



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный технический университет»

Колледж СамГТУ

Чипура А.С.

ФИЗИКА

*Методические указания
к практическим работам*

САМАРА
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
2024

Печатается по решению методической комиссии Колледжа СамГТУ (протокол № 3 от 22.11.2024 г.).

Составитель: Чипура А.С.

Физика: методические указания к практическим работам по физике для студентов СПО / Чипура А.С. -Самара: Самарский государственный технический университет, 2024.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности среднего профессионального образования 08.02.13. Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования и вентиляции воздуха.

Методические указания включают в себя подробные описания практических работ, предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины ОП 08. Физика для специальности 08.02.13. Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования и вентиляции воздуха.

Содержание практических работ направлено на осознание студентами сути изучаемых теоретических явлений и процессов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Практическая работа №1 «Основные понятия динамики»
2. Практическая работа № 2 «Законы идеального газа»
3. Практическая работа № 3 « Постоянный электрический ток»
4. Практическая работа № 4 «Оптика и квантовая физика»

Введение

Решение физических задач – способ формирования учебных практических умений студентов

Практические занятия по физике предусмотрены учебным планом для студентов первого курса СПО специальности 08.02.13. *Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования и вентиляции воздуха*. Общее количество часов на практические занятия – 8 часов, продолжительность каждого занятия составляет 2 академических часа.

Практические занятия по физике направлены на формирование у обучающихся учебных практических умений, к которым относится умение решать задачи по физике. Решение задач по физике - необходимый элемент учебной работы, который способствует более глубокому и прочному усвоению физических законов, развитию логического мышления, инициативы, настойчивости в достижении поставленной цели, вызывает интерес к физике, помогает в приобретении навыков самостоятельной работы и служит незаменимым средством для развития самостоятельности суждения. Решение задач - это один из методов познания взаимосвязи законов природы. В процессе решения физических задач, обучающиеся непосредственно сталкиваются с необходимостью применить полученные знания по физике в жизни, глубже осознают связь теории с практикой. Решение задач - одно из важных средств повторения, закрепления и проверки знаний учащихся.

Требования к содержанию практических занятий

В пособии содержится указания к выполнению 4 практических занятий, каждое из которых содержит:

- тему занятия;
- цели занятия;
- теоретический материал по данной теме;
- примеры решения типовых задач;
- задачи для самостоятельного решения.

Итогом выполнения практического занятия является правильно оформленный отчет в тетради, содержащий:

- дату;
- номер и название практического занятия;
- цель работы;
- порядок выполнения практических заданий (формулировка задания, решение и ответ);

При выполнении практических работ студенты **должны знать:**

- основные теоретические вопросы по теме занятия;
- общий подход к решению физических задач;

При выполнении практических работ студенты **должны уметь:**

- пользоваться справочными материалами;
- записывать краткое условие задачи;
- выполнять необходимые математические преобразования;
- анализировать полученный результат

Критерии оценки практических работ

Оценка «Отлично» ставится в следующем случае:

- работа выполнена полностью; - сделан перевод единиц всех физических величин в «СИ», - все необходимые данные занесены в условие; - правильно выполнены чертежи, схемы, графики, рисунки, сопутствующие решению задач; правильно проведены математические расчеты и дан полный ответ; - на *качественные и теоретические вопросы* дан полный, исчерпывающий ответ литературным языком в определенной логической последовательности; - студент обнаруживает верное понимание физической сущности рассматриваемых явлений и закономерностей, законов и теорий, дает точное определение и истолкование основных понятий, законов, теорий при защите практической работы.

Оценка «Хорошо» ставится в следующем случае:

- работа выполнена полностью или не менее чем на 80 % от объема задания, но в ней имеются недочеты и несущественные ошибки; - ответ на качественные и теоретические вопросы удовлетворяет вышеперечисленным требованиям, но содержит неточности в изложении фактов определений, понятий, объяснении взаимосвязей, выводах и решении задач.

Оценка «Удовлетворительно» ставится в следующем случае:

- работа выполнена в основном верно (объем выполненной части составляет не менее $\frac{2}{3}$ от общего объема), но допущены существенные неточности; - студент обнаруживает понимание учебного материала при недостаточной полноте усвоения понятий и закономерностей; - умеет применять полученные знания при решении простых задач с использованием готовых формул, но затрудняется при решении качественных задач и сложных количественных задач, требующих преобразования формул.

Оценка «Неудовлетворительно» ставится в следующем случае: - работа в основном не выполнена (объем выполненной части менее $\frac{2}{3}$ от общего объема задания); - студент показывает незнание основных понятий, непонимание изученных закономерностей и взаимосвязей, не умеет решать количественные и качественные задачи; работа полностью не выполнена.

Практическая работа №1

«Основные понятия динамики. Первая и вторая задачи динамики»

Цель занятия: изучение основных законов динамики точки. Решение прямой и обратной задачи динамики точки. Изучение основных динамических характеристик - осевой момент инерции, импульс силы, количество движения точки и механической системы, кинетический момент, кинетическая энергия, работа силы.

Вопросы для самоподготовки

1. Какое свойство материальных тел называют инертностью?
2. Дайте определение термина «масса»?
3. Дайте определение термина «материальная точка»?
4. Чему равна масса механической системы, твердого тела?
5. Что называют центром масс тела, как определяют его положение?
6. Какое свойство материальных тел обозначают в механике термином «момент инерции»? Чему равен момент инерции материальной точки и твердого тела относительно оси?
7. Что называют импульсом силы? Как определяют импульс переменной силы?
8. Что называют работой силы? Как определяют работу постоянной по модулю и направлению силы и переменной силы?
9. Что называют мощностью? В каких единицах измеряют мощность?
10. Что называют количеством движения материальной точки? Чему равно количество движения твердого тела?
11. Что называют моментом количества движения? Чему равен момент количества движения материальной точки и твердого тела?
12. По каким формулам определяют кинетическую энергию твердых тел при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движении?
13. Сформулируйте основные законы динамики.
14. Что называют силой инерции материальной точки? По какой формуле определяют силу инерции материальной точки?

Тесты

1. Термин «масса» является характеристикой
а) объема тела; б) веса тела; в) инертности тела.
2. По какой формуле определяется момент инерции материальной точки относительно оси
а) $J=mr$; б) $J=mr^2$; в) $J=mr^2/2$.
3. Выберите выражение для определения импульса силы
а) $S=mV$; б) $S=mV^2$; в) $S=mV^2/2$.
4. Работа силы равна нулю при значении угла между вектором силы и вектором перемещения
а) 0° ; б) 90° ; в) 180° .
5. Тело вращается против хода часовой стрелки вокруг неподвижной оси, проходящей через центр тяжести тела. Чему равно количество движения?
а) $Q>0$; б) $Q<0$; в) $Q=0$.
6. По какой формуле определяется кинетическая энергия точки
а) $T=mV$ б) $T=mV^2$ в) $T=mV^2/2$.
7. При каком движении твердого тела его кинетическая энергия определяется по формуле $T=mV^2/2+J\omega^2/2$
а) поступательном; б) вращательном; в) плоскопараллельном.
8. По какой формуле определяется модуль силы инерции материальной точки
а) $F_u=mV^2$; б) $F_u=ma^2$ в) $F_u=ma$.

Задачи на занятие

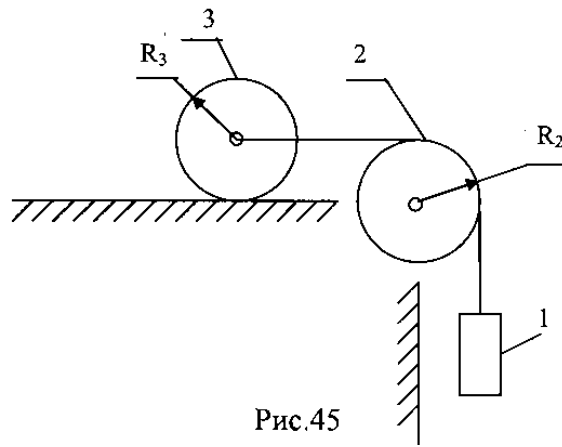
Задача 1. Свободная материальная точка массой $m=8$ кг движется прямолинейно согласно закону $S=2,5t^2$. Определить действующую на неё силу.

Задача 2. Сплошной диск, радиус которого $R=0,2$ м, масса $m=5$ кг, катится без скольжения по неподвижной поверхности. Скорость центра колеса $V_c=10$ м/с. Определить количество движения диска.

Задача 3. По условиям задачи 2 определить кинетическую энергию диска.

Контрольная задача по теме

Определить кинетическую энергию механической системы (рис.45), если груз 1 массой m_1 опускается со скоростью V_1 . Радиусы и массы сплошного шкива 2 и сплошного катка 3: R_2, R_3, m_2, m_3 соответственно.



Практическая работа №2

«Законы идеального газа»

Цель: Научиться применять газовые законы при решении задач.

Краткая теория. Состояние некоторой массы газообразного вещества характеризуют зависимыми друг от друга физические величины, называемые параметрами состояния. К ним относятся объём V , давление p , температура T . Всякое изменение состояния тела (системы тел) называется термодинамическим процессом. Для изучения и сравнения различных термодинамических процессов их изображают графически.

Изопроцессами называют термодинамические процессы, протекающие в системе с неизменной массой при постоянном значении одного из параметров состояния системы. Процесс, протекающий в газе, при котором объём остаётся постоянным, называется изохорным.

Закон Шарля: давление газа данной массы при постоянном объёме возрастает линейно с увеличением температур.

Процесс, протекающий в газе, при котором давление остаётся постоянным, называется изобарным.

Закон Гей-Люссака: объём газа данной массы при постоянном давлении возрастает линейно с увеличением температуры.

Процесс, протекающий в газе, при котором температура остаётся постоянным, называется изотермическим.

Закон Бойля-Мариотта: давление газа данной массы при постоянной температуре убывает с увеличением объёма.

Для произвольной массы m газа с молярной массой M справедливо уравнение Менделеева-Клапейрона:

$R=8,31$ — молярная (универсальная) газовая постоянная.

В другом виде уравнение состояния идеального газа можно записать в виде: $p=n \cdot k \cdot T$, где n — концентрация газа, то есть число частиц в единице объёма газа,

N_A — постоянная Авогадро,

k — постоянная Больцмана.

Закон Бойля-Мариотта: $P_1 V_1 = P_2 V_2$

Закон Гей-Люссака: $V_1/T_1 = V_2/T_2$

Закон Шарля: $P_1/T_1 = P_2/T_2$

Вопросы для самоподготовки

1. Какой газ называется идеальным? При каких условиях реальный газ можно считать идеальным?
2. Напишите уравнения состояния для идеального газа?
3. Сформулируйте закон Бойля – Мариотта? Каким уравнением он описывается?
4. Сформулируйте закон Гей-Люссака? Каким уравнением он описывается?
5. Сформулируйте закон Шарля? Каким уравнением он описывается?

Примеры решения типовых расчетных задач на газовые законы

Задача 1. Баллон вместимостью $V_2 = 0,02$ м³, содержащий воздух под давлением $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, соединяют с баллоном вместимостью $V_2 = 0,06$ м³, из которого воздух выкачан. Определите давление p , которое установится в сосудах. Температура постоянна.

Решение. Воздух из первого баллона займёт весь предоставленный ему объём $V_1 + V_2$. По закону Бойля—Мариотта $p_1 V_1 = p(V_1 + V_2)$. Отсюда искомое давление

$$p = \frac{p_1 V_1}{V_1 + V_2} = 10^5 \text{ Па}$$

Задача 2. В запаянной пробирке находится воздух при атмосферном давлении и температуре 300 К. При нагревании пробирки на 100 °С она лопнула. Определите, какое максимальное давление выдерживает пробирка.

Решение. Объем воздуха при нагревании остаётся постоянным. Для определения давления в пробирке при нагревании до 100 °С применяем закон Шарля По условию $T_2 = 400 \text{ К}$. $\frac{p_1}{p_2} =$

$\frac{T_1}{T_2}$ Заметим, что изменение температуры по шкале Кельвина равно изменению температуры по

шкале Цельсия. Тогда давление $p_2 = \frac{p_1}{T_1} T_2$ Однако, разорваться пробирке мешает

атмосферное давление. Тогда окончательно давление, которое может выдержать пробирка - $p_{\max} = p_{\text{атм}} + p_2 \approx 2,25 \text{ атм}$.

Задача 3. При нагревании газа при постоянном объёме на 1 К, давление увеличилось на 0,2 %. Чему равна начальная температура газа?

Решение. Газ нагревается при постоянном объёме — процесс изохорный. По закону Шарля

где $T_2 = T_1 + \Delta T$. $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$, $\frac{p_1}{p_1 \cdot 1,002} = \frac{T_1}{T_1 + \Delta T}$, Из условия задачи следует, что $p_2 = p_1 \cdot 1,002$, т. е. откуда $T_1 = \Delta T / 0,002 = 500 \text{ К}$.

Задача 4. Определить плотность смеси, состоящей из 4 г водорода и 32 г кислорода при температуре 7 °С и давлении 93,3 кПа.

Решение. Искомая плотность смеси $\rho = \frac{m}{V}$, где $m = m_1 + m_2$ — масса смеси, V — ее объем.

Температура T и давление p известны. По закону Дальтона $p = p_1 + p_2$, где p_1 — давление водорода, p_2 — давление кислорода.

Применяя к водороду и кислороду уравнение Менделеева – Клайперона, получим для двух газов:

$$p_1 V_1 = \frac{m_1}{M_1} RT \quad \text{и} \quad p_2 V_2 = \frac{m_2}{M_2} RT$$

где M_1 и M_2 — молярные массы водорода и кислорода. Следовательно,

$$(p_1 + p_2) V = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) RT \Rightarrow V = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) \frac{RT}{p}$$

Подставив значение объема в исходную формулу, получим

$$\rho = \frac{(m_1 + m_2) p}{\left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) RT} = 0,481 \text{ кг/м}^3.$$

Задачи для занятия

1. Воздух под поршнем насоса имел давление 105 Па и объем 200 см³. При каком давлении этот воздух займет объем 130 см³, если его температура не изменится?

2. Газ занимает объем 2 м³ при температуре 273°С. Каков будет его объем при температуре 546 °С и прежнем давлении?

3. 10 г кислорода находятся под давлением 0.303 МПа при температуре 10°C. После нагревания при постоянном давлении кислород занял объем 10 л. Найти начальный объем и конечную температуру газа.

4. Газ находится в баллоне при температуре 288К и давлении 1.8 МПа. При какой температуре давление газа станет равным 1.55 МПа? Объем баллона считать неизменным.

5. В одном сосуде вместимостью $V_1 = 2$ л давление газа $p_1 = 3.3 \cdot 10^5$ Па, а в другом вместимостью $V_2 = 6$ л давление того же газа $p_2 = 6.6 \cdot 10^5$ Па. Какое давление p установится в сосудах, если их соединить между собой? Процесс считать изотермическим.

Контрольная задача по теме

Определить плотность смеси, состоящей из 4 г водорода и 32 г кислорода при температуре 7 °С и давлении 93,3 кПа.

Практическая работа № 3 «Постоянный электрический ток»

Цель: рассмотреть методы решения задач на использование закона Ома в цепях постоянного тока и применение правил Кирхгофа для расчета сложных разветвленных цепей постоянного тока.

Теория. При решении задач на законы постоянного тока нужно начертить электрическую цепь и проанализировать, как соединены резисторы, источники тока, конденсаторы. Если точки цепи имеют одинаковые потенциалы, их можно соединять между собой.

Далее рассчитывают сопротивление отдельных участков цепи или полное сопротивление цепи и используют закон Ома для участков цепи или замкнутой цепи. Если в цепи постоянного тока включен конденсатор, то ток через него не идет. Если параллельно конденсатору подключен резистор, то напряжение на резисторе и конденсаторе одинаково.

Расчет разветвленных цепей, содержащих несколько замкнутых контуров (контуры могут иметь общие участки, каждый из контуров может иметь несколько источников тока и т. д.), довольно сложен. Эта задача решается более просто с помощью двух правил Кирхгофа.

Любая точка разветвления цепи, в которой сходится не менее трех проводников с током, называется **узлом**. При этом ток, входящий в узел, считается *положительным*, а ток, выходящий из узла, — *отрицательным*.

Первое правило Кирхгофа - *«Алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю»*

Первое правило Кирхгофа вытекает из закона сохранения электрического заряда. Действительно, в случае установившегося постоянного тока ни в одной точке проводника и ни на одном его участке не должны накапливаться электрические заряды. В противном случае токи не могли бы оставаться постоянными.

Второе правило Кирхгофа – *«В любом замкнутом контуре, произвольно выбранном в разветвленной электрической цепи, алгебраическая сумма произведений сил токов I на сопротивления R , соответствующих участков этого контура равна алгебраической сумме ЭДС, встречающихся в этом контуре»*

Направление обхода по часовой стрелке примем за положительное, отметив, что выбор этого направления совершенно произволен. Все токи, совпадающие по направлению с направлением обхода контура, считаются положительными, не совпадающие с направлением обхода — отрицательными. Источники тока считаются положительными, если они создают ток, направленный в сторону обхода контура. При решении задач на законы постоянного тока нужно начертить электрическую цепь и проанализировать, как соединены резисторы, источники тока, конденсаторы. Если точки цепи имеют одинаковые потенциалы, их можно соединять между собой.

Далее рассчитывают сопротивление отдельных участков цепи или полное сопротивление цепи и используют закон Ома для участков цепи или замкнутой цепи. Если в цепи постоянного тока включен конденсатор, то ток через него не идет. Если параллельно конденсатору подключен резистор, то напряжение на резисторе и конденсаторе одинаково.

Расчет сложных разветвленных цепей проводят с помощью правил Кирхгофа. Для этого произвольно выбирают направление тока на всех участках цепи. Разбивают сложную цепь на простые замкнутые контуры, произвольно выбирают направления обхода контуров.

Составляют систему уравнений в соответствии с правилами Кирхгофа, учитывая правила выбора знаков "плюс" и "минус".

Алгоритм расчета сложных цепей.

При расчете сложных цепей постоянного тока с применением правил Кирхгофа необходимо: 1. Выбрать произвольное направление токов на всех участках цепи. Произвольность выбора не повлияет на правильность ответа. Действительное направление токов определяется при решении задачи: если искомый ток получится положительным, то его направление было выбрано правильно, отрицательным — его истинное направление противоположно выбранному.

2. Выбрать направление обхода контура и строго его придерживаться. Произведение

$\sum R I$ положительно, если ток на данном участке совпадает с направлением обхода, и, наоборот, ЭДС, действующие по выбранному направлению обхода, считаются положительными, против — отрицательными.

3. Составить столько уравнений, чтобы их число было равно числу искомых величин. В систему уравнений должны входить все сопротивления и ЭДС рассматриваемой цепи. Каждый рассматриваемый контур должен содержать хотя бы один элемент, не содержащийся в предыдущих контурах, иначе получатся уравнения, являющиеся простой комбинацией уже составленных.

Примеры решения расчетных задач

Задача 1. По медному проводу сечением $S = 1 \text{ мм}^2$ течет ток силой $I = 10 \text{ мА}$. Найдите среднюю скорость упорядоченного движения электронов вдоль проводника, если считать, что на каждый атом меди приходится один электрон проводимости. Молярная масса меди $A = 63,6 \text{ г/моль}$, плотность меди $\rho = 8,9 \text{ г/см}^3$.

Решение:

Сила тока в проводнике равна заряду, протекающему за единицу времени через поперечное сечение проводника

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = nq v S, \quad (1)$$

где n - концентрация электронов, q - заряд одного электрона, v - средняя скорость упорядоченного движения, S - площадь поперечного сечения проводника. Из (1) получим следующее выражение для средней скорости упорядоченного движения электронов:

$$v = \frac{I}{nqS}. \quad (2)$$

Поскольку на каждый атом меди приходится один электрон проводимости, то концентрация электронов проводимости будет равна концентрации атомов меди. Следовательно, концентрация электронов проводимости будет связана с плотностью меди соотношением

$$n = \frac{\rho}{m}, \quad (3)$$

где m - масса одного атома.

$$m = \frac{A}{N_A}, \quad (4)$$

здесь N_A - число Авогадро. Подставляя (4) в (3), получим:

$$n = \frac{\rho N_A}{A}.$$

Тогда скорость упорядоченного движения электронов будет иметь вид:

$$v = \frac{IA}{\rho N_A q S} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ см/с.}$$

$$v = \frac{IA}{\rho N_A q S} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ см/с.}$$

Ответ:

Задача 2. В схеме, изображенной на рис. 5, определите силу тока, протекающего через батарею в первый момент времени после замыкания ключа K ; спустя большой промежуток времени. Параметры элементов схемы и внутреннее сопротивление источника r считать заданными.

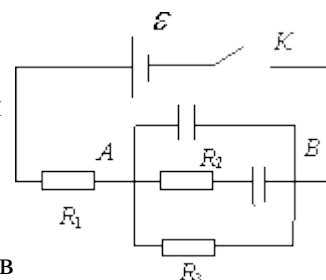


Рис. 5

Решение:

В первый момент времени конденсаторы не заряжены, и ток в цепи, согласно закону Ома, будет равен

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r}.$$

В установившемся режиме ток течет через сопротивления R_1 и R_3 , и сила тока будет равна

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_3 + r}.$$

Ответ: $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r}, I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_3 + r}.$

Задача 3. Что покажет амперметр в схеме, изображенной на рис. 6?

Решение:

Найдем силу тока, текущего через источник. Будем считать, что сопротивление амперметра очень мало. Тогда электрическую схему можно будет перерисовать так, как показано на рис. 7. После этого легко найти сопротивление всей цепи. Сопротивления R_1 и R_3 соединены параллельно, поэтому сопротивление участка BC будет равно

$$R_{13} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = 5 \text{ Ом.}$$

Общее сопротивление участка цепи, содержащего сопротивления R_1 , R_2 и R_3 , будет равно

$$R_{123} = R_{13} + R_2 = 15 \text{ Ом.}$$

Тогда общее сопротивление всей цепи определится следующим образом:

$$R = \frac{R_{123} R_4}{R_{123} + R_4} = 7,5 \text{ Ом.}$$

Сила тока, текущего через источник, согласно закону Ома для полной цепи, будет равна

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R} = 4 \text{ А,}$$

где \mathcal{E} - электродвижущая сила источника тока.

Как видно из рис. 6, ток, идущий через источник, равен сумме токов, текущих через сопротивление R_1 и амперметр I_A :

$$I = I_A + I_1.$$

Обратимся снова к рис. 7. Так как $R_{123} = R_4$, то в точке A ток I_0 делится на две равные части. Через резистор R_2 будет

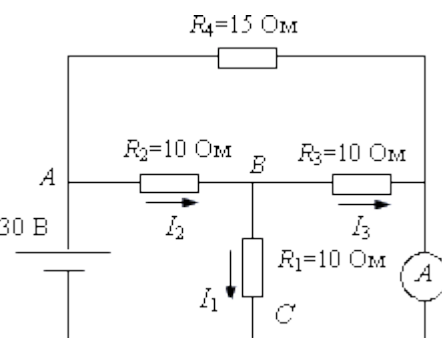


Рис. 6

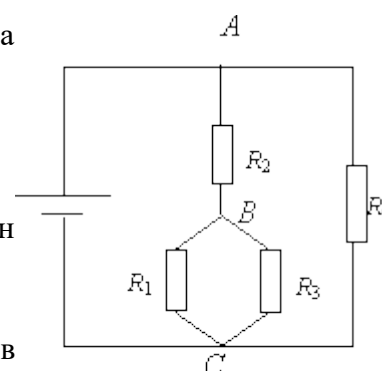


Рис. 7

идти ток силой $I_2 = 2\text{ А}$. В точке B ток I_2 снова делится поровну между резисторами R_1 и R_3 , и через резистор R_1 пойдет ток силой $I_1 = 1\text{ А}$.

В точке C можно записать $I_0 = I_1 + I_A$. Отсюда

$$I_A = I_0 - I_1 = 3\text{ А}.$$

Ответ: $I_A = 3\text{ А}$.

Задача 4. Собрана электрическая цепь, приведенная на рис. 8. Вольтметр, включенный параллельно резистору с сопротивлением $R_1 = 0,4\text{ Ом}$, показывает $U_1 = 34,8\text{ В}$. Напряжение на зажимах источника тока поддерживается постоянным и равным $U = 100\text{ В}$. Найдите отношение силы тока, идущего через вольтметр, к силе тока, идущего через резистор с сопротивлением $R_2 = 0,6\text{ Ом}$.

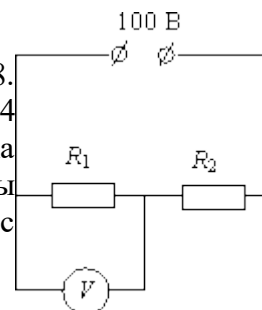


Рис. 8

Решение:

Напряжение на резисторе с сопротивлением R_2 будет равно $U - U_1$, а сила тока, идущего через этот резистор, согласно закону Ома для однородного участка цепи,

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U - U_1}{R_2}, \text{ но } I_2 = I_1 + I_V,$$

где I_1 - сила тока, идущего через резистор с сопротивлением R_1 , а I_V - сила тока, идущего через вольтметр. Отсюда

$$I_V = I_2 - I_1.$$

Тогда

$$\frac{I_V}{I_2} = 1 - \frac{I_1}{I_2} = 1 - \frac{U_1}{R_1 I_2} = 1 - \frac{U_1 R_2}{R_1 (U - U_1)} \approx 0,004.$$

$$\frac{I_V}{I_2} = 1 - \frac{U_1 R_2}{R_1 (U - U_1)} \approx 0,004.$$

Ответ: I_2

Задача 5. Несколько источников тока соединены так, как показано на рис. 9. Каковы показания идеального амперметра и вольтметра, включенных в цепь? Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.

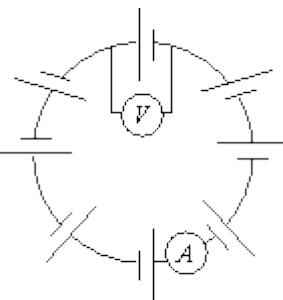


Рис. 9

Решение:

Случай 1. Считаем, что все источники одинаковы, то есть имеют одинаковую электродвижущую силу \mathcal{E} и внутреннее сопротивление r . Пусть количество источников равно n . Тогда, используя закон Ома для замкнутой цепи, получим:

$$I = \frac{n\mathcal{E}}{nr} = \frac{\mathcal{E}}{r}.$$

Таким будет показание амперметра. Из закона Ома для неоднородного участка цепи следует, что показание вольтметра будет

$$U = \mathcal{E} - Ir = 0.$$

Случай 2. Все источники различны. Тогда амперметр покажет силу тока

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i}{\sum_{i=1}^n r_i}$$

Очевидно, что показание вольтметра в этом случае $U \neq 0$.

Ответ: если все источники тока одинаковы, то $I = \frac{\mathcal{E}}{r}$; $U = 0$, если электродвижущие

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i}{\sum_{i=1}^n r_i}, U \neq 0.$$

силы источников тока различны, то

Задача 6. Найдите напряжение на конденсаторах емкостями C_1 и C_2 в цепи, показанной на рис. 10, если известно, что при коротком замыкании сила тока, проходящего через источник, возрастает в n раз. C_1 , C_2 , \mathcal{E} известны.

Решение:

Напряжение на резисторе, подключенном параллельно к конденсаторам,

$$U = U_1 + U_2, \quad (5)$$

где U_1 и U_2 - напряжение на первом и втором конденсаторах соответственно. Конденсаторы соединены последовательно, следовательно, заряды на них будут одинаковыми.

$$q = C_1 U_1 = C_2 U_2. \quad (6)$$

Решая совместно уравнение (5) и (6), получим:

$$U_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} U, \quad U_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} U. \quad (7)$$

Через конденсаторы ток не идет, поэтому закон Ома для рассматриваемой цепи запишется в виде:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}, \quad (8)$$

где r - внутреннее сопротивление источника, I - сила тока, текущего через источник и резистор. Падение напряжения на резисторе, согласно закону Ома для однородного участка цепи,

$$U = IR = \mathcal{E} - Ir. \quad (9)$$

Ток короткого замыкания соответствует $R = 0$, то есть

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{r}.$$

Согласно условию задачи

$$\frac{I_0}{I} = n.$$

Подставляя значение I и I_0 в последнее соотношение, получим:

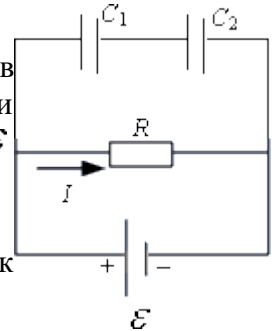
$$\frac{R + r}{r} = n.$$

Отсюда $R = r(n - 1)$. Подставляя значение R в (8), получим $I = \frac{\mathcal{E}}{rn}$.

После подстановки I в (9) получим:

$$U = \frac{n-1}{n} \mathcal{E}.$$

Подставляя найденное значение U в (7), получим:



$$U_1 = \frac{(n-1)C_2}{n(C_1+C_2)} \mathcal{E}, \quad U_2 = \frac{(n-1)C_1}{n(C_1+C_2)} \mathcal{E}.$$

$$\text{Ответ: } U_1 = \frac{(n-1)C_2}{n(C_1+C_2)} \mathcal{E}, \quad U_2 = \frac{(n-1)C_1}{n(C_1+C_2)} \mathcal{E}.$$

Задача 7. В схеме на рис. 12 $\mathcal{E}_1 = 2 \text{ В}$, $\mathcal{E}_2 = 4 \text{ В}$, $\mathcal{E}_3 = 6 \text{ В}$, $R_1 = 4 \text{ Ом}$, $R_2 = 6 \text{ Ом}$, $R_3 = 8 \text{ Ом}$. Найдите силу тока во всех участках.

Решение:

Воспользуемся правилами Кирхгофа. Зададим направления токов I_1, I_2, I_3 . В качестве независимых контуров выберем большой контур, содержащий источники тока \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_3 , и малый контур, содержащий источники тока \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 . Обход контуров будем совершать по часовой стрелке (рис. 13). Тогда можно составить следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + I_3 = 0, \\ I_1 R_1 - I_2 R_2 = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2, \\ I_1 R_1 - I_3 R_3 = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_3. \end{cases}$$

Решая систему уравнений относительно токов, получим следующие значения:

$$I_1 = \frac{(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_3)R_2 + (\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2)R_3}{R_1 R_3 + R_1 R_2 + R_3 R_2} = -0,385 \text{ А};$$

$$I_2 = \frac{(\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_3)R_1 - (\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2)R_3}{R_1 R_3 + R_1 R_2 + R_3 R_2} = 0,077 \text{ А};$$

$$I_3 = \frac{(\mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_2)R_1 - (\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_3)R_2}{R_1 R_3 + R_1 R_2 + R_3 R_2} = 0,308 \text{ А}.$$

Знак минус означает, что ток I_1 течет в направлении, противоположном выбранному.

$$I_1 = \frac{(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_3)R_2 + (\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2)R_3}{R_1 R_3 + R_1 R_2 + R_3 R_2} = 0,385 \text{ А};$$

$$I_2 = \frac{(\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_3)R_1 - (\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2)R_3}{R_1 R_3 + R_1 R_2 + R_3 R_2} = 0,077 \text{ А};$$

$$I_3 = \frac{(\mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_2)R_1 - (\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_3)R_2}{R_1 R_3 + R_1 R_2 + R_3 R_2} = 0,308 \text{ А}.$$

Ответ:

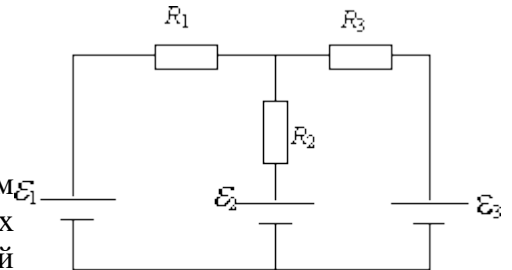


Рис. 12

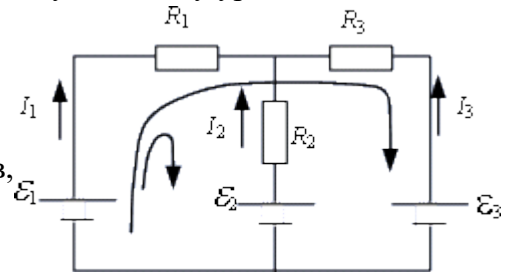


Рис. 13

Задача 8. Электродвижущая сила батареи $\mathcal{E} = 16 \text{ В}$, внутреннее сопротивление $r = 3 \text{ Ом}$. Найдите сопротивление внешней части цепи, если известно, что в ней выделяется мощность $P = 16 \text{ Вт}$. Определите к.п.д. батареи.

Решение:

Если внешнее сопротивление равно R , то на нем выделяется полезная мощность $P = I^2 R$. Силу тока в цепи можно найти из закона Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

Тогда

$$P = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R+r)^2}$$

Последнее выражение можно переписать в виде квадратного уравнения с неизвестным R :

$$R^2 + \left(2r - \frac{\mathcal{E}^2}{P}\right)R + r^2 = 0.$$

Решение этого уравнения имеет вид:

$$R_{1,2} = \left(\frac{\mathcal{E}^2}{2P} - r\right) \pm \sqrt{\frac{\mathcal{E}^4}{4P^2} - \frac{\mathcal{E}^2 r}{P}}.$$

Подставляя в полученное решение числа, получим $R_1 = 1$ Ом; $R_2 = 9$ Ом. Этим двум значениям сопротивления соответствуют к.п.д.:

$$\eta_1 = \frac{R_1}{R_1 + r} = 0,25; \quad \eta_2 = \frac{R_2}{R_2 + r} = 0,75.$$

Ответ: $R_{1,2} = \left(\frac{\mathcal{E}^2}{2P} - r\right) \pm \sqrt{\frac{\mathcal{E}^4}{4P^2} - \frac{\mathcal{E}^2 r}{P}}; \quad \eta_1 = \frac{R_1}{R_1 + r} = 0,25; \quad \eta_2 = \frac{R_2}{R_2 + r} = 0,75.$

Задачи для занятия

1. Электродвижущая сила источника $\mathcal{E} = 1,6$ В, его внутреннее сопротивление $r = 0,5$ Ом. Сила тока в цепи $I = 2,4$ А. Чему равен к.п.д. источника?

Ответ: $\eta = 0,3$.

2. Два потребителя, сопротивления которых R_1 и R_2 , подключаются к сети постоянного тока первый раз параллельно, а второй - последовательно. В каком случае мощность, потребляемая от сети, будет больше?

Ответ: $\frac{P_{\text{парал}}}{P_{\text{послед}}} = \frac{(R_1 + R_2)^2}{R_1 R_2} > 1.$

3. Резистор и конденсатор соединены последовательно с источником электродвижущей силы, при этом заряд на обкладках конденсатора $q_1 = 6 \cdot 10^{-4}$ Кл. Если резистор и конденсатор подключены к источнику электродвижущей силы параллельно, то заряд на обкладках конденсатора $q_2 = 4 \cdot 10^{-4}$ Кл. Найдите внутреннее сопротивление источника электродвижущей силы r , если сопротивление резистора $R = 45$ Ом.

Ответ: $r = \frac{q_1 - q_2}{q_2} R = 23$ Ом.

4. Определите полное сопротивление R показанной на рис. 17 цепи, если $R_1 = R_2 = R_5 = R_6 = 3$ Ом, $R_3 = 20$ Ом, $R_4 = 24$ Ом. Чему равна сила тока, идущего через каждый резистор, если к цепи приложено напряжение $U = 36$ В?

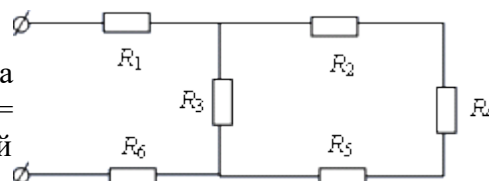


Рис. 17

Ответ: $R = 18$ Ом, $I_1 = I_6 = 2$ А, $I_3 = 1,2$ А, $I_2 = I_4 = I_5 = 0,8$ А.

5. Два источника тока соединены, как показано на рис. 18. 1) Определите разность потенциалов между точками A и B . 2) Какой станет эта разность потенциалов, если изменить полярность включения источника?

Ответ: 1) $U = \frac{|\mathcal{E}_1 r_2 - \mathcal{E}_2 r_1|}{r_1 + r_2}$; 2) $U = \frac{\mathcal{E}_1 r_1 + \mathcal{E}_2 r_2}{r_1 + r_2}$.

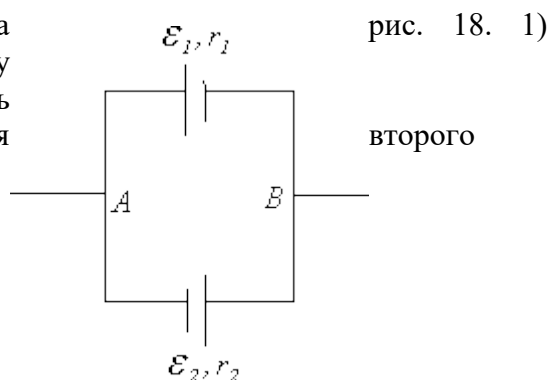


Рис. 18

6. Конденсаторы с емкостями C и $2C$ включены в цепь, как показано на рис. 19, электродвижущая сила источника равна \mathcal{E} . Какое количество теплоты выделится на резисторе с сопротивлением R после замыкания ключа K ? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.

Ответ: $Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{6}$.

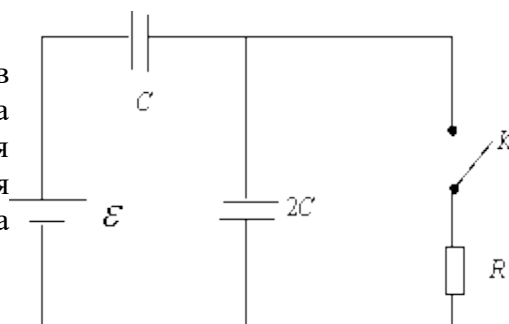


Рис. 19

Контрольная задача по теме

Батарея, состоящая из двух одинаковых параллельно соединенных элементов с электродвижущими силами $\mathcal{E} = 2$ В, замкнута резистором, сопротивление которого $R = 1,4$ Ом (рис. 16). Внутреннее сопротивление элементов $r_1 = 1$ Ом и $r_2 = 1,5$ Ом. Найдите токи I_1 , I_2 , I , текущие в цепи.

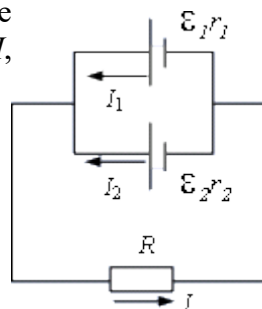


Рис. 16

Практическая работа № 4 «Квантовая оптика. Физика атома»

Цель работы: закрепить полученные теоретические сведения по теме решением задач, выработать практические навыки по решению задач.

Теория. В 1900 г. немецкий физик Макс Планк высказал гипотезу: свет излучается и поглощается отдельными порциями — квантами (или фотонами). Энергия каждого фотона определяется формулой $E = h\nu$, где h — постоянная Планка, равная $6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж · с, ν — частота света. Гипотеза Планка объяснила многие явления: в частности, явление фотоэффекта, открытого в 1887 г. немецким ученым Генрихом Герцем и изученного экспериментально русским ученым А. Г. Столетовым.

Фотоэффект — это явление испускания электронов веществом под действием света.

В результате исследований были установлены три закона фотоэффекта:

- а) Сила тока насыщения прямо пропорциональна интенсивности светового излучения, падающего на поверхность тела;
- б) максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с частотой света и зависит от его интенсивности;
- в) если частота света меньше некоторой определенной вещества минимальной частоты, то фотоэффект не происходит



Зависимость фототока от напряжения показана на рисунке 1.

Теорию фотоэффекта создал немецкий ученый А. Эйнштейн в 1905 г. В основе теории Эйнштейна лежит понятие работы выхода электронов из металла и понятие о квантовом излучении света. По теории Эйнштейна фотоэффект имеет следующее объяснение: поглощая квант света, электрон приобретает энергию $h\nu$. При вылете из металла энергия каждого электрона уменьшается на $A_{\text{вых}}$.

Работа выхода — это работа, которую необходимо затратить, чтобы удалить электрон из металла. Максимальная энергия электронов после вылета (если нет других потерь) имеет вид: $mv^2/2 = h\nu - A_{\text{вых}}$. Это уравнение носит название **уравнения Эйнштейна**.

Если $h\nu < A_{\text{вых}}$, то фотоэффект не происходит. Значит, *красная граница фотоэффекта* равна $\nu_{\min} = A_{\text{вых}}/h$

Приборы, в основе принципа действия которых лежит явление фотоэффекта, называют **фотоэлементами**. Простейшим таким прибором является вакуумный фотоэлемент. Недостатками такого фотоэлемента являются: слабый ток, малая чувствительность к длинноволновому излучению, сложность в изготовлении, невозможность использования в цепях переменного тока. Применяется в фотометрии для измерения силы света, яркости, освещенности, в кино для воспроизведения звука, в фототелеграфах и фототелефонах, в управлении производственными процессами.

Пример решения типовой задачи

Задача. Красная граница фотоэффекта для никеля равна 0,257 мкм. Найти длину волны света, падающего на никелевый электрод и начальную скорость вырывающихся этим светом фотоэлектронов, если фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов, равной 1,5 В.

Дано: $\lambda_k = 2,57 \cdot 10^{-7} \text{ м}$; $U_z = 1,5 \text{ В}$.

Найти: λ , v_e .

Решение: Согласно уравнению Эйнштейна для внешнего фотоэффекта, энергия поглощенного кванта тратится на совершение фотоэлектроном работы

выхода A и придание ему кинетической энергии E : $\frac{hc}{\lambda} = A + E$

Если фотокатод освещать светом с длиной волны, равной красной границе, вся энергия поглощенного фотона идет на совершение работы выхода:

$$\frac{hc}{\lambda_k} = A$$

Кинетическую энергию фотоэлектронов можно найти через задерживающую разность потенциалов: раз фотоэлектроны задерживаются разностью потенциалов, U_z , то их кинетическая энергия полностью расходуется на работу против сил тормозящего поля, следовательно, $E = eU_z$, где e – заряд электрона.

Тогда уравнение Эйнштейна можно переписать в виде

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_k} + eU_z$$

$$\lambda = \left(\frac{1}{\lambda_k} + \frac{eU_z}{hc} \right)^{-1}$$

Отсюда найдем длину волны падающего света: . Подставив численные значения, получим:

$$\lambda = \left(\frac{1}{2,57 \cdot 10^{-7} \text{ м}} + \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 1,5 \text{ В}}{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} \right)^{-1} = 1,96 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Найдем начальную скорость фотоэлектронов:

$$E = \frac{m_e v_e^2}{2} = eU_z$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2eU_z}{m_e}}$$

откуда m_e – масса покоя электрона.

Подставляя численные значения, получим:

$$v_e = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 1,5 \text{ В}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} = 7,26 \cdot 10^5 \text{ м/с}$$

Ответ: $v_e = 7,26 \cdot 10^5 \text{ м/с}$

Задачи для занятия

1. Определите в электрон-вольтах энергию фотона, соответствующего излучению с

- частотой 10^{15} Гц.
2. На пластину из никеля падает электромагнитное излучение, энергия фотонов которого равна 9 эВ. При этом в результате фотоэффекта из пластины вылетают электроны с максимальной энергией 4 эВ. Чему равна работа выхода электронов из никеля?
 3. К какому виду следует отнести лучи, энергия фотонов которых равна 2,07 эВ?
 4. Найдите импульс фотона ультрафиолетового излучения с частотой $1,5 \cdot 10^{15}$ Гц.
 5. Каков импульс фотона, энергия которого равна 3 эВ?

Контрольные задачи по теме

1. Какова красная граница фотоэффекта для золота, если работа выхода электронов равна 4,59 эВ?
2. Работа выхода электронов из цинка равна 4 эВ. Какова скорость фотоэлектронов при освещении цинковой пластины излучением с длиной волны 200 нм?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бакалавр. Углубленный курс. Курс общей физики: учеб. для бакалавров : в 3 кн./ Б. В. Бондарев ; Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин.- М.: Юрайт // Кн.1: Механика.- 2019.- 353 с.
2. . Бакалавр. Углубленный курс. Курс общей физики: Учеб. для бакалавров: в 3 кн./ Б. В. Бондарев ; Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин.- М.: Юрайт // Кн.2: Электромагнетизм, оптика, квантовая физика.- 2019.- 441 с.
3. Бакалавр. Углубленный курс. Курс общей физики: учеб. для бакалавров: в 3 кн./ Б.В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин.- М.: Юрайт // Кн.3: Термодинамика, статистическая физика, строение вещества.- 2019.- 369 с.
4. Матус Е.П. Краткий курс общей физики [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е.П. Матус. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет(Сибстрин), 2015. — 146с.— 978-5-7795-0720-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68890.html>
5. Палыгина А.В. Физика [Электронный ресурс]: лабораторный практикум для СПО/ А. В. Палыгина. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Профобразование, 2019. — 84 с.— 978-5-4488-0331-4.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/86155.html>
6. Летута, С. Н. Физика [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. Н. Летута, А. А. Чакак.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 307 с. — 978-5-7410-1575-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78852.html>
7. Романова, В. В. Физика. Примеры решения задач [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. В. Романова. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2017.— 348с.— 978-985-503-737-9. — Режим доступа : <http://www.iprbookshop.ru/84903.html>

Электронные издания (электронные ресурсы)

www.alleng.ru/edu/phys.htm-образовательные ресурсы интернета—Физика.
www.nuclphys.sinp.msu.ru- ядерная физика в интернете
www.school-collection.edu.ru-единая коллекция цифровых образовательных ресурсов

Дополнительные источники

1. Кузнецов С.И. Справочник по физике [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО/ С.И. Кузнецов, К.И. Рогозин— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2017.— 219с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66399.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Никеров В.А., Физика для вузов: механика и молекулярная физика : учебник / В.А. Никеров. - Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2017. - 136 с. : табл., граф., схем. - ISBN 978-5-394-00691-3; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450772>
3. Кузьмичева В.А. Курс лекций по общей физике. Часть I. Механика и молекулярная физика [Электронный ресурс] / В.А. Кузьмичева, О.А. Пономорев. — Электрон. текстовые данные.— М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2019.— 107с.— 2227-8397.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65845.html>
4. Любая С.И. Физика : курс лекций / С.И. Любая; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

Ставропольский государственный аграрный университет. - Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2015. - 141 с. : табл., граф., схем., ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438720](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438720)