

(рис.4). Сначала бусинку удерживают в точке A на диаметре, перпендикулярном силовым линиям. Какую минимальную скорость v нужно сообщить бусинке в точке A , чтобы она совершила полный оборот по кольцу? Силами трения и тяжести пренебречь.

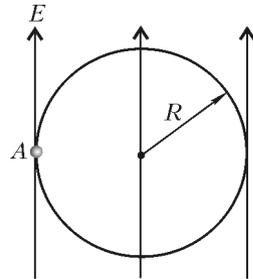


Рис. 4

8. Заряженный конденсатор подключили к источнику напряжения с ЭДС $\mathcal{E} = 10$ В. После перезарядки конденсатора его энергия оказалась равной первоначальной, а в цепи за время перезарядки выделилось количество теплоты $Q = 0,4$ мДж. Определите емкость C конденсатора (в мкФ).

9. Три одинаковых резистора, источник ЭДС, идеальный амперметр и идеальный вольтметр соединены, как показано на рисунке 5. Амперметр показывает ток $I = 1$ А, вольтметр показывает напряжение $U = 30$ В. Определите сопротивление каждого резистора.

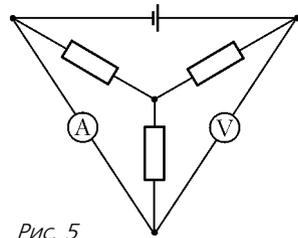


Рис. 5

10. Какую максимальную скорость v может приобрести автомобиль массой $m = 10^3$ кг, разгоняясь из состояния покоя в течение времени $t = 10$ с, если коэффициент трения между дорогой и колесами $\mu = 0,5$, а

максимальная мощность двигателя автомобиля $N = 200$ кВт? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ выразите в м/с, округлив до целого.

11 класс

1. Камень, брошенный с крыши дома под углом $\alpha = 30^\circ$ вверх к горизонту со скоростью $v_0 = 10$ м/с, упал на землю через $t = 3$ с. Определите высоту дома h . Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

2. Спутник движется по эллиптической (вытянутой) орбите вокруг некоторой планеты. На расстоянии $l_1 = 25000$ км от центра планеты ускорение спутника равно $a_1 = 0,6$ м/с². С каким ускорением a_2 движется спутник на расстоянии $l_2 = 50000$ км от центра планеты?

3. Игрушечная пушка на колесиках (рис.6), первоначально покоившаяся на горизонтальном полу, выстреливает шарик,

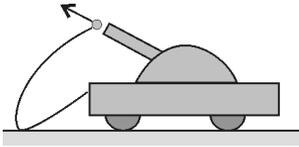


Рис. 6

привязанный к пушке легкой ниткой (чтобы не потерялся). При выстреле нитка обрывается, и шарик падает на пол со скоростью $v = 6$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Определите скорость пушки v после обрыва нити, если масса пушки в 30 раз больше массы шарика. Трением и сопротивлением воздуха пренебречь. Векторы скорости шарика и пушки лежат в одной плоскости.

4. На сколько процентов изменится масса воздуха в открытой бутылке, если ее вынести из комнаты на улицу? Температура в комнате $t_1 = 22^\circ\text{C}$, на улице $t_2 = -23^\circ\text{C}$.

5. На рисунке 7 изображена одна из линий напряженности электрического поля двух неподвижных точечных зарядов q_1 и q_2 . Известно, что $q_1 = 1$ нКл. Определите q_2 (в нКл).



Рис. 7

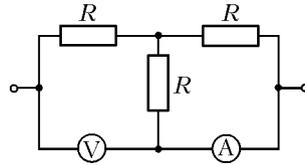


Рис. 8

6. Сопротивление каждого резистора в приведенной на рисунке 8 схеме равно $R = 100$ Ом, показание амперметра $I = 10$ мА. Какое напряжение U показывает вольтметр? Амперметр и вольтметр считайте идеальными.

7. Призма с преломляющим углом $\varphi = 15^\circ$ лежит на плоском зеркале (рис.9). Луч света падает на верхнюю грань призмы под углом падения $\alpha = 60^\circ$, а выходит из нее перпендикулярно верхней грани. Определите показатель преломления n материала, из которого сделана призма. Ответ округлите до первого знака после запятой.

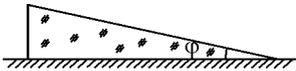


Рис. 9

8. К вертикальной железной стене «прилипла» намагниченная шайба. К шайбе привязана легкая нить, за которую тянут так, что нить все время остается параллельной стене. Когда нить тянут вертикально вверх, шайба начинает двигаться при минимальной силе $F_1 = 2$ Н, когда нить тянут вертикально вниз, шайба приходит в движение при силе $F_2 = 0,5$ Н. С какой минимальной силой F нужно тянуть нить в горизонталь-

ном направлении, чтобы сдвинуть шайбу?

9. Крылатая ракета, атакуя корабль противника, совершает горизонтальный полет на низкой высоте с постоянной по величине скоростью $v_1 = 400$ м/с. Система наведения ракеты устроена так, что вектор ее скорости все время направлен на цель. На расстоянии $L = 800$ м от

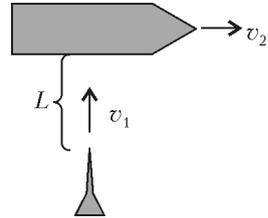


Рис. 10

корабля векторы скорости ракеты и корабля оказались взаимно перпендикулярными (рис. 10). Определите ускорение a ракеты в этот момент, если скорость корабля $v_2 = 72$ км/ч.

10. В катушке индуктивностью $L = 100$ мГн протекает постоянный ток. Сопротивление провода, которым намотана катушка, равно $R = 20$ Ом. В некоторый момент времени ток в катушке начинают равномерно уменьшать, и через время $\tau = 10$ мс после этого он становится равным нулю. Через какое время t после начала уменьшения тока напряжение на катушке станет равным нулю? Ответ выразите в миллисекундах.

Задачи второго тура олимпиады 2010 года

10 класс

1. Рыбак, стоящий на берегу реки, роняет в воду грузило, и от него по воде начинают расходиться волны. Через какое время t волны от грузила достигнут точки, расположенной напротив рыбака на противоположном берегу реки? Скорость течения реки $u = 0,5$ м/с, скорость волн в стоячей воде $v = 1,5$ м/с, ширина реки $d = 28$ м. Ответ округлите до целого числа секунд.

2. В некоторый момент времени ускорение возвращающегося на Землю космического корабля вблизи ее поверхности направлено горизонтально, а величина ускорения равна $a = \sqrt{3}g$. Под каким углом ϕ к поверхности Земли движется корабль в этот момент времени, если сила сопротивления воздуха направлена против вектора скорости корабля? Ответ выразите в градусах.

3. Однородный шар радиусом $R = 5$ см подвешен к горизонтальному потолку на нерастяжимой нити. Шар раскрутили вокруг вертикальной оси, проходящей через точку подвеса так, что он стал двигаться по окружности, упираясь в потолок (рис. 11). При каком максимальном периоде T обращения

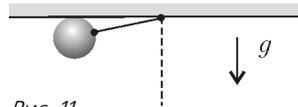


Рис. 11

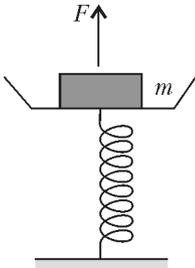


Рис. 12

шара возможно такое движение? Трением пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Ответ округлите до сотых долей секунды.

4. На чашке пружинных весов лежит гиря массой $m = 1 \text{ кг}$, при этом деформация пружины равна $l = 3 \text{ см}$. Какую работу A нужно совершить, чтобы медленно снять гирю с весов, прикладывая к ней вертикальную силу (рис.12)? Массой чашки весов пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

5. Старинную монету взвесили дважды: сначала в воздухе, а затем погрузив монету полностью в воду. Вес монеты оказался равным $P_1 = 100 \text{ мН}$ и $P_2 = 90 \text{ мН}$. Определите плотность металла, из которого сделана монета.

6. Тяжелый поршень площадью $S = 9 \text{ см}^2$, медленно опускается, вытесняет воздух из цилиндрического сосуда объемом V через маленькое отверстие в дне в сосуд такого же объема (рис.13). Начальное давление воздуха в обоих сосудах равно $p_0 = 10^5 \text{ Па}$.

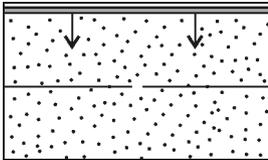


Рис. 13

При какой массе m поршня произойдет полное вытеснение воздуха из первого сосуда, если температура воздуха в сосудах одна и та же и не меняется при движении поршня? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

7. Одноатомный идеальный газ совершил одну и ту же работу сначала в адиабатном, а затем в изобарном процессе. Найдите изменение температуры ΔT_2 газа в изобарном процессе, если в адиабатном процессе температура газа изменилась на $\Delta T_1 = -10 \text{ К}$.

8. На невесомую нерастяжимую нить длиной $l = 20 \text{ см}$, концы которой закреплены в одной точке, нанизаны два маленьких проводящих шарика массой $m = 1 \text{ г}$ каждый, которые могут без трения скользить по нити (рис.14).

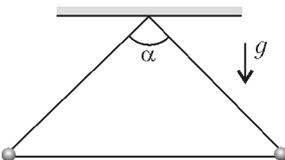


Рис. 14

Какой заряд q нужно сообщить шарикам, чтобы после установления равновесия нити разошлись на угол $\alpha = \pi/2$? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, электрическая

постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$. Ответ выразите в мкКл, округлив число до десятых долей.

9. Два заряженных конденсатора емкостью $C = 1000 \text{ мкФ}$ каждый, вольтметр и ключ соединены, как показано на рисунке 15. Какое количество теплоты Q выделится в цепи после замыкания ключа, если максимальное напряжение, зафиксированное вольтметром, равно $U = 4 \text{ В}$? Ответ выразите в мДж.

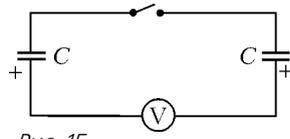


Рис. 15

10. В схеме, изображенной на рисунке 16, ЭДС источника $\mathcal{E} = 10 \text{ В}$, его внутреннее сопротивление пренебрежимо мало, сопротивление каждого из резисторов $R = 6 \text{ Ом}$. Определите ток I через источник.

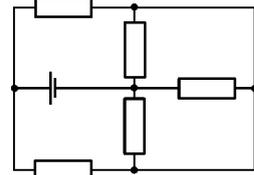


Рис. 16

11 класс

1. С какой скоростью нужно бросить с вышки камень, чтобы пройденный им за время $t = 2 \text{ с}$ путь был минимальным? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

2. На легкой вертикальной пружине закреплена подставка массой $M = 2 \text{ кг}$, на подставке лежит груз массой $m = 3 \text{ кг}$ (рис.17). Система находится в равновесии. Какую минимальную силу F нужно приложить к грузу, чтобы сразу оторвать его от подставки? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

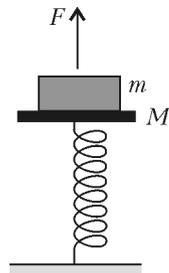


Рис. 17

3. На гладком горизонтальном столе покоятся две одинаковые шайбы, соединенные легкой недеформированной пружиной. Одной из шайб сообщают горизонтальную скорость $v_1 = 2\sqrt{2} \text{ м/с}$. Через некоторое время вектор скорости этой шайбы повернулся в горизонтальной плоскости на угол $\alpha = 45^\circ$, а по величине скорости шайб сравнялись. Найдите для этого момента времени скорости шайб v_2 .

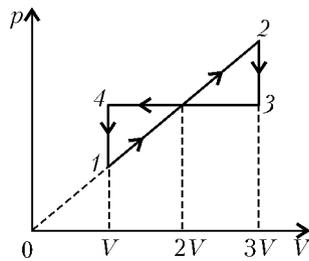


Рис. 18

4. В циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображен на рисунке 18, идеальный газ получает от нагревателя за один цикл коли-

чество теплоты $Q_1 = 400$ Дж. Какое количество теплоты Q_2 газ за цикл отдает холодильнику?

5. Точечный заряд q_1 закреплен в вершине A правильного треугольника ABC , а точечный заряд q_2 находится на большом расстоянии от этого треугольника. Когда заряд q_2 поместили в вершину B , направление вектора напряженности электрического поля этих зарядов в вершине C изменилось на 90° . Определите отношение q_2/q_1 .

6. Два заряженных конденсатора емкостью $C = 5000$ мкФ каждый, амперметр сопротивлением $R = 1000$ Ом и ключ соединены, как показано на рисунке 19.

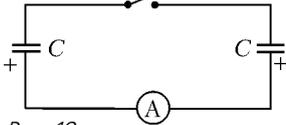


Рис. 19

Какое количество теплоты Q (в мДж) выделится в цепи после замыкания ключа, если максимальный ток, зафиксированный амперметром, равен $I_m = 2$ мА?

7. Частица с удельным зарядом $q/m = 0,96 \cdot 10^8$ Кл/кг падает в область однородного магнитного поля, перпендикулярного вектору скорости частицы и ограниченной цилиндрической поверхностью радиусом $r = 5$ см (рис.20). Чему равен модуль B вектора индукции магнитного поля, если частица

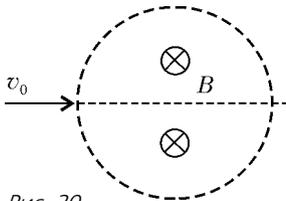


Рис. 20

отклонилась магнитным полем на угол $\alpha = 90^\circ$? На границе магнитного поля вектор скорости частицы направлен вдоль радиуса цилиндрической поверхности, а модуль вектора скорости равен $v_0 = 0,48 \cdot 10^6$ м/с.

8. На горизонтальном столе в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл закреплено проволочное кольцо радиусом $R = 5$ см с узким разрезом (рис.21). По кольцу перемещают тонкий металлический стержень с постоянной скоростью $v = 1$ м/с, перпендикулярной стержню. Найдите максимальную величину ЭДС индукции \mathcal{E}_i в замкнутом проводящем контуре, образованном кольцом и стержнем.

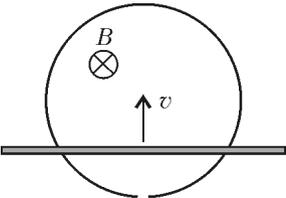


Рис. 21

9. Человек ростом $H_1 = 1,8$ м видит верхушку столба высотой $H_2 = 5,4$ м в небольшом зеркальце, лежащем горизонтально на земле на расстоянии $l = 1$ м от человека. Постройте ход лучей и определите, на каком расстоянии L от столба стоит человек.

10. Во сколько раз максимальный импульс электрона, выбиваемого светом из металла при фотоэффекте, отличается от импульса фотона? Длина волны света $\lambda = 0,6$ мкм, работа выхода электронов из металла в 2 раза меньше энергии фотона. Ответ выразите через величину $\lambda_c = h/(mc) = 2,4 \cdot 10^{-12}$ м, где h – постоянная Планка, m – масса электрона, c – скорость света в вакууме.

*Публикацию подготовили А.Берестов, Г.Гайдуков,
И.Горбатый, С.Куклин*

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА

ФИЗИКА

Олимпиада-2010

Тур 1

Вариант 1

1. Точка движется по оси x по закону $x = 5 + 4t - 2t^2$ (м). Определите величину скорости точки при $t = 1$ с.

2. Пятая часть однородной линейки, имеющей массу m и длину L , выступает за край стола (рис.1). Найдите минимальную величину силы F , которую необходимо приложить, чтобы сдвинуть линейку с места. Коэффициент трения между линейкой и столом равен μ .



Рис. 1

3. Тело массой m брошено с высоты h под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 (рис.2). Определите количество теплоты, которое выделится при падении тела на землю. Удар считать абсолютно неупругим.

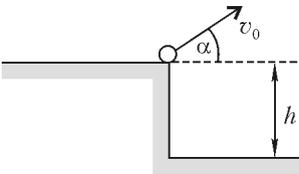


Рис. 2

4. Определите внутреннюю энергию неона, находящегося в баллоне объемом $V = 3 \cdot 10^{-2}$ м³ под давлением $p = 2 \cdot 10^5$ Па.

5. Напишите уравнение гармонического колебательного движения с амплитудой $A = 0,1$ м, периодом $T = 4$ с и начальной фазой, равной $\pi/4$.

6. Как нужно изменить расстояние между точечными положительными зарядами, чтобы при увеличении каждого из зарядов в 4 раза сила взаимодействия между ними не изменилась?

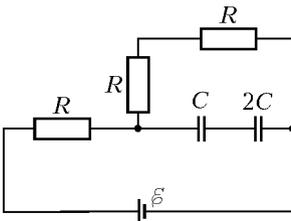


Рис. 3

7. Конденсаторы с емкостями C и $2C$ и резисторы, сопротивления которых равны R , включены в электрическую цепь, как показано на рисунке 3. Найдите установившийся заряд на конденсаторе емкостью C , если ЭДС источника тока равна \mathcal{E} , а его внутренним сопротивлением можно пренебречь.

8. Температура десяти молей идеального газа меняется по закону $T = \alpha V^2$, где константа $\alpha = 2 \text{ К/м}^6$. Найдите работу, совершенную газом при увеличении объема от $V_1 = 30 \text{ дм}^3$ до $V_2 = 50 \text{ дм}^3$.

9. Тело движется по прямой. Под действием постоянной силы $F = 4 \text{ Н}$ за время $\Delta t = 2 \text{ с}$ импульс тела увеличился и стал равным $p_2 = 20 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. Определите первоначальный импульс тела p_1 .

10. По двум гладким медным шинам, установленным под углом α к горизонту, скользит под действием силы тяжести медная перемычка массой m (рис.4).

Шины замкнуты на сопротивление R . Расстояние между шинами L . Система находится в однородном магнитном поле с индукцией B , перпендикулярной к плоскости, в которой перемещается перемычка. Сопротивления шин, перемычки и скользящих контактов, а также самоиндукция контура пренебрежимо малы. Найдите установившуюся скорость перемычки.

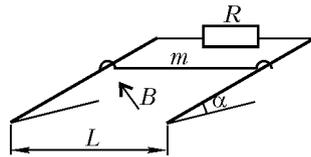


Рис. 4

Вариант 2

1. Тело массой $m = 1 \text{ кг}$ движется по оси x по закону $x = 5 + 4t - 2t^2$ (м). Определите величину импульса тела в момент времени $t = 1 \text{ с}$.

2 Груз массой $m = 1 \text{ кг}$ подвешен на пружине жесткостью $k = 100 \text{ Н/м}$. В положении равновесия грузу толчком сообщают в вертикальном направлении скорость $v = 1 \text{ м/с}$. Определите модуль максимального ускорения груза при его дальнейшем движении.

3. Однородный стержень массой m закреплен одним концом с помощью шарнира на горизонтальной плоскости и удерживается за второй конец под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту с помощью невесомой нерастяжимой нити, расположенной под таким же углом α к вертикали. Найдите силу натяжения нити.

4. На горизонтальной плоскости лежат два бруска, массы которых m

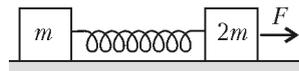


Рис. 5

и $2m$, соединенные ненапряженной пружиной (рис.5). Какую наименьшую постоянную силу F , направленную горизонтально, нужно приложить к бруску массой $2m$, чтобы сдвинулся и второй брусок? Коэффициент трения брусков о плоскость равен μ .

5. Идеальный одноатомный газ в количестве 1 моль сначала охладили, а затем нагрели до первоначальной температуры 300 К, увеличив при этом объем газа в 3 раза (рис.6). Найдите количество теплоты, отданное газом на участке 1-2.

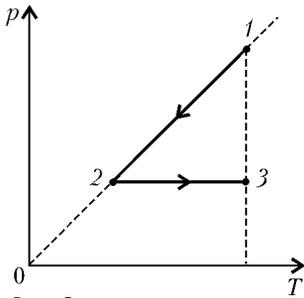


Рис. 6

6. В точках A, C, D расположены неподвижные точечные заряды $+2q, +q, -6q$, как показано на рисунке 7.

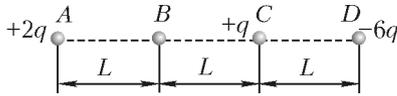


Рис. 7

Определите работу сил поля при перемещении заряда $+q$ из бесконечности, где потенциал электрического поля принимается равным нулю, в точку B .

7. В электрической цепи, схема которой показана на рисунке 8, установившееся напряжение на конденсаторе равно $U = 20$ В.

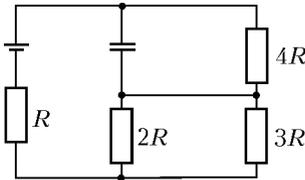


Рис. 8

Считая параметры элементов схемы известными, определите вели-

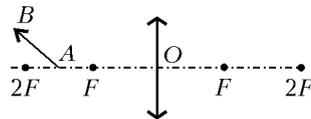


Рис. 9

чину ЭДС источника тока. Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

8. Постройте изображение предмета AB в собирающей линзе (рис.9).

9. При фотоэффекте максимальный импульс, передаваемый поверхности вольфрамовой пластинки при вылете каждого электрона, равен $p = 3,45 \cdot 10^{-25}$ кг·м/с. Найдите энергию квантов применяемого облучения. Работа выхода для вольфрама равна $A = 4,5$ эВ.

10. Из проволоки с общим сопротивлением R сделан плоский замкнутый контур, состоящий из двух квадратов со сторо-