации P света.
5. Пластинку кварца толщиной $d_1 = 2$ мм, вырезанную перпендикулярно оптической оси, поместили между параллельными николями, в результате чего плоскость поляризации света повернулась на угол $\varphi = 53^\circ$. Определить толщину d_2 пластинки, при которой данный монохроматический свет не проходит через анализатор.

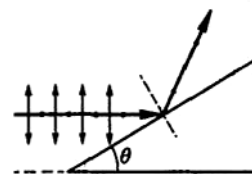


Рисунок 12

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Раздел 5. Атомная физика и основы квантовой механики.

Тема 22. Квантовая оптика.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. В чем заключается физический смысл универсальной функции Кирхгофа?
2. При каких условиях из формулы Планка получается закон смещения Вина и формула Рэлея-Джинса?
3. Нарисуйте и объясните вольт-амперные характеристики, соответствующие двум различным освещенностям катода при заданной частоте света и двум различным частотам при заданной освещенности.
4. В чем отличие характера взаимодействия фотона и электрона при фотоэффекте и эффекте Комптона?

Задачи для решения на занятии:

1. Поток энергии, излучаемый из смотрового окошка плавильной печи, равен 34 Вт. Принимая, что печь излучает как абсолютно черное тело, определить температуру печи, если площадь отверстия 6 см^2 .

2. Энергетическая светимость абсолютно черного тела 3 Вт/см^2 . Определить длину волны, отвечающую максимуму излучательной способности этого тела.
3. Вследствие изменения температуры черного тела максимум спектральной плотности сместился с длины волны $2,4 \text{ мкм}$ на длину волны $0,8 \text{ мкм}$. Как и во сколько раз изменилась энергетическая светимость?
4. Имеется два абсолютно черных источника теплового излучения. Температура одного из них 2500 К . Найти температуру другого источника, если длина волны, отвечающая максимуму его излучательной способности, на $0,5 \text{ мкм}$ больше длины волны, соответствующей максимуму излучательной способности первого источника.
5. Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта, для некоторого металла 275 нм . Найти минимальную энергию фотона, вызывающего фотоэффект.
6. Определить красную границу фотоэффекта для цинка и максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с его поверхности электромагнитным излучением с длиной волны 250 нм .
7. При поочередном освещении поверхности некоторого металла с $\lambda_1 = 0,35 \text{ мкм}$ и $\lambda_2 = 0,54 \text{ мкм}$ обнаружили, что соответствующие максимальные скорости фотоэлектронов отличаются друг от друга в 2 раза. Найти работу выхода с поверхности этого металла.
8. Определить угол рассеяния фотона, испытавшего соударение со свободным электроном, если изменение длины волны при рассеянии равно $3,62 \text{ пм}$.
9. Фотон с энергией $0,4 \text{ МэВ}$ рассеялся под углом 90° на свободном электроне. Определить энергию рассеянного фотона и кинетическую энергию электрона отдачи.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Во сколько раз надо увеличить термодинамическую температуру абсолютно черного тела, чтобы его энергетическая светимость возросла в два раза?
2. При увеличении термодинамической температуры абсолютно черного тела в два раза длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, уменьшилась на 400 нм . Определить начальную и конечную температуры.
3. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 307 \text{ нм}$ и максимальная кинетическая энергия T_{max} фотоэлектрона равна 1 эВ ?
4. Определить импульс электрона отдачи при эффекте Комптона, если фотон с энергией, равной энергии покоя электрона, был рассеян на угол 180° .

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 23. Боровская теория атома.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом

предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Почему ядерная модель атома оказалась несостоятельной?
2. Разъясните смысл постулатов Бора. Как с их помощью объясняется линейчатый спектр атома?
3. Какие основные выводы можно сделать на основании опытов Франка и Герца?
4. Пользуясь моделью Бора, укажите спектральные линии, которые могут возникнуть при переходе атома водорода в состояния с $n = 3$ и $n = 4$.

Задачи для решения на занятии:

1. Найти кинетическую, потенциальную и полную энергию электрона на первой боровской орбите.
2. Определить частоту обращения электрона на второй орбите атома водорода.
3. Найти наибольшую и наименьшую длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода.
4. Найти энергию ионизации ионов He^+ .
5. Найти первый потенциал возбуждения атома водорода.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Вычислить радиусы второй и третьей орбит в атоме водорода.
2. Определить наименьшую и наибольшую энергии фотона в ультрафиолетовой серии спектра водорода (серии Лаймана).
3. Вычислить частоты ω_1 и ω_2 вращения электрона в атоме водорода на второй и третьей орбитах. Сравнить эти частоты с частотой ν излучения при переходе электрона с третьей на вторую орбиту.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 24. Элементы квантовой механики.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. В чем заключается гипотеза де Бройля?
2. При каком значении скорости дебройлевская длина волны микрочастицы равна ее комптоновской длине волны?
3. Как, исходя из соотношения неопределенностей, объяснить наличие естественной ширины спектральных линий?
4. Могут ли быть одновременно измерены с достаточной точностью скорость микрочастицы и время пребывания ее в системе?
5. Почему квантовая механика является статистической теорией?
6. Какова наименьшая энергия частицы в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками?
7. Какими свойствами микрочастиц обусловлен туннельный эффект?
8. Чему равна разность энергий между четвертым и вторым энергетическими уровнями квантового осциллятора?
9. Зависит ли распределение энергетических уровней от формы потенциальной ямы?

Задачи для решения на занятии:

1. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,1 нм?
2. Электрон движется по окружности радиусом 0,5 см в однородном магнитном поле с индукцией 8 мТл. Определить длину волны де Бройля электрона.
3. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов 200 В, имеет длину волны де Бройля 2,02 пм. Найти массу частицы, если ее заряд численно равен заряду электрона.
4. Электрон с кинетической энергией 15 эВ находится в металлической пылинке диаметром 1 мкм, оценить относительную неопределенность, с которой может быть определена скорость электрона.
5. Используя соотношения неопределенностей энергии и времени, определить естественную ширину спектральной линии излучения атома при переходе его из возбужденного состояния в основное. Среднее время жизни атома в возбужденном состоянии принять равным 10^{-8} с, а длину волны излучения – равной 600 нм.
6. Написать уравнение Шредингера для электрона, находящегося в водородоподобном атоме.
7. Частица находится в потенциальном ящике. Найти отношение разности соседних энергетических уровней $\Delta E_{n+1,n}$ к энергии E_n частицы в трех случаях: 1) $n = 3$; 2) $n = 10$; 3) $n \rightarrow \infty$.
8. Собственная функция, описывающая состояние частицы в потенциальном ящике, имеет вид $\psi_n(x) = C \sin\left(\frac{\pi n}{l} x\right)$. Используя условия нормировки, определить постоянную C .
9. Частица находится в основном состоянии в одномерной прямоугольной потенциальной яме ширины l с абсолютно непроницаемыми стенками. Найти вероятность пребывания частицы в области $l/3 < x < 2l/3$.
10. Электрон с энергией 25 эВ встречает на своем пути низкую потенциальную ступень высотой 9 эВ. Определить коэффициент преломления волн де Бройля на границе ступени.
11. При каком отношении высоты потенциальной ступени U_0 и энергии E электрона, падающего на ступень, коэффициент отражения равен 0,5?
12. Электрон проходит через прямоугольный потенциальный барьер шириной 0,5 нм. Высота барьера U_0 больше энергии E электрона на 1%. Вычислить коэффициент прозрачности, если энергия электрона: 1) $E = 10$ эВ; 2) $E = 100$ эВ.
13. При какой ширине потенциального барьера коэффициент прозрачности для электронов равен 0,01? Разность энергий $U_0 - E = 10$ эВ.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Электрон движется со скоростью $v = 2 \cdot 10^8$ м/с. Определить длину волны де Бройля λ , учитывая изменение массы электрона в зависимости от скорости.
2. Найти длину волны де Бройля протона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов: 1) 1кВ; 2) 1МВ.
3. Используя соотношения неопределенностей $\Delta E \Delta t \geq \hbar$, оценить ширину энергетического уровня в атоме водорода, находящегося: 1) в основном состоянии; 2) в возбужденном состоянии (время жизни атома в возбужденном состоянии равно 10^{-8} с).
4. Электрон находится в потенциальном ящике шириной $l = 0,5$ нм. Определить наименьшую разность ΔE энергетических уровней электрона. Ответ выразить в электрон-вольтах.
5. Определить показатель преломления n волн де Бройля при прохождении частицей потенциальной ступени с коэффициентом отражения $\rho = 0,5$.
6. Найти вероятность W прохождения электрона через прямоугольный потенциальный барьер при разности энергий $U_0 - E = 1$ эВ, если ширина барьера: 1) $d = 0,1$ нм; 2) $d = 0,5$ нм.
7. Ширина d прямоугольного потенциального барьера равна 0,2 нм. Разность энергий $U_0 - E = 1$ эВ. Во сколько раз изменится вероятность W прохождения электрона через барьер, если разность энергий возрастет в $n = 10$ раз?

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 25. Элементы физики атомов и молекул.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Каковы правила квантования орбитального механического и собственного механического момента импульса электрона? их проекций на направление внешнего магнитного поля?
2. Сколько электронов может быть в атоме, у которого в основном состоянии заполнены K - и L - оболочки, $3s$ -подоболочка и два электрона в $3p$ -подоболочке? Что это за атом?
3. Запишите электронную конфигурацию для атомов: 1) неона; 2) никеля; 3) германия; 4) кобальта.

4. Какие квантовые числа имеет внешний (валентный) электрон в основном состоянии атома натрия?

Задачи для решения на занятии:

1. Вычислить момент импульса орбитального движения электрона, находящегося в атоме: 1) в s - состоянии; 2) в p - состоянии.
2. Электрон в атоме находится в f - состоянии. Найти орбитальный момент импульса электрона и максимальное значение проекции момента импульса на направление внешнего магнитного поля.
3. Вычислить спиновый момент импульса электрона и проекцию этого момента на направление внешнего магнитного поля.
4. Найти число электронов в атомах, у которых в основном состоянии заполнены: 1) K - и L - слои, $3s$ - оболочка и наполовину $3p$ - оболочка; 2) K -, L -, M - слои и $4s$ -, $4p$ - и $4d$ - оболочки. Что это за атомы?
5. Написать с помощью правил Хунда спектральный символ основного терма атома, единственная незаполненная подоболочка которого заполнена: 1) на $1/3$ и $S = 1$; 2) на 70% и $S = 3/2$.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Определить возможные значения проекции момента импульса орбитального движения электрона в атоме на направление внешнего магнитного поля. Электрон находится в d -состоянии.
2. Вычислить спиновый магнитный момент электрона и проекцию магнитного момента на направление внешнего поля.
3. Написать формулы электронного строения атомов: 1) бора; 2) углерода; 3) натрия.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Тема 26. Элементы физики атомного ядра.

Цель занятия. Глубокое усвоение, конкретизация и закрепление знаний в области физики, формирование умений и навыков применения их на практике, развитие логического мышления и приобретение навыков самостоятельной работы.

Организационная форма занятия – комбинированная, сочетающая практическое занятие с элементами семинара. Первоначально, рассматриваются основные теоретические вопросы по теме занятия, после чего организовывается решение типовых задач. При этом предполагается широкое использование интерактивных методов – эвристических бесед, использование задач-вопросов при обсуждении теоретических положений. При решении задач используются как коллективные методы работы с элементами «мозгового штурма», так и самостоятельная работа под контролем преподавателя с последующим комментарием решения.

Вопросы теоретического материала, выносимые на обсуждение

1. Какие частицы образуют ядро атома цинка? Сколько их?
2. Атомное ядро «составили» из N свободных нуклонов (масса каждого нуклона равна m). Чему равна масса и удельная энергия связи этого ядра?
3. Чем отличаются изобары от изотопов?

4. Почему прочность ядер уменьшается при переходе к тяжелым элементам?
5. В чем отличие между искусственной и естественной радиоактивностью?
6. Как и во сколько раз изменится число ядер радиоактивного вещества за время, равное трем периодам полураспада?
7. Как (по какому закону) изменяется со временем активность нуклида?
8. Под действием каких частиц (α – частиц, нейтронов) ядерные реакции более эффективны?
9. По каким признакам можно классифицировать ядерные реакции?
10. Что представляет собой реакция деления ядер? Приведите примеры.
11. Почему деление тяжелых ядер и синтез атомных ядер сопровождается выделением большого количества энергии?
12. Какие фундаментальные типы взаимодействий осуществляется в природе и как их можно охарактеризовать?
13. Какие характеристики являются для частиц и античастиц одинаковыми? Какие – разными?
14. Зачем нужна гипотеза о существовании кварков? Что объясняется с ее помощью? В чем ее трудность?
15. Какие имеются группы элементарных частиц? Каковы критерии, по которым элементарные частицы относятся к той или иной группе?

Задачи для решения на занятии:

1. Хлор представляет собой смесь двух изотопов с относительными атомными массами 34,969 и 36,966. Вычислить относительную атомную массу хлора, если массовые доли первого и второго изотопов соответственно равны 0,754 и 0,246.
2. Укажите, сколько нуклонов, протонов, нейтронов содержат следующие ядра: 1) ${}^3_2\text{He}$; 2) ${}^{10}_5\text{B}$; 3) ${}^{23}_{11}\text{Na}$; 4) ${}^{54}_{26}\text{Fe}$; 5) ${}^{104}_{47}\text{Ag}$; 6) ${}^{238}_{92}\text{U}$.
3. Укажите, сколько существует изобар с массовым числом 3. Напишите символические обозначения ядер.
4. Определить диаметры следующих ядер: 1) ${}^8_3\text{Li}$; 2) ${}^{27}_{13}\text{Al}$; 3) ${}^{64}_{29}\text{Cu}$; 4) ${}^{125}_{50}\text{Sn}$; 5) ${}^{216}_{84}\text{Po}$.
5. Определить удельную энергию связи ядра ${}^{12}_6\text{C}$.
6. Постоянная распада рубидия ${}^{89}\text{Rb}$ равна $0,00077 \text{ с}^{-1}$. Определить его период полураспада.
7. За один год начальное количество радиоактивного изотопа уменьшилось в три раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года?
8. За какое время распадется $\frac{1}{4}$ начального количества ядер радиоактивного изотопа, если период его полураспада 24 часа?
9. На сколько процентов снизится активность изотопа иридия ${}^{192}\text{Ir}$ за время $t = 30$ сут?
10. Найти постоянную распада и среднее время жизни радиоактивного ${}^{55}\text{Co}$, если его активность уменьшается на 4% за 60 мин.
11. Определить порядковый номер и массовое число частицы, обозначенной буквой x , в символической записи ядерной реакции: ${}^{14}_6\text{C} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + x$.
12. Написать недостающие обозначения в реакциях: 1) ${}^{27}_{13}\text{Al}(n, \alpha)x$; 2) ${}^{19}_9\text{F}(p, x){}^{16}_8\text{O}$; 3) ${}^{55}_{25}\text{Mn}(x, n){}^{55}_{26}\text{Fe}$.
13. Найти энергию ядерной реакции ${}^{14}_7\text{N}(n, p){}^{14}_6\text{C}$, если энергия связи ядра ${}^{14}_7\text{N}$ равна 104,66 МэВ, а ядра ${}^{14}_6\text{C}$ – 105,59 МэВ.
14. Определить энергию, которая освободится при делении всех ядер, содержащихся в ${}^{235}_{92}\text{U}$ массой 1 г.
15. Определить энергию α - распада ядра полония ${}^{210}_{84}\text{Po}$.

16. Нейтрон, обладающий энергией 4,6 МэВ, в результате столкновений с протонами замедляется. Сколько столкновений он должен испытать, чтобы его энергия уменьшилась до 0,23 эВ? Нейтрон отклоняется при каждом столкновении в среднем на угол 45°.
17. Мезон космических лучей имеет энергию 3 ГэВ. Энергия покоя мезона 100 МэВ. Какое расстояние в атмосфере сможет пройти мезон за время его жизни по лабораторным часам? Собственное время жизни мезона 2 мкс.
18. Найти средний путь, проходимый π - мезонами с кинетической энергией, которая в 1,2 раза превышает их энергию покоя. Среднее время жизни очень медленных π - мезонов 25,5 нс.
19. Электрон и позитрон, образуются фотоном с энергией 2,62 МэВ. Какова была в момент возникновения полная кинетическая энергия позитрона и электрона?
20. Покоившаяся нейтральная частица распалась на протон с кинетической энергией 5,3 МэВ и π^- - мезон. Найти массу этой частицы. Как она называется?

Задачи для самостоятельного решения:

1. Бор представляет собой смесь двух изотопов с относительными атомными массами $A_{r1} = 10,013$ и $A_{r2} = 11,009$. Определить массовые доли w_1 и w_2 первого и второго изотопов в естественном боре. Относительная атомная масса A_r бора равна 10,811.
2. Напишите символические обозначения ядер изотопов водорода и назовите их.
3. Определить атомные номера, массовые числа и химические символы зеркальных ядер, которые получатся, если в ядрах ${}^3_2\text{He}$, ${}^7_4\text{Be}$, ${}^{15}_8\text{O}$ протоны заменить нейтронами, а нейтроны – протонами. Привести символическую запись получившихся ядер.
4. Энергия связи ядра, состоящего из двух протонов и одного нейтрона, равна 7,72 МэВ. Определить массу нейтрального атома, имеющего это ядро.
5. За время $t = 8$ сут распалось $k = 3/4$ начального количества ядер радиоактивного изотопа. Определить период полураспада $T_{1/2}$.
6. Определить число N атомов, распадающихся в радиоактивном изотопе за время $t = 10$ с, если его активность $A = 10^5$ Бк. Считать активность постоянной в течение указанного времени.
7. За время $t = 1$ сут активность изотопа уменьшилась от $A_1 = 1,18 \cdot 10^{11}$ Бк до $A_2 = 7,4 \cdot 10^9$ Бк. Определить период полураспада $T_{1/2}$.
8. Зная массу нейтрального атома изотопа лития ${}^7_3\text{Li}$, определить массы m_1 , m_2 , m_3 ионов лития: однозарядного $({}^7_3\text{Li})^+$, двухзарядного $({}^7_3\text{Li})^{++}$ и трехзарядного $({}^7_3\text{Li})^{+++}$.
9. Найти энергию Q ядерных реакций: 1) ${}^3_1\text{H}(p, \gamma){}^4_2\text{He}$; 2) ${}^2_1\text{H}(d, \gamma){}^4_2\text{He}$; 3) ${}^2_1\text{H}(n, \gamma){}^3_1\text{H}$; 4) ${}^{19}_9\text{F}(p, \alpha){}^{16}_8\text{O}$.
10. Ядро урана ${}^{235}_{92}\text{U}$, захватив один нейтрон, разделилось на два осколка, причем освободилось два нейтрона. Одним из осколков оказалось ядро ксенона ${}^{140}_{54}\text{Xe}$. Определить порядковый номер Z и массовое число A второго осколка.
11. При делении одного ядра ${}^{235}_{92}\text{U}$ выделяется энергия $Q = 200$ МэВ. Какую долю энергии покоя ядра ${}^{235}_{92}\text{U}$ составляет выделившаяся энергия?
12. Свободный нейтрон радиоактивен. Выбрасывая электрон и антинейтрино, он превращается в протон. Определить суммарную кинетическую энергию T всех частиц, возникающих в процессе превращения нейтрона. Принять, что кинетическая энергия нейтрона равна нулю и что масса покоя антинейтрино пренебрежимо мала.
13. Фотон с энергией $\varepsilon = 3$ МэВ в поле тяжелого ядра превратился в пару электрон-позитрон. Принимая, что кинетическая энергия частиц одинакова, определить кинетическую энергию T каждой частицы.

14. Электрон и позитрон, имевшие одинаковые кинетические энергии, равные 0,24 МэВ, при соударении превратились в два одинаковых фотона. Определить энергию ε фотона и соответствующую ему длину волны λ .
15. Нейтральный π -мезон (π^0), распадаясь, превращается в два одинаковых γ -фотона. Определить энергию ε фотона. Кинетической энергией и импульсом мезона пренебречь.

Методические рекомендации.

После обсуждения материала, соответствующего обозначенным вопросам, осуществляется переход к основному виду деятельности на занятии – решению типовых задач, в ходе которого происходит закрепление приобретенных знаний и формируются умения применять их на практике.

В случае возникновения затруднений при решении задач полезно рассмотреть примеры решения задач, приводящихся в задачниках и методических пособиях по решению задач.

Методическая литература

1. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. СПб.: Лань, 2010.
2. Иродов И.Е. Атомная и ядерная физика. СПб.: Лань, 2011.
3. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике М.: Издательство физико-математической литературы, 2009.
4. Материалы сайта www.nuclphys.sinp.msu.ru

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКА

Методические указания для обучающихся по организации и проведению самостоятельной работы

Направление подготовки 04.03.01 Химия
Направленность (профиль)
Неорганическая и аналитическая химия

Ставрополь, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
План-график выполнения самостоятельной работы	5
Методические рекомендации по изучению теоретического материала, подготовке к практическим работам	6
Методические указания по подготовке к экзамену	7

Введение

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студента).

Самостоятельная работа студента является важным видом учебной и научной деятельности студента. Федеральным государственным образовательным стандартом предусматривается значительный объем времени из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу. В связи с этим, обучение включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому самостоятельная работа должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи профессионального образования – подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности.

Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов над учебным материалом, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста студентов, воспитание творческой активности и инициативы.

Самостоятельная работа студента предполагает, прежде всего, его научно-исследовательскую и практическую деятельность, поскольку именно эти виды учебной работы в первую очередь готовят к самостоятельному выполнению профессиональных задач. Конечной целью самостоятельной работы является организация самостоятельной познавательной деятельности, формирование умения самостоятельно анализировать информацию, выделять главное и второстепенное.

Основными формами самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физика» являются:

- подготовка к лабораторной работе;
- подготовка к практическому занятию.

Семинар – обсуждение проблемы, темы по заранее заданной структуре (вопросам) с предварительным углубленной самостоятельной проработкой материала. Семинары помогают овладеть понятийно-терминологическим аппаратом, свободно оперировать им, понимать практическое приложение теории, прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления.

Индивидуальное задание – частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

В результате изучения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ИД-1_{УК-1} выделяет проблемную ситуацию, осуществляет ее анализ и диагностику на основе системного подхода;

ИД-2_{УК-1} осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации

ИД-3_{УК-1} определяет и оценивает риски возможных вариантов решений проблемной ситуации, выбирает оптимальный вариант её решения.

ИД-1_{ОПК-4} использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности

ИД-2_{ОПК-4} обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик

ИД-3_{ОПК-4} интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений

В результате освоения дисциплины студент должен продемонстрировать:

Готовность выделять проблемную ситуацию, осуществлять ее анализ и диагностику на основе системного подхода

Готовность осуществлять поиск, отбор и систематизацию информации в области оптики для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации

Готовность определять и оценивать риски возможных вариантов решений проблемной ситуации, выбор оптимального варианта её решения.

Готовность использовать базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности

Готовность обрабатывать данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик

Готовность интерпретировать результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений

ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Время сдачи
3 семестр			
Подготовка к практическому занятию «Кинематика материальной точки»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 1
Подготовка к практическому занятию «Динамика материальной точки»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 2
Подготовка к практическому занятию «Работа и механическая энергия»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 3
Подготовка к практическому занятию «Динамика твердого тела»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 4
Подготовка к практическому занятию «Основные представления молекулярно – кинетической теории газов»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 5
Подготовка к практическому занятию «Идеальный газ. Уравнение Менделеева-Клапейрона»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 6
Подготовка к практическому занятию «Распределения молекул идеального газа по скоростям и в поле потенциальных сил»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 7
Подготовка к практическому занятию «Явления переноса в газах»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 8
Подготовка к практическому занятию «Основы термодинамики»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 9
Подготовка к практическому занятию «Второе и третье начала термодинамики»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 10
Подготовка к практическому занятию «Реальные газы»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 11
Подготовка к практическому занятию «Понятие о фазовых переходах»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 12
Подготовка к практическому занятию «Жидкости и твердые тела»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 13
4 семестр			
Подготовка к практическому занятию «Электрическое поле в вакууме»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 14
Подготовка к практическому занятию «Электрическая емкость»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 15
Подготовка к практическому занятию «Постоянный ток»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 16
Подготовка к практическому занятию «Магнитное поле в вакууме»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 17
Подготовка к практическому занятию «Электромагнитная индукция»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 17
Подготовка к практическому занятию «Интерференция света»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 17
Подготовка к практическому занятию «Дифракция света»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 17
Подготовка к практическому занятию «Поляризация света»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 17
Подготовка к практическому занятию «Квантовая оптика»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 17
Подготовка к практическому занятию «Боровская теория атома»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 17
Подготовка к практическому занятию «Элементы квантовой механики»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 17

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Время сдачи
Подготовка к практическому занятию «Элементы физики атомов и молекул»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 17
Подготовка к практическому занятию «Элементы физики атомного ядра»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 18
Самостоятельное изучение литературы	Конспект	Собеседование	
Подготовка к лабораторной работе	Отчет	Собеседование	
Подготовка к экзамену	Экзамен	Вопросы к экзамену	

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА, ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

На первом этапе необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, в которой рассмотрено содержание тем дисциплины лекционного курса, взаимосвязь тем лекций с лабораторными занятиями, темы и виды самостоятельной работы. По каждому виду самостоятельной работы предусмотрены определённые формы отчетности.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации:

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополни- тельная	Методи- ческая	Интернет- ресурсы
3 семестр					
1	Кинематика материальной точки.	1-6	1-5	1-3	1-6
2	Динамика материальной точки.	1-6	1-5	1-3	1-6
3	Работа и механическая энергия.	1-6	1-5	1-3	1-6
4	Динамика твердого тела.	1-6	1-5	1-3	1-6
5	Элементы специальной теории относительности.	1-6	1-5	1-3	1-6
6	Элементы гидро- и аэродинамики.	1-6	1-5	1-3	1-6
7	Колебательное движение.	1-6	1-5	1-3	1-6
8	Физика волн. Элементы акустики.	1-6	1-5	1-3	1-6
9	Введение. Основные представления молекулярно – кинетической теории газов.	1-6	1-5	1-3	1-6
10	Идеальный газ. Уравнение Менделеева-Клапейрона.	1-6	1-5	1-3	1-6
11	Распределения молекул идеального газа по скоростям и в поле потенциальных сил.	1-6	1-5	1-3	1-6
12	Явления переноса в газах.	1-6	1-5	1-3	1-6
13	Основы термодинамики.	1-6	1-5	1-3	1-6
14	Второе и третье начала термодинамики.	1-6	1-5	1-3	1-6
15	Реальные газы.	1-6	1-5	1-3	1-6
16	Понятие о фазовых переходах.	1-6	1-5	1-3	1-6
17	Жидкости и твердые тела.	1-6	1-5	1-3	1-6
4 семестр					
18	Электрическое поле в вакууме.	1-6	1-5	1-3	1-6
19	Электрическое поле в веществе.	1-6	1-5	1-3	1-6
20	Электрическая емкость.	1-6	1-5	1-3	1-6
21	Постоянный ток.	1-6	1-5	1-3	1-6
22	Магнитное поле в вакууме.	1-6	1-5	1-3	1-6
23	Магнитное поле в веществе.	1-6	1-5	1-3	1-6
24	Электромагнитная индукция.	1-6	1-5	1-3	1-6
25	Уравнения Максвелла.	1-6	1-5	1-3	1-6
26	Электромагнитные колебания и волны.	1-6	1-5	1-3	1-6
27	Геометрическая оптика. Фотометрия.	1-6	1-5	1-3	1-6
28	Интерференция света.	1-6	1-5	1-3	1-6
29	Дифракция света.	1-6	1-5	1-3	1-6
30	Взаимодействие света с веществом.	1-6	1-5	1-3	1-6
31	Поляризация света.	1-6	1-5	1-3	1-6
32	Квантовая оптика.	1-6	1-5	1-3	1-6
33	Боровская теория атома.	1-6	1-5	1-3	1-6

34	Элементы квантовой механики.	1-6	1-5	1-3	1-6
35	Элементы физики атомов и молекул.	1-6	1-5	1-3	1-6
36	Элементы физики атомного ядра.	1-6	1-5	1-3	1-6

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

Промежуточная аттестация студентов является формой оценки качества освоения студентом образовательной программы, его уровня знаний, умений и навыков при сдаче студентом установленных рабочим учебным планом зачетов и экзаменов. Экзамены являются заключительным этапом изучения всей дисциплины или ее части и преследуют цель проверить полученные студентом теоретические знания. Экзамены принимаются преподавателем, ведущим лекционные занятия по данной дисциплине, а в его отсутствие – преподавателем, назначенным письменным распоряжением по кафедре. Экзамены принимаются по билетам в устной или письменной форме, в том числе с применением технических средств. Экзаменационные билеты утверждаются заведующим кафедрой. Результаты приема экзамена, как правило, оцениваются: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Главная **задача** проведения экзамена – проверка знаний, навыков и умений студента, по прослушанной дисциплине.

Основными функциями экзамена являются:

- обучающая;
- оценивающая;
- воспитательная.

Обучающее значение экзамена проявляется, прежде всего, в том, что в ходе экзаменационной сессии студент обращается к пройденному материалу, сосредоточенному в конспектах лекций, учебниках и других источниках информации.

Повторяя, обобщая, закрепляя и дополняя полученные знания, поднимает их на качественно-новый уровень – уровень системы совокупных данных, что позволяет ему понять логику всего предмета в целом. Новые знания студент получает в ходе самостоятельного изучения того, что не было изложено в лекциях и на семинарских занятиях.

Оценивающая функция экзамена состоит в том, что он подводит итоги не только конкретным знаниям студентов, но и в определенной мере всей системе учебной работы по курсу.

Если экзамен проводится объективно, доброжелательно, с уважительным отношением к личности и мнению студента, то он имеет и большое воспитательное значение. В этом случае экзамены стимулируют у студентов трудолюбие, принципиальность, ответственное отношение к делу, развивают чувство справедливости, собственного достоинства, уважения к науке и преподаванию.

Экзамен как особая форма учебного процесса имеет свои особенности, специфические черты и некоторые аспекты, которые необходимо студенту знать и учитывать в своей работе. Это, прежде всего:

- что и как запоминать при подготовке к экзамену;
- по каким источникам и как готовиться;
- на чем сосредоточить основное внимание;
- каким образом в максимальной степени использовать программу курса;
- что и как записать, а что выучить дословно и т. п.

Прежде всего, у студентов возникает вопрос – нужно ли заучивать учебный материал? Однозначного ответа здесь нет. Можно сказать и да, и нет. Все зависит от того, что именно заучивать. Запомнить, прежде всего, необходимо определение понятий и их основные положения. Именно в них указываются признаки, отражающие сущность данного явления и позволяющие отличить данное понятие и явление от других.

В то же время на экзамене, как правило, проверяется не столько уровень запоминания студентом учебного материала, сколько то, насколько успешно он оперирует теми или иными научными понятиями и категориями, систематизирует факты, как умеет мыслить, аргументировано отстаивать определенную позицию, объясняет и пересказывает заученную информацию.

При подготовке к экзамену следует запоминать и заучивать информацию с расчетом на помощь определенных подсобных учебно-методических средств и пособий, учебной программы курса. Правильно используя программу при подготовке к ответу (она должна быть на столе у каждого), студент получает информационный минимум для своего выступления.

Программу курса необходимо максимально использовать как в ходе подготовки, так и на самом экзамене. Ведь она включает в себя разделы, темы и основные проблемы, в рамках которых и формируются вопросы для экзамена.

Заранее просмотрев программу, можно лучше сориентироваться, чем она поможет на экзамене, в какой последовательности лучше учить ответы на вопросы. Найдя свой экзаменационный вопрос в программе, студент учитывает то, где он расположен и как сформулирован, как он соотносится и связан с другими вопросами, что позволяет ему мобилизовать все свои знания этой проблемы и гораздо увереннее и грамотнее построить свой ответ.

Такой подход не только позволяет облегчить, разгрузить сам процесс запоминания, но и содействует развитию гибкости мышления, сообразительности, ассоциативности, творческому отношению к изучению конкретного учебного материала.

Кроме этого, необходимо применять для запоминания материала и метод использования ассоциаций, то есть ту связь, которая образуется при определенных условиях между двумя или более понятиями, представлениями, определениями и т. д. Это такой психологический процесс, в результате которого одни понятия или представления вызывают появление в уме других. Чем с большим количеством фактов мы ассоциируем данный факт, тем более прочно он задержан нашей памятью.

Оптимальным для подготовки к экзамену является вариант, когда студент начинает подготовку к нему с первых занятий по данному курсу. Такие возможности ему создаются преподавателем. Однако далеко не все студенты эти возможности используют. Большинство из них выбирают метод атаки, штурма, когда факты закрепляются в памяти в течение немногих дней или даже часов для того, чтобы сдать.

В этом случае факты не могут образовать в уме прочные ассоциации с другими понятиями и поэтому такие знания, как правило, менее прочные и надежные, более бессистемные и формальные. Материал же, набираемый памятью постепенно, связанный с ассоциациями с другими событиями, неоднократно подвергаемый обсуждению, имеет иной, более высокий качественный уровень, сохраняется в памяти длительное время и может быть востребован в любой обстановке.

При подготовке к экзамену по наиболее сложным вопросам, ключевым проблемам и важнейшим понятиям необходимо сделать краткие письменные записи в виде тезисов, планов, определений. Запись включает дополнительные моторные ресурсы памяти.

Особое внимание в ходе подготовки к экзамену следует уделять конспектам лекций, ибо они обладают рядом преимуществ по сравнению с печатной продукцией. Как правило, они более детальные, иллюстрированные, что позволяет оценивать современную ситуацию, отражать самую свежую научную и оперативную информацию, отвечать на вопросы, интересующие аудиторию, в данный момент, тогда как при написании и опубликовании печатной продукции проходит определенное время, и материал быстро устаревает.

В то же время подготовка по одним конспектам лекций недостаточна, необходимо использовать и иную учебную литературу. Дать однозначную рекомендацию, по каким учебникам лучше готовиться к экзамену, нельзя, потому что идеальных учебников не бывает.

Они пишутся представителями различных научных школ и направлений, по-разному освещают, интерпретируют социальные процессы в обществе, в каждом из них есть плюсы и минусы, сильные и слабые стороны, достоинства и недостатки, одни проблемы раскрываются более глубоко и основательно, другие поверхностно или вообще не раскрываются. Поэтому для сравнения учебной информации и раскрытия всего многообразия данного явления желательно использовать два и более учебных пособия.

Не следует бояться дополнительных и уточняющих вопросов на экзамене. Они, как правило, задаются или помимо экзаменационного вопроса для выявления общей подготовленности студента, или в рамках билета для уточнения высказанной студентом мысли.

Среди основных критериев оценки ответа студента можно выделить следующие:

- правильность ответа на вопрос, то есть верное, четкое и достаточно глубокое изложение идей, понятий, фактов;
- полнота и одновременно лаконичность ответа;
- новизна учебной информации, степень использования последних научных достижений и нормативных источников;
- умение связать теорию с практикой и творчески применить знания к оценке сложившейся ситуации;
- логика и аргументированность изложения;
- грамотное комментирование, приведение примеров и аналогий;
- культура речи.

Все это позволяет преподавателю оценивать как знания, так и форму изложения материала.

Оценка знаний производится по 4-х балльной системе и на основании критериев, определенных в соответствующих документах по регламентации учебного процесса в вузах:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если студент полно раскрыл содержание вопроса в объеме, предусмотренном программой; продемонстрировал умение иллюстрировать теорию конкретными примерами, отвечал самостоятельно, без наводящих вопросов. Возможны одна — две неточности, которые студент легко исправил после замечания.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если ответ удовлетворяет основным требованиям оценки 5, но при этом, имеется один из недостатков и в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие содержания ответа, допущены один-два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные после замечания экзаменатора, допущены ошибка или более двух недочетов, при освещении второстепенных вопросов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если в ответе неполно раскрыто содержание материала, не продемонстрировано общее понимание вопроса, имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий или выкладках, исправленные после нескольких наводящих вопросов, при достаточном знании теории студент не всегда может применять эти знания на практике.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если выставляется при условии, если ответ не раскрывает основное содержание вопроса; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части данного вопроса, допущены ошибки в определении понятий при использовании терминологии предмета, не исправленные при нескольких наводящих вопросах.

Примерная тематика заданий для самостоятельной работы студентов
Вопросы к экзамену (3 семестр)
Базовый уровень

1. Движение материальной точки. Система отсчета. Координатный и векторный способы описания движения материальной точки.
2. Основные кинематические характеристики движения. Прямолинейное движение.
3. Кинематика движения по криволинейной траектории. Движение по окружности.
4. Взаимодействие тел. Сила. Инерциальные системы отсчета. Масса.
5. Законы динамики Ньютона. Закон сохранения импульса.
6. Фундаментальные взаимодействия в природе. Закон всемирного тяготения.
7. Силы в классической механике: тяжести, упругости, трения.
8. Энергия. Работа сил. Мощность.
9. Потенциальное поле сил. Силы консервативные и неконсервативные.
10. Кинетическая энергия материальной точки.
11. Потенциальная энергия системы взаимодействующих тел. Связь между потенциальной энергией и силой.
12. Полная механическая энергия системы тел. Закон сохранения и превращения механической энергии.
13. Абсолютно упругий и неупругий удары.
14. Движение твердого тела. Теорема о движении центра масс.
15. Момент силы. Момент импульса.
16. Основное уравнение динамики вращательного движения. Закон сохранения момента импульса.
17. Момент инерции. Теорема Штейнера. Кинетическая энергия движения твердого тела.
18. Принцип относительности Галилея. Преобразования Галилея. Классический закон сложения скоростей.
19. Постулаты Эйнштейна. Относительность времени и расстояний.
20. Преобразования Лоренца и следствия из них. Релятивистский закон сложения скоростей.
21. Кинетическая энергия релятивистской частицы. Закон сохранения полной энергии.
22. Гидростатика. Вязкость. Поле скоростей. Теорема неразрывности.
23. Уравнение Бернулли.
24. Гармонические колебания. Скорость и ускорение при гармонических колебаниях.
25. Сила и энергия при гармонических колебаниях. Простейшие механические колебательные системы.
26. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс.
27. Волна и ее характеристики. Уравнение плоской волны.
28. Природа звука. Скорость звука в различных средах.
29. Термодинамический метод исследования свойств микросистем.
30. Статистический метод исследования свойств микросистем.
31. Основные определения при измерении массы атомов и молекул.
32. Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ).
33. Экспериментальное обоснование МКТ.
34. Молекулярно кинетическое истолкование давления
35. Основное уравнение МКТ.
36. Молекулярно кинетическое истолкование температуры.
37. Уравнение Менделеева - Клапейрона. Законы идеального газа.
38. Распределение Максвелла (распределение молекул идеального газа по скоростям).
39. Распределение Максвелла (распределение молекул идеального газа по относительным скоростям и энергиям).
40. Экспериментальная проверка распределения Максвелла.
41. Барометрическая формула.
42. Распределение Больцмана (распределение молекул идеального газа в поле потенциальных сил).

43. Экспериментальная проверка распределения Больцмана. Определение постоянной Авогадро.
44. Эффективное сечение. Средняя длина свободного пробега. Среднее число соударений.
45. Явление внутреннего трения (закон Ньютона).
46. Теплопроводность (закон Фурье).
47. Явление диффузии (закон Фика).
48. Квазистатические процессы. Макроскопическая работа.
49. Внутренняя энергия – функция состояния системы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы.
50. Количество теплоты. Математическая формулировка первого начала термодинамики.
51. Теплоемкость вещества. Теплоемкости одноатомных, двухатомных и многоатомных газов.
52. Применения первого начала термодинамики к изопроцессам. Адиабатический процесс.
53. Второе начало термодинамики (Круговые процессы. Обратимые и необратимые процессы).
54. Коэффициент полезного действия тепловой машины.
55. Цикл Карно. Теорема Карно.
56. Энтропия. Статистическое истолкование второго начала термодинамики.
57. Термодинамические функции: энтальпия, свободная энергия, потенциал Гиббса.
58. Третье начало термодинамики (теорема Нернста).
59. Молекулярные силы и отступления от законов идеальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
60. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса и реального газа.
61. Критические параметры. Понятие о фазовых переходах (переход пар – жидкость).
62. Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля – Томсона.
63. Представление о структуре жидкостей (дырочная теория жидкого состояния).
64. Поверхностное натяжение жидкостей. Смачивание и капиллярные явления.
65. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Формула Лапласа.
66. Испарение и кипение жидкостей.
67. Аморфные и кристаллические тела.
68. Кристаллические решетки (решетки Браве).
69. Классификация кристаллов по типу связей. Дефекты в кристаллах.

Повышенный уровень

1. Движение в неинерциальных системах отсчета. Силы инерции. Сила Кориолиса и ее проявления в природе.
2. Законы Кеплера. Космические скорости.
3. Движение тела переменной массы. Реактивное движение.
4. Свободные оси. Гироскоп. Гироскопический эффект.
5. Парадоксы теории относительности.
6. Ламинарное и турбулентное течение. Число Рейнольдса. Движение тел в жидкостях и газах.
7. Автоколебания. Сложение колебаний. Биения.
8. Эффект Доплера в акустике.
9. Законы восприятия звука.
10. Ультразвук и инфразвук в природе и технике.
11. Виды термометров.
12. Атмосфера Земли и других планет.
13. Газы в состоянии технического вакуума. Получение технического вакуума.

14. Закон Гесса.
15. Циклы Отто и Дизеля.
16. Термодинамика открытых систем.
17. Парадокс Гиббса.
18. Принцип Ле Шателье – Брауна.
19. Сжижение газов. Получение низких температур.
20. Осмотическое давление. Закон Рауля.
21. Общие сведения о растворах.
22. Сублимация, плавление и кристаллизация.
23. Жидкие кристаллы.
24. Механические свойства кристаллов.
25. Плазма – четвертое состояние вещества.

Вопросы к экзамену (4 семестр)

Базовый уровень

1. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.
2. Напряженность электрического поля. Теорема Остроградского-Гаусса.
3. Потенциал электрического поля. Связь напряженности и потенциала.
4. Проводники в электрическом поле.
5. Диполь. Поляризация диэлектриков.
6. Поляризованность. Вектор электрического смещения.
7. Емкость. Конденсатор.
8. Энергия и плотность энергии электрического поля.
9. Сила и плотность тока. Сторонние силы. ЭДС.
10. Закон Ома для полной цепи.
11. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа.
12. Мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.
13. Электролиты. Законы электролиза Фарадея.
14. Магнитная индукция. Закон Био-Савара-Лапласа.
15. Взаимодействие токов. Закон Ампера. Сила Лоренца.
16. Магнитное поле токов различных конфигураций. Магнитное поле соленоида и тороида.
17. Теорема Гаусса для потока вектора магнитной индукции.
18. Намагничивание магнетика. Напряженность магнитного поля.
19. Магнитное поле в магнетиках: диа-, пара- и ферромагнетики.
20. Петля гистерезиса. Точка Кюри.
21. Эффект Холла.
22. ЭДС индукции. Закон Фарадея. Правило Ленца. Токи Фуко.
23. Явление самоиндукции. Взаимная индукция.
24. Энергия магнитного поля.
25. Электрический колебательный контур. Свободные затухающие колебания.
26. Волновое уравнение. Шкала электромагнитных волн.
27. Энергия электромагнитных волн. Вектор Пойнтинга.
28. Вихревое электрическое поле. Ток смещения.
29. Интегральная и дифференциальная формы записи уравнений Максвелла. Материальные уравнения.
30. Законы геометрической оптики. Тонкая линза.
31. Интерференция. Когерентность. Получение когерентных пучков.
32. Расчет интерференционной картины от двух источников.
33. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля.
34. Дифракция Фраунгофера на одной щели. Дифракционная решетка.
35. Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса.
36. Угол Брюстера. Двойное лучепреломление.

37. Корпускулярные свойства электромагнитного излучения.
38. Фотоэффект: его виды и законы.
39. Эффект Комптона.
40. Волновые свойства микрочастиц. Опыты Девиссона и Джермера.
41. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства вещества.
42. Соотношение неопределенностей.
43. Понятие волновой функции. Вероятностный характер волновых функций.
44. Уравнение Шредингера. Смысл пси-функции.
45. Квантование энергии.
46. Микрочастица в потенциальной яме.
47. Туннельный эффект.
48. Классический гармонический осциллятор. Квантовый осциллятор.
49. Угловой момент. Вращательные уровни молекул.
50. Классификация состояний электронов. Главное квантовое число. Орбитальный магнитный момент электрона.
51. Модель атома Томсона. Ядерная модель атома.
52. Постулаты Бора. Опыт Франка и Герца.
53. Элементарная боровская теория атома водорода. Спектр атома водорода.
54. Структура электронных уровней в атомах. Принцип Паули.
55. Молекула водорода. Обменное взаимодействие. Связь атомов в твердых телах.
56. Энергетические зоны в кристаллах.
57. Строение энергетических зон в металлах, полупроводниках и диэлектриках.
58. Комбинационное рассеяние света.
59. Тепловое излучение. Закон Кирхгофа.
60. Закон Стефана – Больцмана. Закон Вина. Формула Планка.
61. Спонтанное и вынужденное излучения.
62. Устройство и принцип действия оптических квантовых генераторов.
63. Свойства лазерного излучения.

Повышенный уровень

1. Сегнетоэлектрики. Пьезоэлектрики.
2. Основы классической электронной теории электропроводности металлов.
3. Ускорители заряженных частиц (бетатрон, циклотрон).
4. Магнитомеханические явления. Эффект Баркгаузена.
5. Многолучевая интерференция.
6. Эффекты Керра и Коттона – Муттона.
7. Оптически активные вещества.
8. Потенциальный барьер бесконечной ширины. Потенциальный барьер конечной ширины.
9. Спин электрона. Опыт Штерна-Герлаха.
10. Эффект Зеемана.
11. Периодическая система элементов Менделеева. Правила Хунда.
12. Тормозное рентгеновское излучение. Рентгеновские спектры.
13. Химическая связь. Образование молекул.
14. Оптическая пирометрия.

Рекомендуемая литература

Перечень основной литературы:

1. Звездина, Н.А.; Молекулярная физика. Термодинамика Электронный ресурс : учебно-методическое пособие / Г.В. Сакун / Н.Б. Пушкарева / Н.А. Звездина. - Молекулярная физика. Термодинамика, 2022-08-31. - Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. - 44 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-7996-1394-5.

2. Кащенко, А.П.; Физика твердого тела. Физика ядра. Ядерные реакции Электронный ресурс : учебно-методическое пособие / С.И. Шарапов / Г.С. Строковский / А.П. Кащенко. - Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. - 20 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
3. Савельев, И. В. Курс общей физики : в 4 т. : [учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по техн. направлениям и спец.] / И. В. Савельев ; под общ. ред. В. И. Савельева, Т. 4, Сборник вопросов и задач по общей физике. - 2-е изд., стер. - Москва : Кнорус, 2012. - 375 с. : ил. - Гриф: Доп. НМС. - Прил.: с. 359-375. - ISBN 978-5-406-02586-4. - ISBN 978-5-406-02591-8.
4. Савельев, И. В. Курс общей физики : в 4-х т. : [учеб. пособие] / И.В. Савельев, Т. 3, Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. - М. : КНОРУС, 2009. - 368 с. : ил. - На учебнике гриф: Доп.МО. - Библиогр. в подстроч. примеч. - ISBN 978-5-390-00351-0.
5. Савельев, И. В. Курс общей физики : учеб. пособие для вузов : [в 4 т.] / И. В. Савельев ; под ред. И. В. Савельева, Т.1, Механика. Молекулярная физика и термодинамика. - 2-е изд., стер. - М. : КноРус, 2012. - 528 с. : ил. - Гриф: Доп. МО. - Предм. указ.: с. 516-521. - ISBN 978-5-406-02586-4. - ISBN 978-5-406-02588-8.
6. Савельев, И. В. Курс общей физики : учеб. пособие для вузов : [в 4 т.] / И. В. Савельев ; под ред. И. В. Савельева, Т.2, Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. - 2-е изд., стер. - М. : КноРус, 2012. - 576 с. : ил. - Гриф: Доп. МО. - Предм. указ.: с. 561-570. - ISBN 978-5-406-02586-4. - ISBN 978-5-406-02589-5.

Перечень дополнительной литературы:

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : [учеб. пособие] : В 5 т. / Д.В. Сивухин, Т.2., Термодинамика и молекулярная физика. - 5-е изд., испр. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 544 с. : ил. - На учебнике гриф: Рек.МО. - ISBN 5-9221-0601-5.
2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие : в 5 т. / Д. В. Сивухин, Т. 1, Механика. - Изд. 5-е стер. - М. : Физматлит, 2010. - 560 с. : прил. - Имен. указ.: с. 554. - Предм. указ.: с. 555-560. - ISBN 978-5-9221-0715-0.
3. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие : в 5 т. / Д. В. Сивухин, Т. 3, Электричество. - Изд. 5-е стер. - М. : Физматлит, 2009. - 655 с. : прил. - Именной указ.: с. 646-647. - Предм. указ.: с. 648-654. - ISBN 978-5-9221-0673-3.
4. Сивухин, Д. В; Общий курс физики : учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин, Т. 4, Оптика. - изд. 3-е., стер. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 792 с. : ил. - Гриф.: Рек. МО. - Библиогр. в подстроч. примеч. - Указ. имен. и предм.: с. 780-791. - ISBN 5-9221-0228-1. - ISBN 5-9221-0229-X.
5. Сивухин, Д. В; Общий курс физики : учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин, Т. 5, Атомная и ядерная физика. - изд. 3-е., стер. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 784 с. : ил. - Гриф.: Рек. МО. - Библиогр. в подстроч. примеч. - Указ. имен. и предм.: с. 769-782. - ISBN 978-5-9221-0645-0.

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические рекомендации к практическим занятиям по дисциплине "Физика".
2. Методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине "Физика".
3. Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине "Физика".

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. <http://demo.home.nov.ru> – Мир физики: физический эксперимент;
2. <http://experiment.edu.ru> – естественнонаучные эксперименты - Физика: Коллекция Российского общеобразовательного портала;
3. <http://fizkaf.narod.ru> – кафедра и лаборатория физики Московского института открытого образования;
4. <http://genphys.phys.msu.ru> – сайт кафедры общей физики физфака МГУ.

5. <http://www.edu.delfa.net> – кабинет физики Санкт-Петербургской академии постдипломного педагогического образования;
6. <http://www.phys.spb.ru> – сайт физического факультета СПбГУ

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Информационные технологии:

1. Комплект «Виртуальный практикум по физике + Приложение № 1 к виртуальному практикуму по физике + Приложение № 2 к виртуальному практикуму по физике»;

Информационные справочные системы:

1. «Открытая Физика 2.6» (часть 1 и часть 2);
2. «Физика колебаний». Лабораторный компьютерный практикум для ВУЗов.

Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:

1. MATLAB Product Family;
2. Mathcad;