

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Северо-Кавказский федеральный университет»

Отделение СПО НТИ (филиал) СКФУ

**Методические  
указания к практическим  
занятиям СОО.02.03 Физика**

Специальность 38.02.03 Операционная деятельность в логистике

Форма обучения очная

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Физика» составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО и предназначены для студентов, обучающихся по специальности: 38.02.03 Операционная деятельность в логистике.

## 1. Пояснительная записка

Данные методические указания предназначены для оказания помощи студентам в выполнении практических работ по учебной дисциплине «Физика».

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь**:

- применять основополагающие физические понятия, закономерности, законы и теории; использовать физическую терминологию и символику;
- пользоваться основными методами научного познания, используемыми в физике: наблюдением, описанием, измерением, экспериментом;
- обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы;
- решать физические задачи;
- применять полученные знания для объяснения условий протекания физических явлений в природе, профессиональной сфере и для принятия практических решений в повседневной жизни

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать**:

- строение Солнечной системы, эволюцию звезд и Вселенной, пространственно-временные масштабы Вселенной
- о роли и месте физики в современной научной картине мира;
- о физической сущности наблюдаемых во Вселенной явлений;
- о роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач;
- о физической информации, получаемой из разных источников

### Виды задач и планы их решения

На практических занятиях по физике обычно используются:

- 1) задачи-упражнения, помогающие студентам приобрести твёрдые навыки расчёта и вычислений;
- 2) задачи для демонстрации практического применения тех или иных законов;
- 3) задачи для закрепления и контроля знаний;
- 4) познавательные задачи.

Задачи для закрепления и контроля знаний и задачи-упражнения рассчитаны на использование готовых знаний, полученных из книг, лекций, от преподавателя. Решение таких задач опирается в основном на механизмы памяти и внимания. Оно в известном смысле полезно и даже необходимо.

Например, при решении задачи-упражнения на количественный расчёт средней квадратичной скорости молекул газа при заданных условиях (температуре) студенты должны знать формулу для расчёта средней квадратичной скорости молекул, значение универсальной газовой постоянной, и убедиться, что скорости молекул очень велики даже при комнатных температурах. Всё это полезно для изучения молекулярной физики. Однако только те задачи, в которых устанавливаются новые, неизвестные ранее студентам связи между знакомыми физическими характеристиками, являются стимулятором их умственной деятельности. К таким задачам в первую очередь относятся познавательные задачи. Отличие познавательных задач от задач других видов состоит в том, что в процессе их решения обучающийся приобретает новые знания.

Если студент имеет слабую теоретическую подготовку, решение задач подобного рода может оказаться для него непосильным. Даже в этом случае, если, присутствуя на занятиях, он познакомится с ходом решения и результатом, этого будет недостаточно для достижения цели познавательной задачи. Поэтому нужно требовать, чтобы студенты готовили теоретический материал, и показывать им, что именно невыполнение этого требования приводит к неудаче при решении задач.

Для решения задач расчётного характера достаточно составить систему уравнений, а дальше всё сводится к математическим действиям. Некоторые задачи требуют для решения геометрических построений и использования графиков. Несмотря на различие в видах задач, их

решение можно проводить по следующему общему плану (некоторые пункты плана могут выпадать в некоторых конкретных случаях), который надо продиктовать студентам:

1. прочесть внимательно условие задачи;  
2. посмотреть, все ли термины в условиях задачи известны и понятны (если что-то неясно, следует обратиться к учебнику, просмотреть решения предыдущих задач, посоветоваться с преподавателем);

3. записать в сокращенном виде условие задачи (когда введены стандартные обозначения, легче вспоминать формулы, связывающие соответствующие величины, чётче видно, какие характеристики заданы, все ли они выражены в одной системе единиц и т.д.);

4. сделать чертёж, если это необходимо (делая чертёж, нужно стараться представить ситуацию в наиболее общем виде, например, если решается задача о колебании маятника, его следует изобразить не в положении равновесия, а отклонённым);

5. произвести анализ задачи, вскрыть её физический смысл (нужно чётко понимать, в чем будет заключаться решение задачи; так, если требуется найти траекторию движения точки, то ответом должна служить запись уравнений кривой, описывающей эту траекторию; на вопрос, будет ли траектория замкнутой линией, следует ответить «да» или «нет» и объяснить, почему выбран такой ответ);

6. установить, какие физические законы и соотношения могут быть использованы при решении данной задачи;

7. составить уравнения, связывающие физические величины, которые характеризуют рассматриваемые явления с количественной стороны;

8. решить эти уравнения относительно неизвестных величин, получить ответ в общем виде. Прежде чем переходить к численным значениям, полезно провести анализ этого решения: он поможет вскрыть такие свойства

рассматриваемого явления, которые не видны в численном ответе;

9. перевести количественные величины в общепринятую систему единиц (СИ), найти численный результат;

10. проанализировать полученный ответ, выяснить как изменяется искомая величина при изменении других величин, функцией которых она является, исследовать предельные случаи.

Приведённая последовательность действий при решении задач усваивается студентами, как правило, в ходе занятий, когда они на практике убеждаются в её целесообразности. Поэтому в конце занятия полезно подвести итог, сформулировать найденный алгоритм рассуждений. Заметим, впрочем, что не всегда может быть предложен алгоритм решения задачи.

При анализе задач на аудиторных занятиях полезно возвращаться к плану. Отклонение от него в большинстве случаев не позволяет студенту решить задачу. Тогда нужно напомнить ему, какой этап пропущен и указать, что именно это и послужило причиной неудачи.

### Пример решения задачи

Задача.

Тело брошено от поверхности земли под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ .

Определить высоту подъёма и дальность полёта.

Дано:

$\alpha$   
 $v_0$

Решение

Пусть тело брошено от поверхности земли под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ .

Найти:

$y$  - ?

$x$  - ?

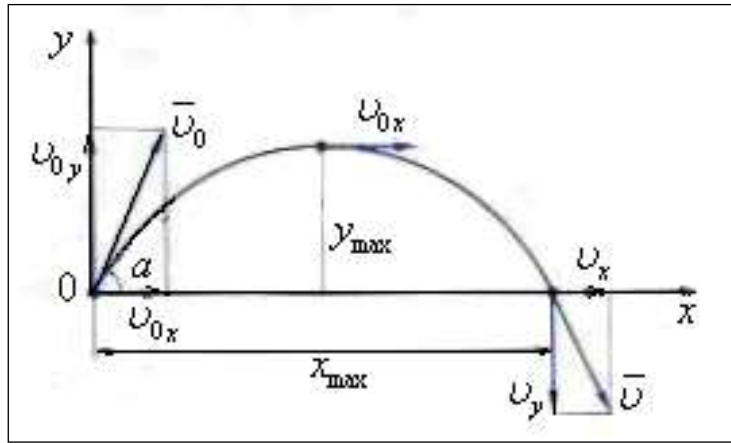
Выберем систему отсчёта таким образом:

- совместив начало прямоугольной декартовой системы координат с началом движения тела;

- ось  $x$  направлена горизонтально;

- ось  $y$  – вертикально;

- часы отсчитывают время от момента начала движения.



Движение тела под углом к горизонту является равноускоренным, так как происходит в поле тяготения и его описывают следующие уравнения:

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$$

$$\vec{a} = \text{const}$$

Уравнения в проекции на выбранные оси координат запишутся:

$$\begin{cases} x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2} \\ v_x = v_{0x} + a_x t \\ a_x = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = x_0 + v_{0x} t \\ v_x = v_{0x} \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = y_0 + v_{0y} t + \frac{a_y t^2}{2} \\ v_y = v_{0y} + a_y t \\ a_y = -g \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} y = y_0 + v_{0y} t - \frac{g t^2}{2} \\ v_y = v_{0y} - g t \end{cases}$$

Уравнение проекции начальной скорости на оси координат запишется:

$$\begin{cases} v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha \\ v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha \end{cases}$$

Из систем уравнений можно выразить время, учитывая, что в верхней точке  $v_y = 0$ , определить время подъёма тела:

$$0 = v_0 \sin \alpha - g t$$

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$\text{Высота подъёма: } y = y_0 + v_0 \sin \alpha \frac{v_0 \sin \alpha}{g} - \frac{g}{2} \left( \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \right)^2 = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g}$$

$$\text{Дальность полёта: } x = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$\text{Ответ: } y = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g}, \quad x = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}.$$

## Практическое занятие № 1

### Тема 2.1. Кинематика

**Практическое занятие: Изучение законов движения и решение задач по кинематике.**

**Цели занятия:** Изучить законы кинематики и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

Уравнение движения материальной точки вдоль оси  $x$  имеет вид  $x=A+Bt+Ct^2$ , где  $A=2$  м,  $B=1$  м/с,  $C=-0,5$  м/с<sup>2</sup>. Найти координату  $x$ , скорость  $v$  и ускорение  $a$  точки в момент времени  $t=2$  с.

Задача

По заданным графикам (рис.) найти начальные координаты тел и проекции скорости их движения. Написать уравнения движения тел  $x = x(t)$ . Из графиков и уравнений найти время и место встречи тел, движения которых описываются графиками II и III.



Задача

Два поезда движутся навстречу друг другу со скоростями 32 км/ч и 54 км/ч. Пассажир, находящийся в первом поезде, замечает, что второй поезд проходит мимо него в течение 14 с. Какова длина второго поезда?

Задача

Рыболов, двигаясь на лодке против течения реки, уронил удочку. Через 1 мин он заметил потерю и сразу же повернул обратно. Через какой промежуток времени после потери он догонит удочку? Скорость течения реки и скорость лодки относительно воды постоянны. На каком расстоянии от места потери он догонит удочку, если скорость течения воды равна 2 м/с?

Задача

Частота обращения воздушного винта самолета 1500 об/мин. Сколько оборотов делает винт на пути 90 км при скорости полета 180 км/ч?

## Практическое занятие № 2

### Тема 2.2. Динамика

**Практическое занятие: Изучение законов движения и решение задач по динамике**

**Цели занятия:** Изучить законы динамики и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

При выстреле из пружинного пистолета вертикально вверх пуля массой  $m=20$  г поднялась на высоту  $h=5$  м. Определить жесткость  $k$  пружины пистолета, если она была сжата на  $s=10$  см. Массой пружины пренебречь.

Задача

Шар массой  $m_1$ , движущийся горизонтально с некоторой скоростью  $v_1$ , столкнулся с неподвижным шаром массой  $m_2$ . Удар - прямой, центральный, абсолютно упругий. Какую долю  $E_k$  своей кинетической энергии первый шар передал второму?

Задача

Платформа в виде сплошного диска радиусом  $R=1,5$  м и массой  $m_1=180$  кг вращается по инерции вокруг вертикальной оси с частотой  $n=10$  об/мин. В центре платформы стоит человек

массой  $m_2=60$  кг. Какую линейную скорость относительно пола помещения будет иметь человек, если он перейдет на край платформы?

Задача

Тело брошено вертикально вверх со скоростью 30 м/с. На какой высоте и через какое время скорость тела (по модулю) будет в 3 раза меньше, чем в начале подъема?

Задача

Найти высоту подъема и дальность полета сигнальной ракеты, выпущенной со скоростью 40 м/с под углом  $60^\circ$  к горизонту.

Задача

Во сколько раз отличается скорость искусственного спутника, движущегося на высоте 21 600 км от поверхности Земли, от скорости спутника, движущегося на высоте 600 км над поверхностью? Радиус Земли принять равным 6400 км.

Задача

Какую силу надо приложить для подъема вагонетки массой 600 кг по эстакаде с углом наклона  $20^\circ$ , если коэффициент сопротивления движению равен 0,05?

Задача

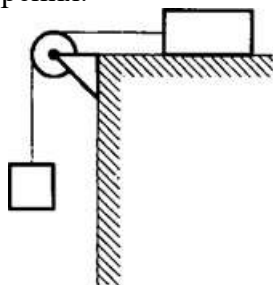
С каким ускорением  $a$  скользит брусок по наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha=30^\circ$  при коэффициенте трения  $\mu=0,2$ ?

Задача

С какой максимальной скоростью может ехать мотоциклист по горизонтальной плоскости, описывая дугу радиусом 100 м, если коэффициент трения резины о почву 0,4? На какой угол от вертикального положения он при этом отклоняется?

Задача

Брусок массой 400 г под действием груза массой 100 г (рис.) проходит из состояния покоя путь 80 см за 2 с. Найти коэффициент трения.



Задача

Вагон массой 20 т, движущийся со скоростью 0,3 м/с, нагоняет вагон массой 30 т, движущийся со скоростью 0,2 м/с. Какова скорость вагонов после взаимодействия, если удар неупругий?

Задача

Какую работу надо совершить, чтобы лежащий на земле однородный стержень длиной 2 м и массой 100 кг поставить вертикально?

Задача

С какой начальной скоростью  $v_0$  надо бросить вертикально вниз мяч с высоты  $h$ , чтобы он после удара о землю подпрыгнул относительно начального уровня на высоту: а)  $h=10$  м; б)  $h$ . Считать удар абсолютно упругим.

Задача

Маятник массой  $m$  отклонен на угол  $\alpha$  от вертикали. Какова сила натяжения нити при прохождении маятником положения равновесия?

Задача

Самолет массой 2 т движется в горизонтальном направлении со скоростью 50 м/с. Находясь на высоте 420 м, он переходит на снижение при выключенном двигателе и достигает дорожки аэродрома со скоростью 30 м/с. Определить работу силы сопротивления воздуха во время планирующего полета.

Задача

Найти КПД наклонной плоскости длиной 1 м и высотой 0,6 м, если коэффициент трения при движении по ней тела равен 0,1.

### Практическое занятие № 3

#### Тема 2.3. Статика

**Практическое занятие: Изучение законов равновесия и решение задач по статике.**

**Цели занятия:** Изучить законы статики и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

Могут ли силы 10 и 14 Н, приложенные к одной точке, дать равнодействующую, равную 2, 4, 10, 24, 30 Н?

Задача

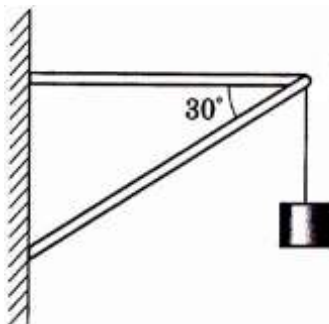
Нить, на которой висит груз массой 1,6 кг, отводится в новое положение силой 12 Н, действующей в горизонтальном положении. Найти силу натяжения нити.

Задача

При каком минимальном коэффициенте трения санки не будут скатываться с горы, если угол наклона горы равен  $30^\circ$ ?

Задача

На кронштейне висит груз массой 100 кг, угол между наклонным и горизонтальным стержнями равен  $30^\circ$ . Определите силу, растягивающую горизонтальный стержень, и силу, сжимающую наклонный стержень.



Задача

Два однородных шара массами 10 кг и 12 кг с радиусами 4 см и 6 см соответственно соединены посредством стержня массой 2 кг и длиной 10 см. Центры шаров лежат на продолжении оси стержня. Найдите положение центра тяжести этой системы.

### Практическое занятие № 4

#### Тема 2.4. Механика жидкости и газа

**Практическое занятие: Изучение законов движения жидкости и решение задач по механике жидкости.**

**Цели занятия:** Изучить законы механики жидкости и газа и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

С какой скоростью понижается уровень воды в баке, площадь сечения которого  $1\text{ м}^2$ , если скорость течения воды в отводящей трубе течением  $20\text{ см}^2$  равна  $2\text{ м/с}$ ? Каков расход воды в баке?

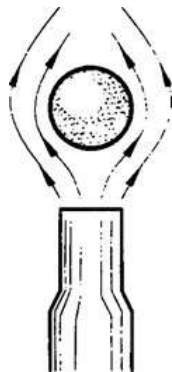
Задача

Скорость течения воды в широкой части трубы  $10\text{ см/с}$ . Какова скорость ее течения в узкой части, диаметр которой в 4 раза меньше диаметра широкой части?

Задача

Если подключить шланг к выходному отверстию пылесоса и поместить в струю мячик для настольного тенниса (рис.), то он будет парить в струе и при движении шланга будет следовать за

ним. Объяснить явление.



Задача

В водопроводной трубе образовалось отверстие сечением  $4 \text{ мм}^2$ , из которого бьет вертикально вверх струя воды, поднимаясь на высоту  $80 \text{ см}$ . Какова утечка воды за сутки?

### Практическое занятие № 5

**Тема 2.5 Релятивистская кинематика и динамика**

**Практическое занятие: Изучение релятивистских законов движения и решение задач по релятивистской кинематике и динамике.**

**Цели занятия:** Изучить законы релятивистской динамики и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

Элементарная частица нейтрино движется со скоростью света  $c$ . Наблюдатель движется навстречу нейтрино со скоростью  $v$ . Какова скорость нейтрино относительно наблюдателя?

Задача

Две частицы, расстояние между которыми  $x = 10 \text{ м}$ , летят навстречу друг другу со скоростями  $v = 0,6c$  (шестьдесят процентов от скорости света). Через какой промежуток времени по лабораторным часам произойдет соударение?

Задача

Какова масса протона, летящего со скоростью  $2,4 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ ? Массу покоя протона считать равной  $1 \text{ а. е. м}$ .

Задача

Во сколько раз увеличивается масса частицы при движении со скоростью  $0,99c$ ?

Задача

Электрон движется со скоростью  $0,8c$ . Определить полную и кинетическую энергию электрона.

### Практическое занятие № 6

**Тема 3.1 Молекулярно-кинетическая теория**

**Практическое занятие: Задачи по основным положениям молекулярно-кинетической теории.**

**Цели занятия:** Изучить законы и основные положения МКТ и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

Какое количество вещества содержится в алюминиевой отливке массой  $5,4 \text{ кг}$ ?

Задача

Какой объем займет водород, содержащий такое же количество вещества, какое содержится в азоте объемом  $2 \text{ м}^3$ ? Какой объем займет кислород, содержащий такое же количество вещества?

Температура и давление газов одинаковые.

Задача

Найти массу молекулы воды и метана.

Задача

Какова средняя квадратичная скорость движения молекул газа, если, имея массу 6 кг, он занимает объем  $5 \text{ м}^3$  при давлении 200 кПа?

Задача

Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул кислорода меньше средней квадратичной скорости молекул водорода, если температуры этих газов одинаковы.

Задача

Найти массу природного горючего газа объемом  $64 \text{ м}^3$ , считая, что объем указан при нормальных условиях. Молярную массу природного горючего газа считать равной молярной массе метана ( $\text{CH}_4$ ).

Задача

В одинаковых баллонах при одинаковой температуре находятся водород ( $\text{H}_2$ ) и углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ). Массы газов одинаковы. Какой из газов производит большее давление на стенки баллона и во сколько раз?

Задача

Шар объемом  $V = 0,1 \text{ м}^3$ , сделанный из тонкой бумаги, наполняют горячим воздухом, имеющим температуру  $T_2 = 340^\circ\text{K}$ . Температура окружающего воздуха  $T_1 = 290^\circ\text{K}$ . Давление воздуха  $p$  внутри шара и атмосферное давление одинаковы и равны 100 кПа. При каком значении массы  $m$  бумажной оболочки шар будет подниматься?

Задача

При повышении абсолютной температуры идеального газа в 2 раза давление газа увеличилось на 25%. Во сколько раз при этом изменился объем?

## Практическое занятие № 7

**Тема: Задачи на газовые законы и применение уравнения состояния идеального газа.**

**Цели занятия:** Изучить газовые законы и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

При сжатии газа его объем уменьшился с 8 до 5 л, а давление повысилось на 60 кПа. Найти первоначальное давление.

Задача

Пузырек воздуха всплывает со дна водоема. На глубине 6 м он имел объем  $10 \text{ мм}^3$ . Найти объем пузырька у поверхности воды.

Задача

Закрытый цилиндрический сосуд высотой  $h$  разделен на две равные части невесомым поршнем, скользящим без трения. При застопоренном поршне обе половины заполнены газом, причем в одной из них давление в  $n$  раз больше, чем в другой. На сколько передвинется поршень, если снять стопор?

Задача

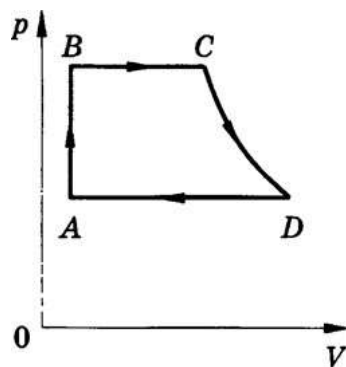
Какой объем займет газ при температуре  $77^\circ\text{C}$ , если при температуре  $27^\circ\text{C}$  его объем был шесть литров?

Задача

При какой температуре находился газ в закрытом сосуде, если при нагревании его на  $140^\circ\text{C}$  давление возросло в 1,5 раза?

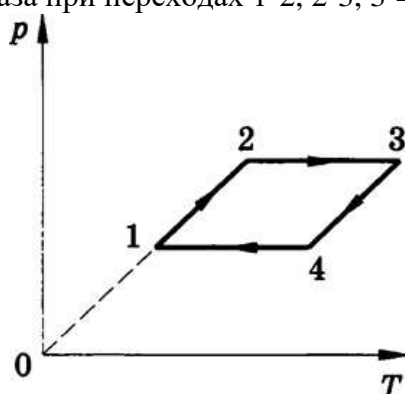
Задача

На рисунке представлен замкнутый цикл. Участок CD соответствует изотерме. Вычертить эту диаграмму в координатах  $p$ ,  $T$  и  $p$ ,  $V$ .



Задача

С газом некоторой массы был произведен замкнутый процесс, изображенный на рисунке. Объяснить, как изменятся объем газа при переходах 1-2, 2-3, 3-4, 4-1.



### Практическое занятие № 8

**Тема: Задачи на взаимные превращения жидкостей и газов.**

**Цели занятия:** Обобщить и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

Какое количество теплоты потребуется для плавления 2,6 кг свинца, взятого при температуре 300 °К?

Задача

Какое количество теплоты надо затратить, чтобы 125 г льда, имеющего температуру 268 °К, превратить в пар?

Задача

Масса серебра 10 г. Сколько энергии выделится при его кристаллизации и охлаждении до 600°С, если серебро взято при температуре плавления?

Задача

Какое количество теплоты необходимо для нагревания 1,5 кг льда от температуры -20°С до температуры плавления и превращения его в воду? Удельная теплоемкость льда 2100 Дж/ кг\*°С, удельная теплота плавления льда  $3,4 \cdot 10^5$  Дж/кг.

Задача

Температура воздуха в помещении 27°С, а парциальное давление водяного пара в нем 1,7 кПа. Определить абсолютную и относительную влажность воздуха.

Задача

Коэффициент поверхностного натяжения керосина равен 24 мН/м. Какую работу совершат силы поверхностного натяжения, если поверхностный слой керосина уменьшится на 20 см<sup>2</sup>?

## Практическое занятие № 9

### Тема 3.2 Начала термодинамики

**Практическое занятие: Изучение начал термодинамики и решение задач по теме.**

**Цели занятия:** Изучить законы начал термодинамики и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

Насколько изменяется внутренняя энергия гелия массой 200 г при увеличении температуры на  $20^{\circ}\text{C}$ ?

Задача

Как изменяется внутренняя энергия одноатомного газа при изобарном нагревании? при изохорном охлаждении? при изотермическом сжатии?

Задача

Какую работу  $A$  совершает газ, количество вещества которого  $\nu$ , при изобарном повышении температуры на  $\Delta T$ ?

Задача

В двух цилиндрах под подвижным поршнем находятся водород и кислород. Сравнить работы, которые совершают эти газы при изобарном нагревании, если их массы, а также начальные и конечные температуры равны.

Задача

Объем кислорода массой 160 г, температура которого  $27^{\circ}\text{C}$ , при изобарном нагревании увеличился вдвое. Найти работу газа при расширении, количество теплоты, которое пошло на нагревание кислорода, изменение внутренней энергии.

Задача

В калориметр с теплоемкостью 63 Дж/К было налито 250 г масла при  $12^{\circ}\text{C}$ . После опускания в масло медного тела массой 500 г при  $100^{\circ}\text{C}$  установилась общая температура  $33^{\circ}\text{C}$ . Какова, по данным опыта, удельная теплоемкость масла?

Задача

В идеальной тепловой машине за счет каждого килоджоуля энергии, получаемой от нагревателя, совершается работа 300 Дж. Определить КПД машины и температуру нагревателя, если температура холодильника 280 К.

Задача

Какую среднюю мощность развивает двигатель мотоцикла, если при скорости движения 108 км/ч расход бензина составляет 3,2 л на 100 км пути, а КПД двигателя 25% ?

Задача

С какой наименьшей скоростью должна лететь свинцовая дробинка, чтобы при ударе о препятствие она расплавилась? Считать, что 80% кинетической энергии превратилось во внутреннюю энергию дробинки, а температура дробинки до удара была  $127^{\circ}\text{C}$ .

## Практическое занятие № 10

### Тема 4.1 Электрическое поле

**Практическое занятие: Изучение законов электрического поля и решение задач по теме.**

**Цели занятия:** Изучить законы электрического поля и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

Два точечных электрических заряда  $Q_1=1\text{нКл}$  и  $Q_2=-2\text{нКл}$  находятся в воздухе на расстоянии  $d=10\text{ см}$  друг от друга. Определить напряжённость  $E$  и потенциал  $\phi$  поля, создаваемого этими зарядами в точке  $A$ , удалённой от заряда  $Q_1$  на расстояние  $r_1=9\text{ см}$  и от заряда  $Q_2$  на  $r_2=7\text{ см}$ .

Задача

Во сколько раз надо изменить расстояние между зарядами при увеличении одного из них в 4 раза, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?

Задача

Одинаковые шарики массой по 0,2г подвешены на нити так, как показано на рисунке. Расстояние между шариками  $BC = 3$  см. Найти силу натяжения нити на участках  $AB$  и  $BC$ , если шарикам сообщили одинаковые по модулю заряды по 10 нКл. Рассмотреть случаи: а) заряды одноименные; б) заряды разноименные.



Задача

Два шарика, расположенные на расстоянии 10 см друг от друга, имеют одинаковые отрицательные заряды и взаимодействуют с силой 0,23 мН. Найти число избыточных электронов на каждом шарике.

Задача

С каким ускорением движется электрон в электрическом поле напряженностью 10 кВ/м?

Задача

Два заряда, один из которых по модулю в 4 раза больше другого, расположены на расстоянии  $r$  друг от друга. В какой точке пространства напряженность поля равна нулю, если заряды: а) одноименные; б) разноименные?

Задача

Заряженный металлический лист свернули в цилиндр. Как изменилась поверхностная плотность заряда?

Задача

Найти напряженность поля заряженной бесконечной пластины, если поверхностная плотность заряда на ней равна  $354$  нКл/м<sup>2</sup>

Задача

Между двумя пластинами, расположенными горизонтально в вакууме на расстоянии 4,8 мм друг от друга, находится в равновесии отрицательно заряженная капелька масла массой 10нг. Сколько «избыточных» электронов имеет капелька, если на пластины подано напряжение 1 кВ?

Задача

Емкость одного конденсатора 200 пФ, а другого — 1 мкФ. Сравнить заряды, накопленные на этих конденсаторах при их подключении к полюсам одного и того же источника постоянного напряжения.

Задача

Во сколько раз изменится емкость конденсатора при уменьшении рабочей площади пластин в 2 раза и уменьшении расстояния между ними в 3 раза?

Задача

При введении в пространство между пластинами воздушного конденсатора твердого диэлектрика напряжение на конденсаторе уменьшилось с 400В до 50В. Какова диэлектрическая проницаемость диэлектрика?

Задача

Расстояние между пластинами заряженного плоского конденсатора уменьшили в 2 раза. Во сколько раз изменилась энергия и плотность энергии поля? Рассмотреть два случая: а) конденсатор отключили от источника напряжения; б) конденсатор остался присоединенным к источнику постоянного напряжения.

## Практическое занятие № 11

### Тема 4.2 Электрический ток

**Практическое занятие: Изучение законов электрического тока и решение задач по теме.**

**Цели занятия:** Изучить законы электрического тока и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

Сколько времени длилось никелирование, если на изделие осел слой никеля массой 1,8г при силе тока 2А? Электрохимический эквивалент никеля равен  $3 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл.

Задача

При серебрении изделий пользовались током 5А в течение 15 мин. Какое количество серебра израсходовано за это время? Электрохимический эквивалент серебра равен  $1,12 \cdot 10^{-6}$  кг/Кл.

Задача

ЭДС элемента 1,5В, а его внутреннее сопротивление 0,5 Ом. Сопротивление внешней цепи также равно 0,5 Ом. Какова сила тока в цепи?

Задача

Аккумулятор с внутренним сопротивлением 0,2Ом и ЭДС 2В замкнут проволокой. Определить площадь поперечного сечения проволоки, если сила тока в цепи равна 5А, удельное сопротивление проволоки равно  $0,1 \cdot 10^{-6}$  Ом·м, а ее длина равна 5м.

Задача

Какова масса меди, выделившейся за 1 ч на катоде, если сила тока через раствор медного купороса равна 5000 А? Электрохимический эквивалент меди  $3,28 \cdot 10^{-7}$  кг/ Кл.

Задача

Два проводника сопротивлением 5Ом и 7Ом соединены параллельно и подключены к источнику электрического тока. В первом выделилось в виде тепла 17,6 кДж энергии. Какое количество теплоты выделилось во втором проводнике за то же время?

Задача

Сколько времени длится нагревание в электрическом чайнике мощностью 800Вт 3л воды от 180°С до температуры кипения? КПД чайника равен 87%.

## Практическое занятие № 12

### Тема 4.3 Магнитное поле

**Практическое занятие: Изучение законов магнитного поля и решение задач по теме.**

**Цели занятия:** Изучить законы магнитного поля и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

Два параллельных бесконечно длинных провода  $D$  и  $C$ , по которым текут в одном направлении токи силой  $I=60$  А, расположены на расстоянии  $d=10$  см друг от друга. Определить магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого проводниками с током в точке  $A$ , отстоящей от одного проводника на расстоянии  $r_1=5$  см, от другого на расстоянии  $r_2=12$  см.

Задача

Рамка площадью 400 см<sup>2</sup> помещена в однородное магнитное поле индукцией 0,1 Тл так, что нормаль к рамке перпендикулярна линиям индукции. При какой силе тока на рамку будет действовать вращающий момент 20 мН·м?

Задача

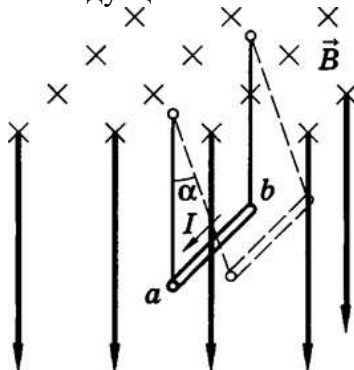
Магнитный поток внутри контура, площадь поперечного сечения которого 60 см<sup>2</sup>, равен 0,3 мВб. Найти индукцию поля внутри контура. Поле считать однородным и перпендикулярным плоскости проводника.

Задача

Какова индукция магнитного поля, в котором на проводник с длиной активной части 5 см действует сила 50 мН? Сила тока в проводнике 25 А. Проводник расположен перпендикулярно вектору индукции магнитного поля.

Задача

Проводник  $ab$ , длина которого  $l$  и масса  $m$ , подвешен на тонких проволочках. При прохождении во нему тока  $I$  он отклонился в однородном магнитном поле (рис.) так, что нити образовали угол  $\alpha$  с вертикалью. Какова индукция магнитного поля?



Задача

Какая сила действует на протон, движущийся со скоростью 10 Мм/с в магнитном поле индукцией 0,2 Тл перпендикулярно линиям индукции?

Задача

Протон в магнитном поле индукцией 0,01 Тл описал окружность радиусом 10 см. Найти скорость протона.

Задача

Протон и  $\alpha$ -частица влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Сравнить радиусы окружностей, которые описывают частицы, если у них одинаковы: а) скорости; б) энергии. Заряд  $\alpha$ -частицы в 2 раза больше заряда протона, а масса  $\alpha$ -частицы в 4 раза больше его массы.

### Практическое занятие № 13

#### Тема 4.4 Электромагнитное поле

**Практическое занятие: Изучение законов электромагнитного поля и решение задач по теме.**

**Цели занятия:** Изучить законы электромагнитного поля и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

По какому закону должен изменяться магнитный поток в зависимости от времени, чтобы ЭДС индукции, возникающая в контуре, оставалась постоянной?

Задача

Сколько витков должна содержать катушка с площадью поперечного сечения  $50 \text{ см}^2$ , чтобы при изменении магнитной индукции от 0,2Тл до 0,3 Тл в течение 4 мс в ней возбуждалась ЭДС 10В?

Задача

С какой скоростью надо перемещать проводник под углом  $60^\circ$  к линиям индукции магнитного поля, чтобы в проводнике возбуждалась ЭДС индукции 1 В? Индукция магнитного поля равна 0,2 Тл. Длина активной части 1 м.

Задача

Какая ЭДС самоиндукции возбуждается в обмотке электромагнита индуктивностью 0,4 Гн при равномерном изменении силы тока в ней на 5 А за 0,02 с?

Задача

В катушке индуктивностью 0,6 Гн сила тока равна 20 А. Какова энергия магнитного поля этой катушки? Как изменится энергия поля, если сила тока уменьшится вдвое?

Задача

Какой должна быть сила тока в обмотке дросселя индуктивностью 0,5 Гн, чтобы энергия поля оказалась равной 1 Дж?

## Практическое занятие № 14

### Тема 5.1 Механические колебания

**Практическое занятие: Изучение природы механических колебаний и решение задач по теме.**

**Цели занятия:** Обобщить и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

Точка совершает гармонические колебания с частотой  $\nu=10$  Гц. В момент, принятый за начальный, точка имела максимальное смещение  $x_{\text{макс}}=1$  мм. Написать уравнение колебаний точки.

Задача

Грузик, колеблющийся на пружине, за 8 с совершил 32 колебания. Найти период и частоту колебаний.

Задача

На какое расстояние надо отвести от положения равновесия груз массой 640 г, закрепленный на пружине жесткостью 0,4 кН/м, чтобы он проходил положение равновесия со скоростью 1 м/с?

Задача

Если к некоторому грузу, колеблющемуся на пружине, подвесить гирию массой 100 г, то частота колебаний уменьшится в 1,41 раза. Какой массы груз был первоначально подвешен к пружине?

Задача

Во сколько раз изменится частота колебаний математического маятника при увеличении длины нити в 3 раза?

Задача

Мальчик несет на коромысле ведра с водой, период собственных колебаний которых 1,6 с. При какой скорости движения мальчика вода начнет особенно сильно выплескиваться, если длина его шага 60 см?

Задача

При измерении глубины моря под кораблем при помощи эхолота оказалось, что моменты отправления и приема ультразвука разделены промежутком времени 0,6 с. Какова глубина моря под кораблем?

## Практическое занятие № 15

### Тема 5.2 Электромагнитные колебания

**Практическое занятие: Изучение природы электромагнитных колебаний и решение задач по теме.**

**Цели занятия:** Обобщить и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

Начальный заряд, сообщенный конденсатору колебательного контура, уменьшили в 2 раза. Во сколько раз изменились: а) амплитуда напряжения; б) амплитуда силы тока; в) суммарная энергия электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки?

Задача

В колебательном контуре индуктивность катушки равна  $0,2 \text{ Гн}$ , а амплитуда колебаний силы тока  $40 \text{ мА}$ . Найти энергию электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки в тот момент, когда мгновенное значение силы тока в 2 раза меньше амплитудного значения.

Задача

Амплитуда силы тока в контуре  $1,4 \text{ мА}$ , а амплитуда напряжения  $280 \text{ В}$ . Найти силу тока и напряжение в тот момент времени, когда энергия магнитного поля катушки равна энергии электрического поля конденсатора.

Задача

Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $1 \text{ мкФ}$  и катушки индуктивностью  $4 \text{ Гн}$ . Амплитуда колебаний заряда на конденсаторе  $100 \text{ мкКл}$ . Написать уравнения  $q = q(t)$ ,  $i = i(t)$ ,  $u = u(t)$ . Найти амплитуду колебаний силы тока и напряжения.

Задача

В цепь включены конденсатор емкостью  $2 \text{ мкФ}$  и катушка индуктивностью  $0,005 \text{ Гн}$ . При какой частоте тока в этой цепи будет резонанс?

## Практическое занятие № 16

### Тема 5.3 Упругие и электромагнитные волны

**Практическое занятие: Изучение природы волновых процессов и решение задач по теме.**

**Цели занятия:** Обобщить и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

Скорость распространения звука в стали равна  $5 \text{ км/с}$ . Какова длина звуковой волны, которая распространяется в стали, если частота колебаний равна  $4 \text{ кГц}$ ?

Задача

Лодка качается в море на волнах, распространяющихся со скоростью  $2 \text{ м/с}$ . Расстояние между ближайшими гребнями волны  $6 \text{ м}$ . Какова частота ударов волн о корпус лодки?

Задача

В океанах длина волны достигает  $300 \text{ м}$ ; период колебаний в волне равен  $13,5 \text{ с}$ . Какова скорость распространения таких волн?

Задача

По поверхности воды в озере волна распространяется со скоростью  $6 \text{ м/с}$ . Каковы период и частота колебаний бакена, если длина волны  $3 \text{ м}$ ?

Задача

Динамик подключен к выходу звукового генератора электрических колебаний. Частота колебаний  $165 \text{ Гц}$ . Определите длину звуковой волны, зная, что скорость звуковой волны в воздухе  $330 \text{ м/с}$ .

Задача

Определить длину электромагнитной волны в вакууме, на которую настроен колебательный контур, если максимальный заряд конденсатора  $20 \text{ нКл}$ , а максимальная сила тока в контуре  $1 \text{ А}$ .

## Практическое занятие № 17

### Тема 6.1 Геометрическая оптика

**Практическое занятие: Изучение законов геометрической оптики и решение задач по теме.**

**Цели занятия:** Изучить законы геометрической оптики и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

От ближайшей звезды ( $\alpha$  Центавра) свет доходит до Земли за 4,3 года. Каково расстояние до звезды?

Задача

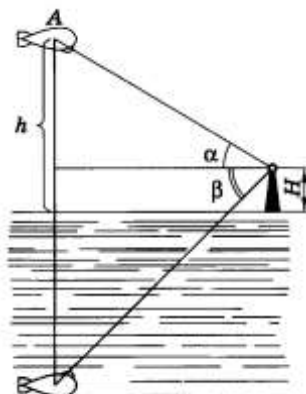
Под каким углом должен падать луч света на плоское зеркало, чтобы угол между отраженным и падающим лучами был равен  $70^\circ$ ?

Задача

Изобразить два взаимно перпендикулярных зеркала  $AO$  и  $OB$ , луч  $CD$ , падающий на зеркало  $OB$ , и направления  $DE$  и  $EF$  дальнейшего хода этого луча. Доказать, что луч  $EF$  параллелен лучу  $CD$  при любом угле падения луча  $CD$  в плоскости двугранного угла.

Задача

На какой высоте  $h$  находится аэростат  $A$ , если с башни высотой  $H$  он виден под углом  $\alpha$  над горизонтом, а его изображение в озере видно под углом  $\beta$  под горизонтом (рис.)?



Задача

На какой угол отклонится луч света от первоначального направления, упав под углом  $45^\circ$  на поверхность стекла? на поверхность алмаза?

Задача

Луч света переходит из воды в стекло. Угол падения равен  $35^\circ$ . Найти угол преломления.

Задача

Каковы радиусы кривизны поверхностей выпукло-вогнутой собирающей линзы с оптической силой 5 дптр., если один из них больше другого в 2 раза?

Задача

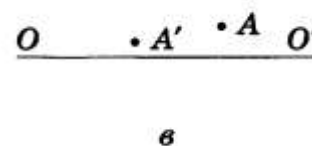
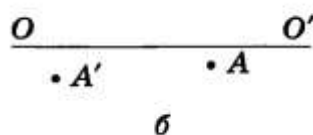
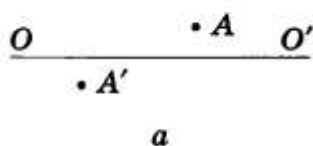
Предмет расположен в 25 см от собирающей линзы с радиусами кривизны поверхностей 20 см. Определить показатель преломления стекла, из которого изготовлена линза, если действительное изображение предмета получилось на расстоянии 1 м от неё.

Задача

Определить оптическую силу рассеивающей линзы, если известно, что предмет, помещенный перед ней на расстоянии 40 см, дает мнимое изображение, уменьшенное в 4 раза.

Задача

На рисунке показаны положения главных оптических осей  $OO'$ , светящихся точек  $A$  и их изображений  $A'$ . Какие линзы (собирающие или рассеивающие) соответствуют рисункам а, б, в? Найти построением положение линзы и их главных фокусов.



## Практическое занятие № 18

### Тема 6.2 Физическая оптика

**Практическое занятие: Изучение законов волновой оптики и решение задач по теме.**

**Цели занятия:** Изучить законы физической оптики и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

На дифракционную решетку в направлении нормали к её поверхности падает монохроматический свет. Период решётки  $d=2$  мкм. Какого наибольшего порядка дифракционный максимум даёт эта решётка в случае красного света ( $\lambda_1=0,7$  мкм) и в случае фиолетового ( $\lambda_2=0,41$  мкм)?

Задача

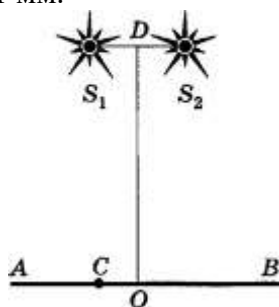
В кабинете физики есть дифракционные решетки, имеющие 50 и 100 штрихов на 1 мм. Какая из них даст на экране более широкий спектр при прочих равных условиях?

Задача

Дифракционная решетка содержит 120 штрихов на 1 мм. Найти длину волны монохроматического света, падающего на решетку, если угол между двумя спектрами первого порядка равен  $8^\circ$ .

Задача

Два когерентных источника  $S_1$  и  $S_2$  (рис.) излучают монохроматический свет с длиной волны 600 нм. Определить, на каком расстоянии от точки  $O$  на экране будет первый максимум освещенности, если  $OD=4$  м и  $S_1 S_2 = 1$  мм.



Задача

В установке для наблюдения колец Ньютона используется плосковыпуклая линза с радиусом кривизны 8,6 м. При освещении установки монохроматическим светом, падающим нормально на плоскую поверхность линзы, радиус четвертого темного кольца был равен 4,5 мм. Определить длину волны света, если наблюдение велось в отраженном свете.

Задача

Свет, отраженный от поверхности воды, частично поляризован. Как убедиться в этом, имея поляризатор?

Задача

Какие частоты колебаний соответствуют крайним красным ( $L_k=0,76$  мкм) и крайним фиолетовым ( $L_\phi = 0,4$  мкм) лучам видимой части спектра?

Задача

Для данного света длина волны в воде 0,46 мкм. Какова длина волны в воздухе?

## Практическое занятие № 19

### Тема 7.1 Строение атома

**Практическое занятие: Изучение строения атома и решение задач по теме.**

**Цели занятия:** Изучить модели строения атома и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

При облучении паров ртути электронами энергия атома ртути увеличивается на 4,9 эВ.

Какова длина волны излучения, которое испускают атомы ртути при переходе в невозбужденное состояние?

Задача

Для ионизации атома азота необходима энергия 14,53 эВ. Найти длину волны излучения, которое вызовет ионизацию?

Задача

Для однократной ионизации атомов неона требуется энергия 21,6 эВ, для двукратной — 41 эВ, для трехкратной — 64 эВ. Какую степень ионизации можно получить, облучая неон рентгеновскими лучами, наименьшая длина волны которых 25 нм?

Задача

В 1814 г. И. Фраунгофер обнаружил четыре линии поглощения водорода в видимой части спектра Солнца. Наибольшая длина волны в спектре поглощения была 656 нм. Найти длины волн в спектре поглощения, соответствующие остальным линиям.

Задача

Какую минимальную скорость должны иметь электроны, чтобы ударом перевести атом водорода из первого энергетического состояния в пятое?

## Практическое занятие № 20

### Тема 7.2 Световые кванты

**Практическое занятие: Изучение законов квантовой физики и решение задач по теме.**

**Цели занятия:** Изучить законы квантовой физики и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

Определить максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с поверхности серебра:

1) ультрафиолетовыми лучами с длиной волны  $\lambda_1=0,155$  мкм;

2)  $\gamma$  - лучами с длиной волны  $\lambda_2=0,01$  А(ангстрем)

Задача

Электрон, начальной скоростью которого можно пренебречь, прошел ускоряющую разность потенциалов  $U$ . Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для двух случаев: 1)  $U_1=51$  В; 2)  $U_2=510$  кВ.

Задача

При какой минимальной энергии квантов произойдет фотоэффект на цинковой пластине?

Задача

Длинноволновая (красная) граница фотоэффекта для меди 282 нм. Найти работу выхода электронов из меди (в эВ).

Задача

Угол рассеяния рентгеновских лучей с длиной волны 5 пм равен  $30^\circ$ , а электроны отдачи движутся под углом  $60^\circ$  к направлению падающих лучей. Найти: а) импульс электронов отдачи; б) импульс фотонов рассеянных лучей.

## Практическое занятие № 21

### Тема 8.1 Строение ядра

**Практическое занятие: Изучение законов физики атомного ядра и решение задач по теме.**

**Цели занятия:** Изучить модели строения ядра и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

Задача

Каковы преимущества кобальтовой пушки перед рентгеновской установкой при обнаружении внутренних дефектов изделий?

Задача

Какой изотоп образуется из урана  $^{239}\text{U}_{92}$  двух  $\beta$ -распадов и одного  $\alpha$ -распада?

Задача

В результате какого радиоактивного распада натрий  $^{22}\text{Na}_{11}$  превращается в магний  $^{22}\text{Mg}_{12}$ ?

Задача

Активность радиоактивного элемента уменьшилась в 4 раза за 8 суток. Найти период полураспада.

Задача

Вычислить дефект массы и энергию связи ядра  $^3\text{Li}_7$ .

## Практическое занятие № 22

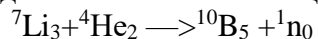
### Тема 8.2 Элементарные частицы

**Практическое занятие: Изучение природы элементарных частиц и решение задач по теме.**

**Цели занятия:** Изучить природу элементарных частиц и закрепить знания на практическом решении задач по теме.

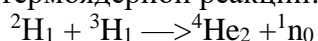
Задача

Какую минимальную энергию должна иметь  $\alpha$ -частица для осуществления ядерной реакции



Задача

Какая энергия выделяется при термоядерной реакции:



Задача

При облучении углерода  $^{12}\text{C}_6$  протонами образуется изотоп углерода  $^{13}\text{C}_6$ . Какая при этом выбрасывается частица? Написать реакцию.

Задача

В результате термоядерной реакции соединения двух протонов образуется дейтрон и нейтрино. Какая еще появляется частица? Написать реакцию.

Задача

В установках для  $\gamma$ -облучения в сельском хозяйстве используется  $\beta$ -радиоактивный изотоп цезия  $^{137}\text{Cs}_{55}$ . Написать реакцию  $\beta$ -распада. Найти максимальную частоту  $\gamma$ -излучения, если наибольшая энергия  $\gamma$ -квантов равна 0,66 МэВ. Вычислить релятивистскую скорость  $\beta$ -частиц, если их энергия 1,18 МэВ.

Задача

Найти частоту  $\gamma$ -излучения, образующегося при термоядерной реакции:



Задача

При аннигиляции электрона и позитрона образовалось два одинаковых  $\gamma$ -кванта. Найти длину волны, пренебрегая кинетической энергией частиц до реакции.

## Список информационных источников:

### Основные источники:

1. Аксенова, Е. Н. Общая физика. Оптика (главы курса) : учебное пособие для спо / Е. Н. Аксенова. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 76 с. — ISBN 978-5-8114-6538-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/148483>

2. Аксенова, Е. Н. Общая физика. Механика (главы курса) : учебное пособие для спо / Е. Н. Аксенова. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 128 с. — ISBN 978-5-8114-6539-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/148484>

3. Аксенова, Е. Н. Общая физика. Электричество и магнетизм (главы курса) : учебное пособие для спо / Е. Н. Аксенова. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 112 с. — ISBN 978-5-8114-6536-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/148481>

4. Аксенова, Е. Н. Общая физика. Колебания и волны (главы курса) : учебное пособие для спо / Е. Н. Аксенова. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 72 с. — ISBN 978-5-8114-6540-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/148485>

5. Аксенова, Е. Н. Общая физика. Термодинамика и молекулярная физика (главы курса) : учебное пособие для спо / Е. Н. Аксенова. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 72 с. — ISBN 978-5-8114-6537-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/148482>

### Дополнительные источники:

1. Бирюкова, О. В. Физика. Электричество и магнетизм. Задачи с решениями / О. В. Бирюкова, Б. В. Ермаков, И. В. Корецкая. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 180 с. — ISBN 978-5-507-44637-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/231494> (дата обращения: 22.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Трунов, Г. М. Общая физика. Дополнительные материалы для самостоятельной работы : учебное пособие для спо / Г. М. Трунов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 72 с. — ISBN 978-5-8114-5797-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/146680>

3. Практикум по решению задач общего курса физики. Механика : учебное пособие для спо / Н. П. Калашников, Т. В. Котырло, С. Л. Кустов, Г. Г. Спирин. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 292 с. — ISBN 978-5-8114-6884-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153652>

4. Физика. Механические колебания. Сборник задач с решениями [Электронный ресурс]: задачник для СПО/ — Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2019.— 164 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/86468.html>. — ЭБС «IPRbooks»

5. Щербаков Р.Н. Великие физики как педагоги: от научных исследований - к просвещению общества [Электронный ресурс]/ Щербаков Р.Н.— Электрон. текстовые данные.— Москва: Лаборатория знаний, 2020.— 297 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12216.html>. — ЭБС «IPRbooks»

6. Практикум по решению задач по общему курсу физики. Колебания и волны. Оптика : учебное пособие для спо / Н. П. Калашников, Н. М. Кожевников, Т. В. Котырло, Г. Г. Спирин. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-6885-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153653>

7. Бухман, Н. С. Упражнения по физике : учебное пособие для спо / Н. С. Бухман. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 96 с. — ISBN 978-5-8114-5808-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/146666>

**Интернет-источники:**

1. Общероссийский математический портал Math-Net.Ru - Режим доступа: <http://www.mathnet.ru/>
2. Научная электронная библиотека «Киберленинка» [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/>
3. Электронная библиотечная система "ЮРАЙТ" – Режим доступа: <http://www.urait.ru/>
4. Электронная библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.iprbookshop.ru/>
5. <https://www.yandex.ru/>
6. <https://www.rambler.ru/>
7. <https://google.com/>