

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ» ПО ФИЗИКЕ.
БИЛЕТ ОЧНОГО ТУРА В Г. НИЖНИЙ НОВГОРОД.

1. Силы трения. Сухое трение: трение покоя и трение скольжения. Коэффициент трения. Вязкое трение.

Задание: Ящик массы $m = 10$ кг, медленно втаскивают по наклонной плоскости на высоту $H = 2$ м при помощи веревки, привязанной к ящику и направленной вдоль плоскости вверх. Угол наклона плоскости $\alpha = 45^\circ$, коэффициент трения $\mu = 0,5$. Найти работу силы натяжения веревки. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с.

Полный ответ по теории должен содержать: Описание физической природы и характера действия сил трения в отсутствие проскальзывания соприкасающихся тел (трение покоя) и после его начала (трение скольжения), формулировку закона Кулона-Амонтона и определение коэффициента трения, описание сил вязкого трения и их зависимости от скорости тела.

Ответ иллюстративной задачи: $A = mgH [1 + \mu \operatorname{ctg}(\alpha)] = 300$ Дж.

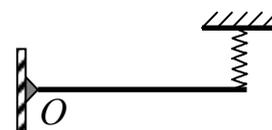
2. Магнитный поток. опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Самоиндукция.

Задание: На длинную цилиндрическую проволочную катушку (соленоид) надет замкнутый проволочный виток. Если через соленоид пропустить переменный ток, то в витке возникает индукционный ток. Во сколько раз изменится сила индукционного тока, если увеличить вдвое диаметр проволоки витка, надетого на соленоид (материал проволоки и размер витка такой же)?

Полный ответ по теории должен содержать: Определение магнитного потока и описание схемы опытов Фарадея и их значения для развития представлений об электромагнетизме, описание явления электромагнитной индукции и ситуаций, в которых возможно появление индукционного тока, формулировка закона электромагнитной индукции Фарадея и правила Ленца, описание явления самоиндукции и определение индуктивности.

Ответ иллюстративной задачи: увеличится в 4 раза.

3. Стержень массы M с одной стороны прикреплен к вертикальной стене шарниром O . Другой конец стержня закреплен на пружине (см.рис.). В начальный момент стержень расположен горизонтально, затем к правому концу стержня подвешивают груз массы m . В результате этого стержень отклоняется на угол α от горизонтального положения, а пружина – на угол, примерно равный $\alpha/2$, от вертикали. Определить силу, действующую на стержень со стороны шарнира.

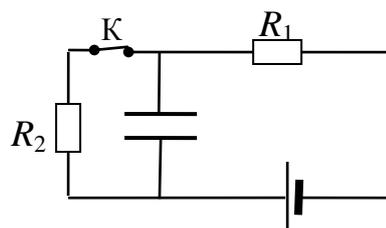


Ответ: горизонтальная (направленная «от стержня») составляющая силы реакции шарнира

$$F_2 = \left(\frac{M}{2} + m\right) g \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cos(\alpha), \quad \text{вертикальная (вверх)} \quad - \quad F_3 = \left[M \left(1 - \frac{1}{2} \cos(\alpha)\right) + m(1 - \cos(\alpha))\right] g.$$

Описанная в условии ситуация возможна только в том случае, если длина пружины в начальном состоянии много меньше длины стержня, поэтому в качестве правильных также принимались ответы, полученные с учетом такого приближения для всех возможных α .

4. Какое количество теплоты выделится после размыкания ключа K в резисторе R_1 в схеме, показанной на рисунке. Сопротивления резисторов равны: $R_1 = R_2 = R$, внутреннее сопротивление источника $r = R/2$, ЭДС источника равна \mathcal{E} , емкость конденсатора C .



Ответ: $Q_1 = \frac{R_1 [(R_2 + r)^2 + R_2^2 - R_1^2]}{2(R_1 + r)(R_1 + R_2 + r)^2} C \mathcal{E}^2 = \frac{3}{25} C \mathcal{E}^2.$

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ» ПО ФИЗИКЕ.
БИЛЕТ ОЧНОГО ТУРА В Г. ОМСК.

1. Сила упругости. Понятие о деформациях. Закон Гука. Модуль Юнга. Потенциальная энергия упруго деформированного тела.

Задание: На горизонтальной поверхности находится брусок массы $m = 100$ г, прикрепленный недеформированной невесомой горизонтальной пружиной к неподвижной стенке. К бруску приложили постоянную силу $F = 0,6$ Н, направленную вдоль пружины к стенке. На какое расстояние переместится брусок до остановки? Коэффициент упругости пружины $k = 20$ Н/м. Коэффициент трения бруска о плоскость $\mu = 0,5$. Ускорение свободного падения считать равным $g = 10$ м/с².

Полный ответ по теории должен содержать: Описание физической природы и характера действия сил упругости, возникающих при деформациях тел, формулировку закона Гука, описание зависимости коэффициента упругости от материала и размеров тела и определение модуля Юнга, формулу для потенциальной энергии упруго деформированного тела.

Ответ иллюстративной задачи: $s = \frac{2(F - \mu mg)}{k} = 1$ см.

2. Идеальный газ. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. Средняя кинетическая энергия молекул и температура. Абсолютная температурная шкала.

Задание: Концентрация молекул газа в сосуде увеличилась в $\alpha = 2$ раза, а давление газа уменьшилось во столько же раз. Во сколько раз изменилась (увеличилась или уменьшилась?) средняя квадратичная скорость движения молекул газа? Газ считать идеальным.

Полный ответ по теории должен содержать: описание модели идеального газа, объяснение связи давления газа с концентрацией молекул и их средней энергией поступательного движения (либо описание вывода основного уравнения МКТ), объяснение связи температуры как меры нагретости тел со средней кинетической энергией молекул, определение абсолютной температуры и описание опытных оснований построения абсолютной температурной шкалы.

Ответ иллюстративной задачи: уменьшилась в $\alpha = 2$ раза.

3. Тонкий прямой стержень располагают перпендикулярно главной оптической оси тонкой линзы с оптической силой $D = +1$ дптр. При этом линейный размер изображения стержня оказывается в $k = 5$ раз больше длины стержня. Стержень отодвинули от линзы на расстояние s (при этом он остался перпендикулярным к оптической оси), и после этого линейный размер изображения оказался точно таким же, как до перемещения. Найти s .

Ответ: $s = \frac{2}{kD} = 40$ см.

4. Два одноименно заряженных шарика с зарядом $q = 2 \cdot 10^{-6}$ Кл закреплены на расстоянии $a = 0,4$ м друг от друга в одной горизонтальной плоскости с непроводящим тонким гладким стержнем. Стержень находится на одинаковом расстоянии между шариками и перпендикулярен прямой, соединяющей их. На стержне надет ещё один шарик массой $m = 0,001$ кг, несущий заряд Q , который покоится. Этот шарик смещают на небольшое расстояние вдоль стержня и отпускают. Частота возникших колебаний $\omega_0 = 100$ рад·с⁻¹. Определить заряд Q . Поляризацией стержня пренебречь.

Ответ: $Q = -\frac{m\omega_0^2 a^3}{16kq} \approx -2,2 \cdot 10^{-6}$ Кл, где $k \approx 9 \cdot 10^9$ Н м² / Кл².

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ» ПО ФИЗИКЕ.
БИЛЕТ ОЧНОГО ТУРА В Г. УФА.

1. Третий закон Ньютона. Импульс материальной точки и системы материальных точек. Закон сохранения импульса.

Задание: Два небольших тела одинаковой массы $m = 100 \text{ г}$ скользили по гладкой горизонтальной поверхности во взаимно-перпендикулярных направлениях со скоростями $V_1 = 3 \text{ м/с}$ и $V_2 = 4 \text{ м/с}$. Какое количество теплоты выделилось при соударении?

Полный ответ по теории должен содержать: Формулировку 3-го закона Ньютона и пояснение его физического содержания, определение импульса материальной точки и системы материальных точек, описание класса замкнутых механических систем и формулировку закона сохранения импульса, объяснение связи 3-го закона Ньютона с законом сохранения импульса (или вывод закона сохранения на основе 3-го закона).

Ответ иллюстративной задачи: $Q = \frac{mV^2}{4} = 0,625 \text{ Дж}.$

2. Электрический ток в металлах. Электрический ток в электролитах. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля-Ленца.

Задание: Кусок проволоки подключили к клеммам аккумулятора. При этом мощность выделения тепла в проволоке составила $P_1 = 8 \text{ Вт}$. Когда проволоку разрезали пополам и оба получившихся куска подключили параллельно к тому же аккумулятору, то мощность возросла до $P_2 = 9 \text{ Вт}$. Какой станет мощность тепловых потерь, если каждую из этих половин еще раз разрезать пополам и подключить к аккумулятору параллельно все четыре получившихся куска проволоки.

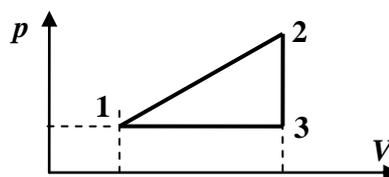
Полный ответ по теории должен содержать: Описание природы электрического тока в металлах и в электролитах с указанием отличий этих процессов, объяснение связи тока в электролитах с переносом вещества, вычисление работы и мощности постоянного электрического тока, описание процессов, приводящих к переходу энергии электрического поля в проводнике в тепловую энергию и формулировку закона Джоуля-Ленца.

Ответ иллюстративной задачи: $P_4 = \frac{4P_1P_2}{(5\sqrt{P_1} - 2\sqrt{P_2})^2} \approx 3,3 \text{ Вт}.$

3.. От теплохода, плывущего вдоль канала, в котором отсутствует течение, распространяются по воде волны с прямолинейным фронтом. Скорость волн направлена под углом $\alpha = 30^\circ$ к линии берега. Гребни волн, набегая на берег, перемещаются вдоль него со скоростью $V = 1,8 \text{ м/с}$. При этом плавающая на поверхности воды деревянная щепка совершает вертикальные колебания с частотой $\nu = 1,2 \text{ Гц}$. Определить расстояние между ближайшими гребнями волн λ .

Ответ: $\lambda = \frac{V \cos \alpha}{\nu} \approx 1,3 \text{ м}.$

4. Некоторое количество одноатомного идеального газа участвует в циклическом процессе, диаграмма которого представлена на рисунке. Известно, что $V_2/V_1 = 3$. Найти максимальный из возможных значений КПД для таких циклов.



Ответ: КПД цикла $\eta = \frac{2(x-1)}{11x-1}$, где $x \equiv p_2/p_1$, поэтому максимальное значение КПД достигается при $x \gg 1$: $\eta_{\max} = 2/11 \approx 18\%$.

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ» ПО ФИЗИКЕ.

БИЛЕТ ОЧНОГО ТУРА В Г.БРЯНСКЕ.

1. Закон всемирного тяготения. Зависимость силы тяжести от высоты. Вес тела. Невесомость. Перегрузки.

Задание: Два спутника движутся по круговым орбитам вокруг Земли на высотах $h_1 = 200$ км и $h_2 = 360$ км соответственно. На сколько процентов отличается период обращения второго спутника от периода обращения первого? Считать, что радиус Земли равен $R = 6400$ км.

Полный ответ по теории должен содержать: Формулировку закона всемирного тяготения, описание на его основе зависимости силы тяжести на планете от высоты подъема, определение веса тела и разъяснение причин, по которым величины веса и силы тяжести могут различаться, качественное и количественное описание состояний невесомости и перегрузки.

Ответ иллюстративной задачи: T_2 больше T_1 на 3,75%.

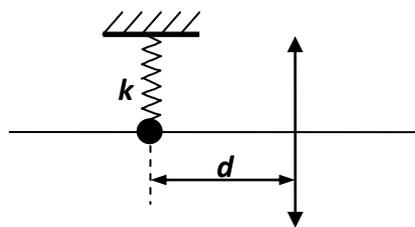
2. Закон Ома для участка цепи. Омическое сопротивление проводника. Последовательное и параллельное соединение проводников.

Задание: Из металлической проволоки постоянного сечения изготовили резистор в форме квадрата с двумя диагоналями (все соединенные в вершинах отрезки проволоки – прямые). Определить сопротивление такого резистора при подключении его к двум противоположным вершинам. Сопротивление участка проволоки с длиной, соответствующей стороне квадрата, равно R .

Полный ответ по теории должен содержать: формулировку закона Ома для участка цепи и объяснение его физического содержания, описание физической природы сопротивления и способа определения сопротивления проводника в зависимости от его материала и размеров, вывод на основе закона Ома формул для полного сопротивления пары последовательно и параллельно соединенных проводников.

Ответ иллюстративной задачи: сопротивление такого резистора равно $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}+1}R$.

3. Небольшой груз подвешен на пружинке с жёсткостью $k = 40$ Н/м перед собирающей линзой с оптической силой $D = 5$ дптр (см. рис.). Расстояние от линзы до груза $d = 30$ см. Груз совершает вертикальные колебания. Полная энергия этих колебаний равна $W = 2 \cdot 10^{-3}$ Дж. Найти амплитуду колебаний A изображения груза, даваемого линзой.



Ответ: амплитуда колебаний изображения груза $A = \frac{1}{|Dd-1|} \sqrt{\frac{2W}{k}} = 2$ см.

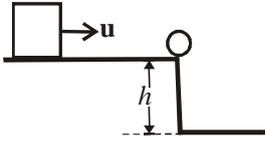
4. Два одноименно заряженных шарика с зарядом $q = 10^{-6}$ Кл закреплены на расстоянии $a = 0,8$ м друг от друга в одной горизонтальной плоскости с непроводящим тонким гладким стержнем. Стержень находится на одинаковом расстоянии между шариками и перпендикулярен прямой, соединяющей их. На стержне надет ещё один шарик, несущий заряд $Q = -4,5 \cdot 10^{-6}$ Кл, который покоится. Этот шарик смещают на небольшое расстояние вдоль стержня и отпускают. Частота возникших колебаний $\omega_0 = 50$ рад·с⁻¹. Определить массу шарика на стержне. Поляризацией стержня пренебречь.

Ответ: масса шарика $m = 16 \frac{k|Q|q}{a^3 \omega_0^2} \approx 0,5$ г.

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ» ПО ФИЗИКЕ.
БИЛЕТ ОЧНОГО ТУРА В Г.МОСКВЕ.

1. Механическая работа. Энергия. Кинетическая и потенциальная энергия системы материальных точек. Закон сохранения механической энергии.

На краю гладкого прямоугольного выступа над горизонтальной плоскостью лежит шарик. О шарик ударяется куб, скользящий по плоскости со скоростью u , направленной перпендикулярно ребру выступа. Пренебрегая влиянием воздуха, определите высоту выступа h , если шарик первый раз ударится о нижнюю плоскость на расстоянии a от подножья выступа. Удар куба считайте абсолютно упругим, массу куба много большей массы шарика.



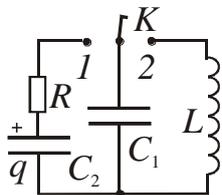
Полный ответ по теории должен содержать: Определение механической работы и установление ее связи с изменением кинетической энергии системы материальной точек (последняя также должна быть определена); описание разделения сил на потенциальные (консервативные) и непотенциальные (диссипативные); определение потенциальной энергии (с обоснованием возможности вычисления работы потенциальных сил через ее изменение); корректную формулировку закона сохранения механической энергии.

Ответ иллюстративной задачи: $h = \frac{g a^2}{8u^2}$.

2. Законы преломления света. Абсолютный и относительный показатели преломления. Явление полного (внутреннего) отражения.

Полный ответ по теории должен содержать: Полную формулировку закона преломления (закона Снеллиуса), определение абсолютного и относительного показателей преломления с описанием их физического смысла; описание содержания закона с точки зрения волновой теории света; качественное и количественное описание явления полного внутреннего отражения.

3. В схеме, показанной на рисунке, ключ K первоначально был разомкнут, конденсатор C_1 разряжен, а заряд конденсатора C_2 был равен q . Ключ K на длительное время переводят в положение 1, а затем в положение 2. Зная сопротивление резистора R , емкости конденсаторов C_1 и C_2 и амплитуду I_0 тока в контуре LC_1 , определите индуктивность L катушки.



Ответ: $L = \frac{C_1}{(C_1 + C_2)^2} \left(\frac{q}{I_0} \right)^2$.

4. Относительная влажность воздуха при давлении p и температуре T равна r . Определите отношение n его плотности ρ к плотности ρ_c сухого воздуха при том же давлении и температуре, если давление насыщенных паров воды при данной температуре равно $p_{\text{н}}$, молярная масса сухого воздуха равна μ , а воды – $\mu_{\text{в}}$.

Ответ: $n = 1 - (1 - \mu_{\text{в}} / \mu) r p_{\text{н}} / p$.