

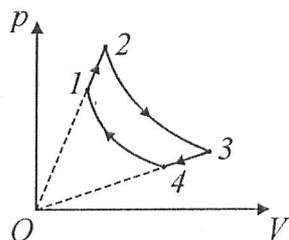
Дополнительное вступительное испытание по физике

Вариант № 1

1.3.1. Что такое сила? Как найти сумму сил, действующих на материальную точку?

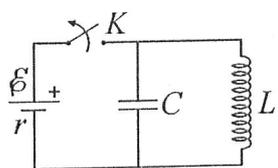
Задача. Шарик массой m , подвешенный на невесомой нерастяжимой нити, отклонили от вертикали на угол φ_0 и отпустили без начальной скорости. Найдите силу натяжения нити T как функцию угла отклонения шарика от вертикали φ .

2.1.1. Дайте определение идеального газа. Запишите уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева–Клапейрона).



Задача. На рисунке представлена pV -диаграмма циклического процесса, совершаемого над идеальным газом. На участках 2–3 и 4–1 температура газа постоянна. Определите объем V_3 этого газа в состоянии 3, если известно, что $V_1 = 1$ л, $V_2 = 1,4$ л и $V_4 = 2V_2$.

3.8.1. Дайте определение потенциала электростатического поля. Запишите связь между разностью потенциалов и напряженностью электростатического поля.



Задача. В схеме, показанной на рисунке, ключ K длительное время был замкнут. В момент времени $t = 0$ ключ размыкают. Определите закон изменения во времени заряда пластины конденсатора, подключенной при замкнутом ключе к положительному полюсу батареи. ЭДС батареи \mathcal{E} , ее внутреннее сопротивление r , емкость конденсатора C , индуктивность катушки L , её сопротивление пренебрежимо мало.

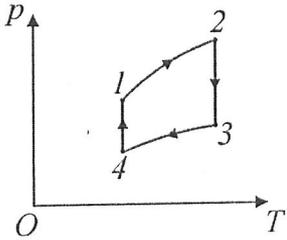
4.8.1. Какие линзы называются тонкими? Дайте определения фокусного расстояния и оптической силы тонкой линзы.

Задача. Оптическая система состоит из двух тонких линз, главные оптические оси которых совпадают. Первая линза – собирающая, а вторая – рассеивающая. Фокусное расстояние собирающей линзы F . Расстояние между линзами равно $F/2$. Точечный источник света S расположен на главной оптической оси системы на расстоянии $a = 1,5 F$ перед собирающей линзой. Его изображение S_1 , создаваемое системой, является действительным и находится на расстоянии $b = 5 F$ за рассеивающей линзой. Определите отношение n оптической силы собирающей линзы к модулю оптической силы рассеивающей линзы.

1.3.2. Сформулируйте второй и третий законы Ньютона.

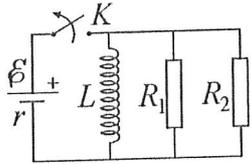
Задача. Ребенок массой $m = 25$ кг качается на качелях так, что максимальный угол отклонения качелей от вертикали $\varphi_{\max} = 30^\circ$. Найдите максимальную силу F_{\max} , с которой ребенок действует на качели в процессе колебаний. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с².

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



Задача. На рисунке представлена pT -диаграмма циклического процесса, совершаемого над идеальным газом. В процессах $1-2$ и $3-4$ давление газа изменяется пропорционально его объему. Определите давление p_3 этого газа в состоянии 3 , если известно, что $p_1 = 10^5$ Па, $p_2 = 1,5 \cdot 10^5$ Па и $p_4 = p_2 / 3$.

3.8.2. Дайте определение емкости. Чему равна емкость плоского конденсатора?



Задача. В схеме, показанной на рисунке, ключ K длительное время был замкнут. В некоторый момент времени ключ размыкают. Определите количество теплоты Q_1 , выделившееся за достаточно большое время после размыкания ключа на резисторе R_1 . ЭДС батареи \mathcal{E} , ее внутреннее сопротивление r , сопротивления резисторов R_1 и R_2 , индуктивность катушки L , а ее сопротивление пренебрежимо мало.

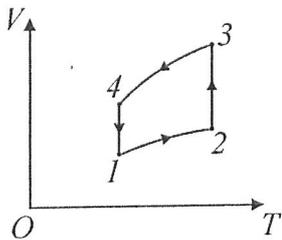
4.8.2. Запишите формулу тонкой линзы. Чему равно увеличение, даваемое линзой?

Задача. Оптическая система состоит из двух тонких линз, главные оптические оси которых совпадают. Первая линза — собирающая, а вторая — рассеивающая. Фокусное расстояние собирающей линзы $F = 15$ см. Расстояние между линзами равно F . Точечный источник света S расположен на главной оптической оси системы перед собирающей линзой на расстоянии $a = 2,5 F$ от нее. За линзами перпендикулярно их главным оптическим осям расположен экран. Определите фокусное расстояние F_2 рассеивающей линзы, при котором размер светлого пятна на экране не будет зависеть от удаления экрана от этой линзы.

1.3.3. Дайте определение силы тяжести. Как зависит сила тяжести от высоты?

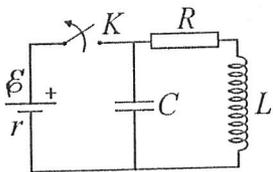
Задача. Мешок с песком массой $M = 5$ кг подвешен на веревке длиной $l = 3$ м. В мешок попадает горизонтально летящая пуля и застревает в нем. Найти максимальную силу T_{\max} натяжения веревки в процессе колебаний мешка, если известно, что масса пули $m = 10$ г, а ее скорость непосредственно перед попаданием в мешок $v = 500$ м/с. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с². Размером мешка по сравнению с длиной веревки можно пренебречь.

2.1.3. Сформулируйте основные положения молекулярно-кинетической теории. Каковы масса и размер молекул по порядку величины?



Задача. На рисунке представлена VT -диаграмма циклического процесса, совершаемого над идеальным газом. В процессах $1-2$ и $3-4$ объем газа изменяется пропорционально его давлению. Определить объем V_3 этого газа в состоянии 3, если известно, что $V_1 = 1$ л, $V_2 = 1,4$ л и $V_4 = 1,5V_2$.

3.8.3. Запишите формулы для вычисления емкости последовательно и параллельно соединенных конденсаторов.



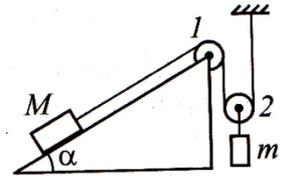
Задача. В схеме, показанной на рисунке, ключ K длительное время был замкнут. В некоторый момент времени ключ размыкают. Определите количество теплоты Q , которое выделится после этого на резисторе с сопротивлением R за достаточно большой промежуток времени. ЭДС батареи \mathcal{E} , её внутреннее сопротивление r , емкость конденсатора C , индуктивность катушки L , а ее сопротивление пренебрежимо мало.

4.8.3. Приведите примеры построения изображений в собирающей и рассеивающей линзах.

Задача. Оптическая система состоит из двух тонких линз, главные оптические оси которых совпадают. Первая линза — рассеивающая, а вторая — собирающая. Фокусное расстояние собирающей линзы $F = 10$ см. Расстояние между линзами равно $2F$. На рассеивающую линзу падает вдоль её главной оптической оси параллельный пучок света. После прохождения системы все лучи пучка собираются в точке, расположенной за собирающей линзой на расстоянии $a = 1,25F$ от нее. Определите оптическую силу D_1 рассеивающей линзы.

1. Что такое сила? Как найти сумму сил, действующих на материальную точку?

Задача. Брусок массой $M = 2$ кг располагается на неподвижной наклонной плоскости, образующей с горизонтом $\alpha = 30^\circ$. К бруску привязана нить, перекинутая через два легких блока: неподвижный 1 и подвижный 2 (см. рис.). Отрезки нити, идущие к подвижному блоку 2, вертикальны, а отрезок нити от бруска до неподвижного блока 1 параллелен наклонной плоскости. К оси подвижного блока подвешен груз, масса m которого неизвестна. Когда систему предоставили самой себе, груз начал двигаться вниз с ускорением $a = 0,5$ м/с². Какова масса груза m ? Коэффициент трения между бруском и наклонной плоскостью $\mu = 0,2$. Нить считайте невесомой и нерастяжимой, трением в оси блоков пренебрегите. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с².



$$m = \frac{2Mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) + 4Ma}{g - a} \approx 3,26 \text{ кг.}$$

Ответ:

2. Чему равны силы трения покоя и скольжения? Дайте определение коэффициента трения.

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. При этом коэффициент трения на участке торможения увеличивается пропорционально расстоянию x от линии финиша по закону $\mu(x) = \alpha \cdot x$, где α — некоторый постоянный коэффициент. Определите величину α , если тормозной путь боба составил $s = 42$ м. Примите, что на участке трассы от конца полосы разгона до финиша за счёт сил трения было потеряно $\eta = 20\%$ механической энергии боба, а ускорение свободного падения равно $g = 10$ м/с².

$$\text{Ответ. } \alpha = \frac{(v_0^2 + 2gh)(1 - \eta/100\%)}{gs^2} \approx 0,1 \text{ м}^{-1}.$$

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

Задача. В вертикально расположенном цилиндрическом сосуде под тяжелым поршнем, способным перемещаться без трения, находится идеальный одноатомный газ. Какую работу A совершит газ, если сообщить ему количество теплоты $Q = 100$ Дж? Теплоемкостью сосуда можно пренебречь.

Ответ: $A = 40$ Дж

4. Какие виды парообразования вы знаете? Дайте определение удельной теплоты парообразования.

Задача. Объём сосуда V , содержащего только насыщенный водяной пар при абсолютной температуре T , изотермически уменьшили в $n = 10$ раз. Определите изменение внутренней энергии системы «пар - вода». Удельная теплота парообразования воды равна r , молярная масса воды равна μ , давление насыщенных паров воды при температуре T равно p_n , универсальная газовая постоянная равна R . Считайте, что $300 \text{ К} < T < 600 \text{ К}$.

$$\text{Ответ: } \Delta U = p_n V \left(1 - \frac{1}{n} \right) \left(1 - \frac{\mu r}{RT} \right) = 0,9 p_n V \left(1 - \frac{\mu r}{RT} \right).$$

5. Дайте определение напряженности электрического поля. Что такое линии напряженности электрического поля (силовые линии)?

Задача. Два шарика массой m каждый подвешены в одной и той же точке на нитях длиной L . Шарiki соединены друг с другом нитью длиной l и несут одинаковые электрические заряды. Определите величину заряда q каждого из шариков, если известно, что в состоянии равновесия силы натяжения всех трех нитей одинаковы. Нити считайте невесомыми и непроводящими. Электрическая постоянная ϵ_0 , ускорение свободного падения g .

$$q = 2l \sqrt{\pi \epsilon_0 mg \frac{2L + l}{\sqrt{4L^2 - l^2}}}.$$

Ответ:

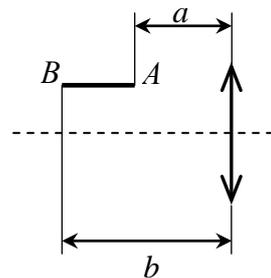
6. Что такое электродвижущая сила (ЭДС) источника? Сформулируйте условия существования постоянного тока в цепи.

Задача. При подключении к источнику поочередно двух сопротивлений нагрузки $R_1 = 4$ Ом и $R_2 = 1$ Ом выделяющаяся в них мощность оказалась одинаковой и равной $N = 9$ Вт. Чему равна ЭДС источника?

Ответ. $\mathcal{E} = \sqrt{N}(\sqrt{R_1} + \sqrt{R_2}) = 9$ В.

7. Дайте определение светового луча. Сформулируйте закон преломления света.

Задача. Отрезок AB , параллельный главной оси собирающей тонкой собирающей линзы, расположен на расстоянии d от оси так, что его концы удалены от плоскости линзы на расстояния a и b соответственно (см. рис.). Найдите длину l изображения отрезка, если фокусное расстояние линзы F и $b > a > F$.



Ответ: $l = F\sqrt{F^2 + d^2} \left(\frac{1}{a-F} - \frac{1}{b-F} \right)$.

8. Какие линзы называются тонкими? Дайте определения фокусного расстояния и оптической силы тонкой линзы.

Задача. С помощью тонкой собирающей линзы получили увеличенное в $k = 5$ раз мнимое изображение предмета, расположенного вблизи главной оптической оси линзы. Если расстояние между линзой и предмета увеличить на $L = 10$ см, то размер изображения предмета уменьшится в $n = 2$ раза. Определите фокусное расстояние линзы.

Ответ. $f = \frac{kL}{n+1} \approx 16,7$ см.

Олимпиада "Ломоносов" 2012 г.

1. Что такое масса тела? Дайте определение плотности вещества.

Задача. Изделие, изготовленное из сплава золота и меди, имеет массу $m = 1,6$ кг и плотность $\rho = 16,8 \cdot 10^3$ кг/м³. Считая, что объем сплава равен суммарному объему исходных компонент, определите массу m_1 золота в этом изделии. Плотность золота $\rho_1 = 19,3 \cdot 10^3$ кг/м³, плотность меди $\rho_2 = 8,9 \cdot 10^3$ кг/м³.

Ответ: $m_1 = m \frac{\rho_1(\rho - \rho_2)}{\rho(\rho_1 - \rho_2)} \approx 1,4$ кг.

2. Дайте определение центра масс системы материальных точек. Сформулируйте закон сохранения импульса системы материальных точек.

Задача. Кубик, стоявший на шероховатой горизонтальной плоскости, переворачивают через его ребро так, что это ребро остаётся неподвижным. Затем этот же кубик перемещают поступательно по горизонтальной плоскости на расстояние, равное длине его ребра. Коэффициент трения кубика о плоскость равен μ . Определите отношение минимальных работ в первом и во втором случаях.

Ответ: $\frac{A_1}{A_2} = \frac{\sqrt{2} - 1}{2\mu}$.

3. Дайте определение внутренней энергии термодинамической системы. Какими способами можно изменить внутреннюю энергию?

Задача. Найдите изменение ΔE средней кинетической энергии молекулы идеального одноатомного газа, если при изобарном нагревании $\nu = 5$ молей этого газа им совершена работа $A = 300$ Дж. Постоянная Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.

Ответ: $\Delta E = \frac{3}{2} \cdot \frac{A}{\nu N_A} \approx 1,5 \cdot 10^{-22}$ Дж.

4. Сформулируйте условия существования постоянного тока в цепи. Дайте определение электродвижущей силы (ЭДС).

Задача. Ученик соединил $N = 8$ одинаковых источников тока таким, образом, что после подключения полученной батареи к резистору с сопротивлением $R = 0,4$ Ом сила тока в резисторе достигла максимально возможного значения I_{\max} . Чему равно I_{\max} , если ЭДС и внутреннее сопротивление одного источника равны соответственно $\mathcal{E} = 2$ В и $r = 0,2$ Ом?

Ответ: $I_{\max} = \frac{1}{2} \mathcal{E} \sqrt{\frac{N}{Rr}} = 10$ А.

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

Задача. Расстояние между предметом и его прямым изображением, полученным с помощью тонкой линзы, равно $L = 40$ см. Изображение меньше предмета в $n = 3$ раза. Какова оптическая сила линзы?

Ответ: $D = -\frac{(n-1)^2}{nL} = -3,33$ дптр.