Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

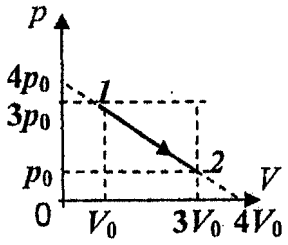
Задание по физике

Вариант 1.

1.8.1. Сформулируйте закон Архимеда. Каковы условия плавания тел?

Задача. Металлическая дробинка, погружаясь в воду, движется с постоянной скоростью. Найдите работу силы сопротивления воды на пути $S = 20$ см. Радиус дробинки $r = 3$ мм, ее плотность $\rho = 8 \cdot 10^3$ кг/м^3. Плотность воды $\rho_0 = 10^3$ кг/м^3. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с^2.

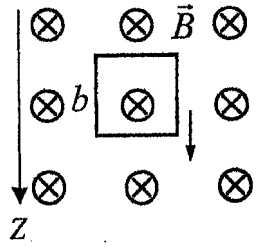
2.7.1. Что такое внутренняя энергия термодинамической системы? Какими способами можно изменить внутреннюю энергию?



Задача. При расширении одного моля аргона его давление уменьшается так, как показано на p–V-диаграмме (см. рисунок). Определите максимальное значение внутренней энергии U газа в процессе *1 – 2*. Начальные значения объёма и давления газа равны $V_0 = 0{,}1$ м^3 и $p_0 = 5 \cdot 10^4$ Па соответственно.

3.7.1. В чём состоит явление самоиндукции? Чему равна электродвижущая сила (ЭДС) самоиндукции?

Задача. Проволочная квадратная рамка массой m падает, оставаясь в вертикальном положении, в неоднородном магнитном поле, вектор индукции которого перпендикулярен плоскости рамки (см. рисунок). Через некоторое время скорость рамки перестает изменяться. Определите установившуюся скорость рамки $v_{уст.}$, если известно, что индукция магнитного поля нарастает по линейному закону: $B(z) = B_0 + k \cdot z$, где k – постоянный коэффициент, а координатная ось OZ направлена вертикально вниз. Сопротивление проволоки, из которой изготовлена рамка равно R, сторона рамки равна b.



4.5.1. Дайте определения фокусного расстояния и оптической силы тонкой линзы.

Задача. Оптическая система состоит из двух линз – собирающей с фокусным расстоянием $F_1 = 30$ см и рассеивающей с фокусным расстоянием $F_2 = -10$ см. Главные оптические оси линз совпадают, а расстояние между линзами $L = 20$ см. Позади рассеивающей линзы на расстоянии $l = 1$ м от нее установлен экран, перпендикулярный главным оптическим осям линз. На собирающую линзу падает параллельный пучок света диаметром $d_1 = 15$ мм. Ось пучка совпадает с главной оптической осью линз. Определите диаметр d_2 светового пятна на экране.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

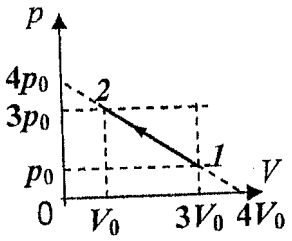
Задание по физике

Вариант 2.

1.8.2. Дайте определения механической работы и мощности. Укажите единицы измерения этих величин.

Задача. Пузырёк газа радиуса $r = 3$ мм поднимается со дна водоёма с постоянной скоростью. Найдите работу силы сопротивления воды на пути $S = 30$ см. Плотность воды $\rho_0 - 10^3$ кг/м^3. Плотностью газа в пузырьке, а также изменением объёма пузырька при подъёме можно пренебречь. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с^2.

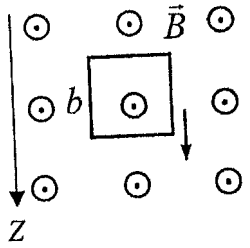
2.7.2. Чему равны молярные теплоёмкости одноатомного идеального газа в изохорном и изобарном процессах?



Задача. При сжатии одного моля гелия его давление увеличивается так, как показано на p–V-диаграмме (см. рисунок). Максимальное значение внутренней энергии газа в процессе $1-2$ оказалось равным $U_{max} = 3\cdot10^4$ Дж. Значение начального давления газа равно $p_0 = 5\cdot10^4$ Па. Определите конечный объём газа V_0.

3.7.2. Дайте определение магнитного потока. Сформулируйте закон электромагнитной индукции.

Задача. Проволочная квадратная рамка падает, оставаясь в вертикальном положении, в неоднородном магнитном поле, вектор индукции которого перпендикулярен плоскости рамки, как показано на рисунке. Через некоторое время скорость рамки перестает изменяться. Индукция магнитного поля нарастает по линейному закону: $B(z) = B_0 + k\cdot z$, где k – постоянный коэффициент, а координатная ось OZ направлена вертикально вниз. Определите массу рамки m, если установившееся значение скорости её падения равно $v_{уст.}$. Сопротивление проволоки, из которой изготовлена рамка равно R, а сторона рамки равна b.



4.5.2. Запишите формулу тонкой линзы. Чему равно увеличение, даваемое линзой?

Задача. Оптическая система состоит из двух линз – рассеивающей с оптической силой $D_1 = -5$ дптр и собирающей с оптической силой $D_2 = 2$ дптр. Главные оптические оси линз совпадают, а расстояние между линзами $L = 30$ см. Позади собирающей линзы на расстоянии $l = 0{,}5$ м от нее установлен экран, перпендикулярный главным оптическим осям линз. На рассеивающую линзу падает параллельный пучок света диаметром $d_1 = 20$ мм. Ось пучка совпадает с главной оптической осью линз. Определите диаметр d_2 светового пятна на экране.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

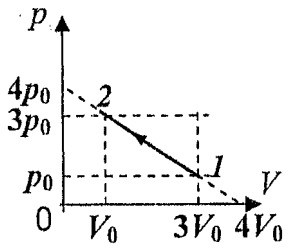
Вариант 3.

Задание по физике.

1.8.3. Дайте определение давления и укажите единицы его измерения. Сформулируйте закон Паскаля для жидкостей и газов.

Задача. Легкий шарик радиуса $r = 2$ мм всплывает со дна водоема с постоянной скоростью. На пути шарика $S = 0{,}5$ м сила вязкого трения совершила работу, модуль которой $|A_{тр}| = 6{,}75 \cdot 10^{-5}$ Дж. Найдите массу шарика m. Плотность воды $\rho = 10^3$ кг/м^3. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с^2.

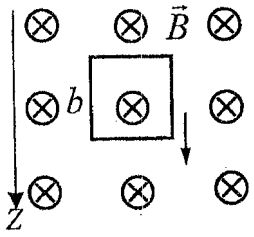
2.7.3. Сформулируйте первый закон термодинамики. Опишите метод расчета работы газа с помощью p–V-диаграмм.



Задача. Один моль неона сжимают до объёма $V_0 = 0{,}1$ м^3. При этом его давление возрастает так, как показано на p–V-диаграмме (см. рисунок). Максимальное значение внутренней энергии газа в процессе $1-2$ оказалось равным $U_{max} = 3 \cdot 10^4$ Дж. Определите начальное давление газа p_0 в этом процессе.

3.7.3. Дайте определение коэффициента самоиндукции (индуктивности) контура. Чему равна энергия магнитного поля?

Задача. Проволочная квадратная рамка массы m падает, оставаясь в вертикальном положении, в неоднородном магнитном поле, вектор индукции которого перпендикулярен плоскости рамки, как показано на рисунке. Индукция магнитного поля убывает по линейному закону $B(z) = B_0 - k \cdot z$, где k – постоянный коэффициент, а координатная ось OZ направлена вертикально вниз. Через некоторое время скорость рамки перестает изменяться. Её установившееся значение равно $v_{уст.}$. Определите сопротивление R проволоки, из которой изготовлена рамка. Сторона рамки равна b.



4.5.3. Дайте определение светового луча. Сформулируйте закон прямолинейного распространения света.

Задача. Оптическая система состоит из двух собирающих линз с фокусными расстояниями $F_1 = 60$ см и $F_2 = 10$ см. Главные оптические оси линз совпадают, а расстояние между линзами $L = 70$ см. Позади второй линзы на расстоянии $l = 0{,}5$ м от нее установлен экран, перпендикулярный главным оптическим осям линз. На первую линзу падает параллельный пучок света диаметром $d_1 = 24$ мм. Ось пучка совпадает с главной оптической осью линз. Определите диаметр d_2 светового пятна на экране.

Физический факультет МГУ

Вступительные испытания по физике

Вариант 4

22 июля 2011 г.

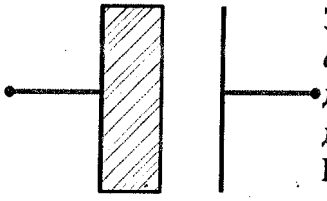
1.7.1. Дайте определение механической работы. Чему равна кинетическая энергия системы материальных точек?

Задача. Олимпийская трасса для соревнований по бобслею в Лиллехаммере имеет перепад высот от старта до финиша $h = 107$ м. На стартовом горизонтальном участке («полоса разгона») спортсмены разогнали боб до скорости $v_0 = 6$ м/с, с которой пересекли линию старта. В конце спуска по ледяному жёлобу сразу после финиша используется специальное тормозное устройство для гашения скорости боба на горизонтальной поверхности. Определите тормозной путь боба, считая, что коэффициент трения увеличивается на этом участке пропорционально расстоянию x от линии финиша: $\mu(x) = \alpha \cdot x$, где $\alpha = 0{,}1$ м$^{-1}$. Примите, что на участке трассы от конца полосы разгона до финиша за счёт сил трения было потеряно $\eta = 20\%$ механической энергии боба.

2.8.1. Какой газ называется идеальным? Запишите основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа и объясните смысл входящих в это уравнение величин.

Задача. Один моль идеального одноатомного газа занимает объём $V = 10$ л. В процессе нагревания при постоянном объеме газ получил количество теплоты $Q = 120$ Дж. Найдите изменение давления газа Δp в этом процессе.

3.8.1. Дайте определение электроёмкости. Как вычисляется эквивалентная ёмкость последовательно соединенных конденсаторов?



Задача. Расстояние между обкладками плоского воздушного конденсатора $d = 1$ см. Пространство между обкладками наполовину заполнено диэлектриком, как показано на рисунке. Диэлектрическая проницаемость диэлектрика $\varepsilon = 4$. Напряжение между обкладками конденсатора $U = 5$ В. Найдите напряженность электрического поля в диэлектрике.

4.6.1. Запишите формулу тонкой линзы. Чему равно увеличение, даваемое линзой?

Задача. С помощью тонкой собирающей линзы получили увеличенное в $k = 5$ раз действительное изображение предмета, расположенного вблизи главной оптической оси линзы. Если расстояние между линзой и предметом увеличить на $L = 1$ см, то изображение предмета станет меньше в $n = 2$ раза. Определите фокусное расстояние линзы.

Дополнительное вступительное испытание по физике

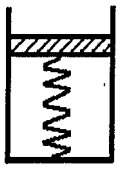
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Вариант 5.

1.5.1. Запишите связь между приращением импульса материальной точки и импульсом силы. Сформулируйте закон сохранения импульса.

Задача. Маленький шарик массой m падает на брусок массой M, лежащий на горизонтальной крышке стола. В момент удара скорость шарика направлена под углом α к горизонту, а её модуль равен V. После удара шарик отскакивает под тем же углом к горизонту, но со скоростью, модуль которой в n раз меньше модуля начальной скорости. Считая, что длительность удара равна τ и достаточно мала, а сила, действующая на шарик со стороны бруска во время удара, практически постоянна, определите, при каких значениях коэффициента трения μ бруска о стол брусок в момент удара будет оставаться неподвижным.

2.4.1. Запишите основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. Как связаны средняя кинетическая энергия молекул и температура газа?

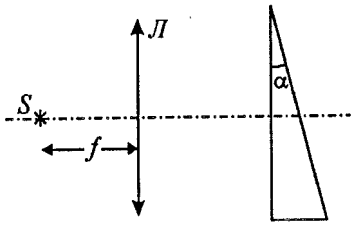


Задача. В вертикальном цилиндре под поршнем находится один моль гелия при температуре $T_1 = 280$K. Поршень связан с дном цилиндра пружиной, коэффициент упругости которой $k = 10^4$ Н/м. Расстояние от поршня до дна цилиндра $h = 0{,}4$ м. До какой температуры T_2 нужно нагреть цилиндр с гелием, чтобы поршень поднялся на $\Delta h = 0{,}1$ м? Универсальная газовая постоянная $R = 8{,}3$ Дж/(К·моль).

3.1.1. Что такое электродвижущая сила (ЭДС) источника? Сформулируйте условия существования постоянного тока в цепи.

Задача. Из куска однородной проволоки изготовлен замкнутый контур, имеющий форму квадрата $ABCD$. Источник тока подключают сначала к вершинам квадрата A и B, а затем к вершинам A и C. В первом случае сила тока, протекающего через источник, оказывается в $m = 1{,}2$ раза больше, чем во втором. Определить внутреннее сопротивление источника r, если известно, что сопротивление проволоки, из которой изготовлен квадрат, $R = 4$ Ом.

4.2.1. Дайте определение светового луча. Сформулируйте законы отражения света.



Задача. На некотором расстоянии от собирающей линзы $Л$ с фокусным расстоянием f расположен стеклянный клин с малым преломляющим углом α так, как показано на рисунке. По другую сторону от линзы в её главном фокусе расположен точечный источник света S. На каком расстоянии d друг от друга соберутся лучи, отражённые от передней и задней поверхностей клина после прохождения линзы. Показатель преломления стекла клина равен n.

1.7. Сформулируйте закон всемирного тяготения. Как зависит сила тяжести от высоты тела над поверхностью Земли?

2.7. Дайте определение идеального газа. Запишите основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.

3.7. Дайте определение напряженности электрического поля. Напишите формулу для напряженности электростатического поля точечного заряда.

4.7. Сформулируйте законы преломления света. Нарисуйте ход лучей в призме.

5.5. Задача. Деревянная линейка выдвинута за край стола на $\alpha = 1/4$ часть своей длины. При этом она не опрокидывается, если на ее свешивающийся конец положить груз массой не более $m_1 = 250$ г. На какую часть длины β можно выдвинуть за край стола эту линейку, если на ее свешивающийся конец положен груз массой $m_2 = 125$ г?

6.1. Задача. В баллоне находится смесь азота N_2 и водорода H_2. При некоторой температуре T, при которой все молекулы азота диссоциировали на атомы, а диссоциацией молекул водорода еще можно пренебречь, давление смеси в баллоне оказалось равным p. При температуре $2T$, при которой молекулы обоих газов полностью диссоциировали, давление в баллоне стало равным $3p$. Каково отношение n числа атомов азота к числу атомов водорода в смеси?

7.3. Задача. Два удаленных друг от друга на большое расстояние металлических шара радиусами $r_1 = 5$ см и $r_2 = 10$ см, несущие заряды $q_1 = 2 \cdot 10^{-9}$ Кл и $q_2 = -10^{-9}$ Кл соответственно, соединяют на короткое время тонким проводом. Какой заряд q протечет при этом по проводу?

8.7. Задача. С помощью тонкой линзы получают действительное изображение плоского предмета, расположенного перпендикулярно главной оптической оси линзы. Если предмет находится на расстоянии $d = 8$ см от линзы, то увеличение изображения составляет $n = 3$. На какое расстояние Δl нужно переместить предмет, чтобы увеличение изображения стало равным $m = 8$?

9.5. Задача. Согласно теории Бора энергию электрона на n-м энергетическом уровне атома водорода можно представить в виде $E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$ эВ (1 эВ = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Дж). При переходе электрона между какими уровнями атом водорода излучает фотон, которому соответствует электромагнитная волна с длиной волны $\lambda = 486$ нм? Скорость света $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. Постоянную Планка принять равной $h = 6{,}6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

10.5. Задача. Ядро покоящегося нейтрального атома, находящееся в однородном магнитном поле с индукцией B, испытывает α-распад. При этом рождаются α-частица зарядом q и массой m и тяжелый ион нового элемента массой M. Трек тяжелого иона находится в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля. Начальная часть этого трека представляет собой дугу окружности радиусом R. Найдите выделившуюся при α-распаде энергию ΔE, считая, что она целиком переходит в кинетическую энергию продуктов реакции.

Олимпиада "Ломоносов" 2011 г. Заключительный этап

1. Задача. При полном погружении в воду полого стеклянного кубика массой $m = 310$ г на него действует выталкивающая сила $F = 1{,}25$ Н. Полость внутри кубика имеет кубическую форму и расположена симметрично относительно центра кубика. Определите толщину стенок h кубика. Плотность стекла $\rho_1 = 2{,}5$ г/см^3, плотность воды $\rho_2 = 1$ г/см^3. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с^2.

Ответ:

$$h = \frac{1}{2}\cdot\left(\sqrt[3]{\frac{F}{\rho_2 g}} - \sqrt[3]{\frac{F}{\rho_2 g} - \frac{m}{\rho_1}}\right) = 2 \text{ см}$$

2. Вопрос. Дайте определение гармонических колебаний. Что такое амплитуда и фаза гармонических колебаний?

Задача. Брусок с лежащим на нем кирпичом скользит по гладкой горизонтальной плоскости и наталкивается на пружину, другой конец которой закреплен (рис. 5). Коэффициент трения между брусом и кирпичом $\mu = 0{,}1$. Какую начальную скорость v_0, направленную вдоль оси пружины, можно сообщить бруску, чтобы в процессе его взаимодействия с пружиной кирпич не начал скользить по бруску? Брусок находится в контакте с пружиной в течение промежутка времени $\tau = 3{,}1$ с. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с^2.

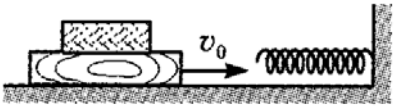


Рис. 5

Ответ:

$$V_0 < \frac{\mu g \tau}{\pi} \approx 1 \text{ м/с}$$

3. Вопрос. Дайте определение коэффициента полезного действия (КПД) теплового двигателя. Чему равно максимальное значение КПД?

Задача. Рабочим телом теплового двигателя является идеальный одноатомный газ. В двигателе совершается циклический процесс *1–2–3–1*, *p–V*-диаграмма которого изображена на рисунке 6, причем на участке *1–2* температура газа поддерживается постоянной. Найдите коэффициент полезного действия двигателя, если известно, что на участке *1–2* газ совершает работу $A = 14$ кДж, а на участке *2–3* отдает количество теплоты $Q = 10$ кДж.

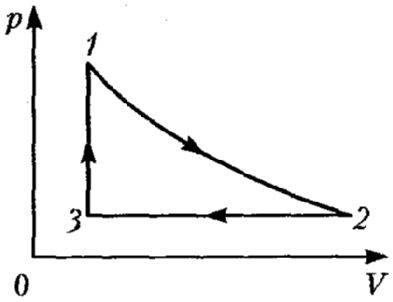


Рис. 6

Ответ:

$$\eta = \frac{A - 0{,}4Q}{A + 0{,}6Q} = 0{,}5$$

4. Вопрос. Сформулируйте закон Кулона. Дайте определение напряженности электрического поля.

Задача. Три одинаковых маленьких шарика, несущие заряды $q = 10^{-9}$ Кл каждый, удерживают так, что они располагаются на одной прямой. Расстояние между соседними шариками $a = 3$ см. Средний шарик отпускают, и он начинает двигаться перпендикулярно линии, соединяющей крайние шарики. Какова будет скорость v этого шарика в момент времени, когда его перемещение от начального положения составит $\Delta x = 4$ см? Масса шарика $m = 1$ г. Электрическая постоянная $\varepsilon_0 = 8{,}85\cdot 10^{-12}$ Ф/м. Силу тяжести не учитывайте.

Ответ: $v =$

$$\frac{q}{\sqrt{\pi\varepsilon_0 m a}}\sqrt{\frac{\sqrt{a^2+(\Delta x)^2} - a}{\sqrt{a^2+(\Delta x)^2}}}$$

$\approx 2{,}2$ см/с

5. Вопрос. Дайте определение светового луча. Сформулируйте закон прямолинейного распространения света.

Задача. Световой луч падает на поверхность стеклянного шара под углом $\alpha = 45°$. Найдите показатель преломления стекла n, если угол между падающим лучом и лучом, вышедшим из шара, равен $\gamma = 30°$.

Ответ:

$$n = \frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha - \gamma/2)} = \sqrt{2}$$