

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

Национальный исследовательский университет «МИЭТ» на протяжении многих лет проводит для старшеклассников олимпиады по математике, физике и информатике, которые пользуются большой популярностью среди школьников страны. С 2015 года в заочной (дистанционной) форме проводится олимпиада школьников «РИТМ МИЭТ». Ежегодно в 9 секциях олимпиады принимают участие более 2000 человек. В 2018 году университет организовал очную Физико-математическую олимпиаду МИЭТ, которая проходит в нескольких десятках городов России и стран СНГ.

Ниже приводятся задачи по физике, предлагавшиеся в этом году на олимпиаде «РИТМ МИЭТ» и на Физико-математической олимпиаде МИЭТ.

ИНТЕРНЕТ-ОЛИМПИАДА «РИТМ МИЭТ»

Заключительный этап

1. Две шайбы движутся с одинаковыми скоростями по гладкой горизонтальной плоскости и упруго сталкиваются с вертикальным бортиком (рис. 1; вид сверху). Опреде-

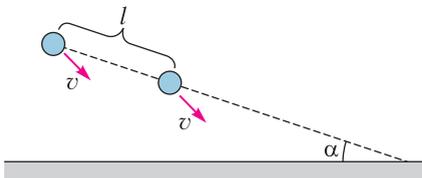


Рис. 1

лите минимальное расстояние между шайбами при их движении, если до столкновений с бортиком расстояние между шайбами было $l = 1$ м и прямая, проходящая через шайбы, составляла с бортиком угол $\alpha = 30^\circ$.

2. Шайба, закрепленная на легкой пружине, движется по горизонтальной поверхности (рис. 2). Определите длину пружины в момент времени, когда шайба движется замедленно с ускорением $a = 6 \text{ м/с}^2$, сжимая



Рис. 2

пружину. Масса шайбы $m = 100$ г, длина недеформированной пружины $l_0 = 10$ см, ее жесткость $k = 10$ Н/м, коэффициент трения $\mu = 0,5$, ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

3. На горизонтальном столе расположены две одинаковые детали, соединенные тремя легкими нерастяжимыми нитями (рис. 3).

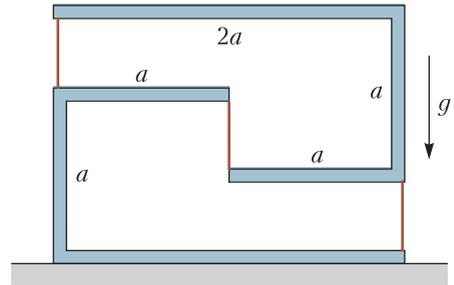


Рис. 3

Система находится в равновесии. Определите минимально возможную силу натяжения средней нити, если масса каждой детали m , длины горизонтальных участков $2a$ и a , длины вертикальных участков a . Детали сделаны из двух одинаковых жестких брусков, изогнутых в двух местах под прямым углом.

4. Первое тело нагрели в термостате, температура которого неизвестна. Затем это тело извлекли из термостата и приложили ко второму телу на время, необходимое для установления теплового равновесия. При этом температура второго тела изменилась от $T_1 = 300$ К до $T_2 = 350$ К. Потом первое тело снова нагрели в термостате и приложили ко второму телу, при этом температура второго тела изменилась от T_2 до $T_3 = 380$ К. Определите максимальную температуру, до которой можно нагреть второе тело при многократном повторении этой операции.

5. Один моль идеального одноатомного газа находится в горизонтальном теплоизолированном цилиндре с теплопроницаемым поршнем массой $M = 1$ кг. Трение между поршнем и цилиндром отсутствует. Поршень, который первоначально покоился,

резким ударом приводят в движение со скоростью v_0 . Спустя некоторое время поршень останавливается в новом положении равновесия, а температура газа в цилиндре повышается на $\Delta T = 1,5$ К. Найдите начальную скорость поршня v_0 , считая, что внешнее атмосферное давление постоянно. Универсальная газовая постоянная $R = 8,3$ Дж/(К · моль).

6. К изначально незаряженному проводнику подносят заряженный металлический шар с зарядом q_0 и касаются проводника в некоторой точке. Проводник приобретает заряд q_1 . Шар отводят от проводника, подзаряжают до заряда q_0 и вновь касаются проводника в той же точке. Определите установившийся заряд q проводника после многократного повторения этих действий.

7. Раньше перегоревший электрический утюг можно было починить. При ремонте удаляли перегоревший кусок спирали, а полученные в месте разрушения концы плотно скручивали (паять оловом нельзя, поскольку температура высокая). Определите сопротивление такого скрученного контакта, если известно, что в результате ремонта спираль стала короче на 10%, а мощность утюга выросла с $P_1 = 500$ Вт до $P_2 = 520$ Вт. Утюг работает при напряжении $U = 220$ В. Считайте, что это напряжение постоянное.

8. По длинному гладкому непроводящему стержню может скользить бусинка массой m и зарядом q . В начальный момент стержень и бусинка покоятся в однородном магнитном поле, вектор \vec{B} индукции которого перпендикулярен стержню. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы переместить стержень на расстояние d , двигая его поступательно в направлении, перпендикулярном стержню и вектору индукции (рис. 4)?

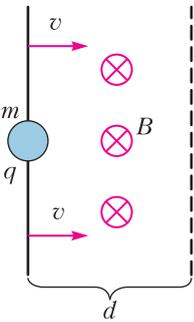


Рис. 4

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА МИЭТ

10 класс

Вариант 1

1. Тело брошено с башни горизонтально. С какой начальной скоростью брошено тело,

если его кинетическая энергия через время $t = 1$ с после броска и кинетическая энергия через время $2t$ отличаются в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

2. Шар массой $m = 3$ кг и радиусом $R/3$ удерживается на неподвижной полусфере радиусом R с помощью невесомой нерастяжимой нити. Нить закреплена в верхней точке A полусферы и горизонтальна (рис. 5). Трение отсутствует. Чему равна сила натяжения нити? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

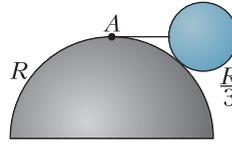


Рис. 5

3. Цирковой гимнаст падает с высоты $h = 4$ м на горизонтальную упругую натянутую сетку, при этом максимальный прогиб сетки составляет $\Delta l = 0,5$ м. Найдите величину ускорения a гимнаста в нижней точке траектории. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Считайте, что упругая сила, возникающая при деформации сетки, прямо пропорциональна величине ее прогиба.

4. Гелий и аргон находятся в сосуде объемом V_1 . Массы газов одинаковые, молярные массы гелия и аргона равны $M_1 = 4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль и $M_2 = 40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль соответственно. Этот сосуд с газами соединяют с пустым сосудом объемом V_2 через полупроницаемую перегородку, которая пропускает только молекулы гелия. После установления равновесия давление в первом сосуде уменьшилось в два раза. Найдите отношение объемов V_2/V_1 . Температура газов не изменилась.

5. Каково максимально возможное сопротивление между точками A и B электрической цепи, состоящей из двух параллельных проводов и двух переключателей со скользящими контактами (рис. 6)? Сопротивление каждой проволоки $R_1 = 2$ Ом, каждой переключки $R_2 = 4$ Ом.

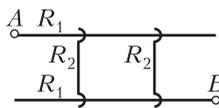


Рис. 6

Вариант 2

1. Тело, брошенное вертикально вверх с поверхности земли, через некоторое время упало на балкон со скоростью в 5 раз меньшей, чем начальная. На какой высоте h над

землей находится балкон, если через время $\tau = 0,3$ с после броска скорость летящего вверх тела уменьшилась на 20%? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

2. К концу тонкой еловой палочки постоянного сечения привязали легкую веревку, другой конец которой прикрепили ко дну сосуда с водой. Плотность воды $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$, плотность ели $\rho = 640 \text{ кг/м}^3$. Определите отношение силы натяжения нити к силе тяжести палочки для случаев: а) палочка полностью погружена в воду (рис. 7); б) палочка частично погружена в

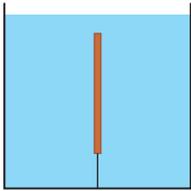


Рис. 7

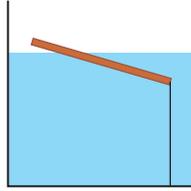


Рис. 8

воду и занимает наклонное положение (рис. 8).

3. Брусок массой $m = 1 \text{ кг}$ покоится на горизонтальной доске. В некоторый момент доску начинают двигать в горизонтальном направлении с ускорением a (рис. 9). Коэффициент трения между бруском и доской $\mu = 0,4$. Определите приращение ΔE_k кинетической энергии бруска при перемещении доски на расстояние $s = 0,5 \text{ м}$, если ускорение доски $a = 5 \text{ м/с}^2$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

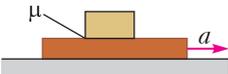


Рис. 9

Определите приращение ΔE_k кинетической энергии бруска при перемещении доски на расстояние $s = 0,5 \text{ м}$, если ускорение доски $a = 5 \text{ м/с}^2$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

4. В баллоне находится идеальный газ. Баллон соединяют с пустым сосудом, имеющим в $n = 5$ раз меньший объем. При этом давление в сосуде становится равным $p = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Найдите разность Δp начального и конечного давлений в баллоне. Процесс считайте изотермическим.

5. В схеме на рисунке 10 напряжение на резисторе R_2 не изменяется при замыкании или размыкании ключа K . Определите отношение сопротивлений R_1/R_2 .

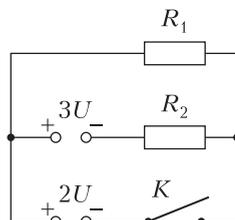


Рис. 10

11 класс

Вариант 1

1. Из одной точки горизонтальной поверхности одновременно с одинаковыми по величине скоростями $v_0 = 10 \text{ м/с}$ бросают два груза. Первый груз бросают вертикально, а второй под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Определите максимальное расстояние между грузами во время их полета. Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

2. Две тележки, связанные легкой веревкой, находятся на горизонтальной поверхности (рис. 11). Тележка массой m_1 покоится,

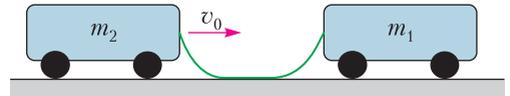


Рис. 11

а тележка массой m_2 приближается к ней со скоростью $v_0 = 3 \text{ м/с}$. После абсолютно упругого столкновения тележек расстояние между ними увеличивается, веревка натягивается и далее тележки движутся вместе с единой скоростью $v_0/3$. Определите: а) отношение масс тележек m_1/m_2 ; б) максимальную скорость более массивной тележки.

3. КПД цикла Карно 1–2–3–4 (рис. 12) равен $\eta_1 = 0,6$. Изотермическое сжатие 3'–4' стали проводить при более высокой температуре. При этом отданное холодильнику за цикл количество теплоты увеличилось на $\delta = 20\%$, а процесс изотермического расширения газа остался неизменным. Определите КПД η_2 цикла 1–2–3'–4'.

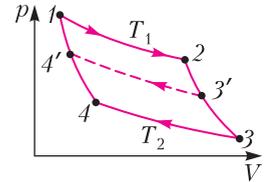


Рис. 12

4. Точечные заряды $q_1 = 8 \text{ нКл}$, q_2 и q_3 расположены на оси x в точках с координатами $x_1 = 0$, $x_2 = a$, $x_3 = 2a$. Известно, что электрическая сила, действующая на каждый заряд, равна нулю. Определите: а) заряды q_2 и q_3 ; б) энергию электрического взаимодействия трех зарядов.

5. Из двух кусков медной проволоки сделали рамку, состоящую из двух замкнутых контуров. В местах контактов проволока зачищена и скручена (рис. 13). Сопротивление каждого контакта $R = 0,1 \text{ Ом}$ значительно превышает сопротивление проволоки. Полученную рамку поместили в переменное

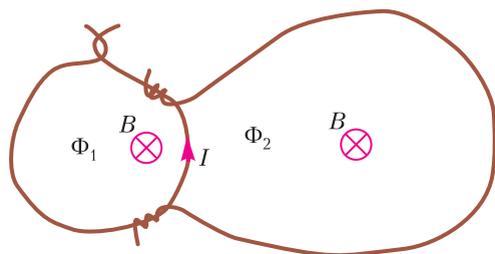


Рис. 13

магнитное поле. Магнитный поток через контуры линейно увеличивается со временем: $\Phi_1 = 2\epsilon t$, $\Phi_2 = 3\epsilon t$, где $\epsilon = 0,004$ В. Определите ток I в проволоке на общей границе контуров.

Вариант 2

1. Из одной точки горизонтальной поверхности одновременно с одинаковыми по величине скоростями $v_0 = 15$ м/с бросают два груза. Первый груз бросают вертикально, а второй под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Сколько времени первый груз будет двигаться прямолинейно, если он привязан ко второму легкой нитью длиной $l = 3$ м? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивлением воздуха пренебречь.

2. Груз, подвешенный на легкой пружине, сместили из положения равновесия по вертикали и без толчка отпустили. Он начал опускаться с ускорением $a = g/4$ и через время $T = 2$ с вернулся в исходную точку. Определите путь, пройденный грузом за это время. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивлением воздуха пренебречь.

3. Одноатомный идеальный газ совершает циклический процесс 1–2–3–4 (рис. 14), состоящий из двух изобар и двух адиабат. При изобарическом расширении газа его внутренняя энергия увеличивается на ΔU , а при изобарическом сжатии над газом совершается работа A . Определите КПД цикла.

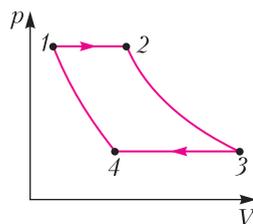


Рис. 14

4. Точечные заряды $3q$, q и Q расположены на одной прямой вдали от других заряженных тел так, что электрическая сила, действующая на каждый заряд, равна нулю. Определите отношение Q/q .

5. Проводники электрической схемы (рис. 15) лежат в одной плоскости. Вектор индукции магнитного поля перпендикулярен этой плоскости, а модуль вектора индукции B увеличивается со временем t по закону $B = \beta t$, где $\beta = 15$ Тл/с. Площадь каждого из двух смежных контуров $S = 10$ см². Определите напряжение на резисторе R , если: а) ключ K разомкнут; б) ключ K замкнут.

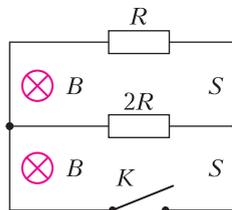


Рис. 15

Публикацию подготовили Г. Гайдуков, И. Горбатый, И. Федоренко

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

Профильный экзамен по физике

В 2022 году в связи с продолжающимся распространением коронавирусной инфекции профильный экзамен (дополнительное вступительное испытание) по физике в МГУ и его Севастопольском филиале проводился в дистанционном формате на портале <https://exam.distant.msu.ru/>

Для участия в экзамене предъявлялись следующие технические требования к рабочему месту испытуемого. 1) Наличие ноутбука (желательно), персонального компьютера, смартфона или планшета со стабильным интернет-соединением (без прерываний на протяжении испытания и минимальной скоростью от 5 Мбит/с). 2) При подключении