

# ОЛИМПИАДА «КУРЧАТОВ» — 2013

## Интернет-этап по физике • Первый тур

---

Мы приглашаем вас принять участие в интернет-этапе по физике олимпиады «Курчатов». Задания ориентированы на учащихся 7–11 классов, впрочем, порешать понравившиеся задачи более старших (и более младших) классов тоже можно.

В каждой из 8 задач каждого варианта требуется привести только ответ (решение записывать не нужно). Если в задаче предполагается ответ, имеющий размерность, то указано, в каких единицах его надо приводить.

Пользование интернет-ресурсами не только не запрещается, но и приветствуется: если в процессе решения вы забыли, например, какую-то формулу, то попробуйте найти её в книжках или в интернете. В конце концов, умение быстро найти нужную информацию — очень важное качество для ученого (наверное, не менее важное, чем хорошая память).

Желаем успеха!

## 7 КЛАСС

1. Два металлических шара имеют одинаковую массу. Один шар стальной (плотностью  $7800 \text{ кг/м}^3$ ), а другой — алюминиевый (плотностью  $2700 \text{ кг/м}^3$ ). Шары поломали на кусочки и сплавляли. Чему равна плотность получившегося сплава? Ответ округлите до сотен  $\text{кг/м}^3$ .

2. Длина поезда А — 150 метров, длина поезда В — 200 метров. За какое время проедет поезд А мимо пассажира в последнем вагоне встречного поезда В, если скорость поезда А —  $15 \text{ м/с}$ , а поезда В —  $10 \text{ м/с}$ ? Ответ выразите в секундах.

3. Беговая дорожка на стадионе представляет собой прямоугольник со сторонами 100 м и 50 м, с небольшими закруглениями на поворотах. Внутри прямоугольника на земле лежат часы (рис. 1). Джентльмен бежал по дорожке таким образом, что секундная стрелка часов всё время указывала на него. Чему равна средняя скорость джентльмена за один оборот вокруг стадиона? Ответ выразите в  $\text{м/с}$ .

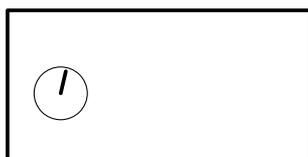


Рис. 1

4. На дне сосуда лежит кубический брусок со стороной 10 см. Сосуд заполнен водой до уровня 20 см. Чему равна сила давления воды на брусок, если нижняя поверхность бруска плотно соприкасается со дном сосуда так, что вода под нее не подтекает? Плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

5. Двигатель автомобиля имеет КПД 67%. В нем выделяется 1 МДж теплоты каждую секунду. За какое время автомобиль разгонится до  $100 \text{ м/с}$ , если его масса равна 1 т и сопротивлением воздуха можно пренебречь? Ответ выразите в секундах и округлите до десятых долей.

6. Палец погружают в стакан с водой, стоящий на электронных весах. Палец вытесняет  $2 \text{ см}^3$ , вода не переливается через край стакана. При этом весы регистрируют изменение веса и показывают это изменение на табло, переводя его в граммы. Что отобразится на табло?

7. Экспериментатор идет вниз по спускающемуся эскалатору метро. К тому моменту, как он дошел от начала эскалатора до его конца, он насчитал 100 ступенек. Потом экспериментатор развернулся и пошел по тому же эскалатору вверх. После того, как он прошел 100 ступенек, оказалось, что он находится на середине эскалатора. Определите отношение скоростей экспериментатора и эскалатора.

8. Прибор для измерения плотности жидкости — ареометр, — в простейшем случае представляет собой цилиндрическое тело, внутри нижней части которого закреплен груз, обеспечивающий устойчивое плавание ареометра в вертикальном положении, а на боковую поверхность нанесена шкала плотностей так, что при плавании ареометра в однородной жидкости он погружается точно до отметки, соответствующей ее плотности. В широкий и глубокий сосуд с водой поверх нее налит слой бензина толщиной 10 см. Какую плотность покажет ареометр массой 10 г, опущенный в этот сосуд? Считайте, что диаметр ареометра намного меньше диаметра сосуда. Плотность воды  $1,0 \text{ г/см}^3$ , бензина  $0,75 \text{ г/см}^3$ , площадь поперечного сечения ареометра  $1 \text{ см}^2$ . Ответ выразите в  $\text{кг/м}^3$ .

## 8 КЛАСС

1. В сосуде находится 1 кг воды при температуре  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В сосуд долили 0,5 кг воды при температуре  $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какой станет температура воды после установления равновесия, если теплоемкостью сосуда можно пренебречь? Ответ выразите в градусах Цельсия.

2. Каков КПД втаскивания груза на наклонную плоскость с углом наклона  $30^{\circ}$  при помощи веревки, натянутой вдоль плоскости, если коэффициент трения между поднимаемым грузом и плоскостью равен 0,2? Ответ выразите в процентах.

3. Высота воды в левом колене U-образной трубки 20 см, в правом — 50 см. Найдите объем воды, перетекшей после открытия крана, соединяющего колена снизу. Левое колено трубки имеет площадь поперечного сечения  $5\text{ см}^2$ , правое  $10\text{ см}^2$ . Ответ выразите в  $\text{см}^3$ .

4. Автомобиль движется с постоянной скоростью 20 м/с по горизонтальному шоссе, развивая мощность 40 кВт. Проехав 20 км, автомобиль израсходовал 3 кг бензина. Если удельная теплота сгорания бензина равна 46 МДж/кг, то чему равен КПД двигателя автомобиля? Ответ выразите в процентах.

5. В цилиндрическом сосуде с площадью основания  $10\text{ см}^2$  плавает в воде кусочек льда, в который вмерж стальной шарик. Масса шарика 2,0 г, плотность стали  $7,8\text{ г/см}^3$ , плотность воды  $1,0\text{ г/см}^3$ . На сколько миллиметров изменится уровень воды в сосуде после того, как лед растает? Ответ округлите до десятых долей мм.

6. На невесомый стержень длиной 90 см прикрепляют грузы. Груз массой 3 кг — к одному концу, груз массой 2 кг — к другому, и груз массой 4 кг — к середине. На каком расстоянии от груза массой 3 кг должна находиться точка подвеса, чтобы получившаяся система находилась в равновесии? Ответ выразите в см.

7. Две улитки находятся в соседних вершинах  $A$  и  $B$  квадрата  $ABCD$  со стороной 1 м. Они одновременно начинают движение по квадрату в сторону вершины  $D$ , которая находится под точкой  $A$ , первая улитка — вдоль стороны  $AD$ , вторая — вдоль диагонали  $BD$ . Скорость движения улитки из вершины  $A$  равна 2 см/ч, а улитки из вершины  $B$  —  $\sqrt{2}$  см/ч. Найдите минимальное расстояние между улитками во время их движения. Добравшись до вершины  $D$ , улитки продолжают движение в тех же направлениях и с теми же скоростями. Ответ выразите в см и округлите до целого числа.

8. Небольшой алюминиевый шарик с привязанной к нему легкой ниткой заморожен в ледышку массой 100 г. Свободный конец нити прикреплен ко дну теплоизолированного цилиндрического сосуда, в который налита вода массой 0,5 кг, имеющая температуру  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температура льда и шарика  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , начальная сила натяжения нити 0,08 Н. Какова будет температура воды в тот момент, когда сила натяжения нити станет равной нулю? Удельная теплоемкость воды  $4200\text{ Дж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$ . Плотность воды  $1000\text{ кг/м}^3$ , льда  $900\text{ кг/м}^3$ , алюминия  $2700\text{ кг/м}^3$ , удельная теплота плавления льда  $\lambda = 330\text{ кДж/кг}$ . Можно считать, что в каждый момент времени температура во всей системе одна и та же. Ответ выразите в градусах Цельсия и округлите до десятых долей градуса.

## 9 КЛАСС

1. Тело движется равноускоренно по прямой в одном направлении. Два последовательных участка 2 м и 12 м оно прошло за 2 с и за 6 с соответственно. Найдите модуль ускорения тела. Ответ выразите в  $\text{м/с}^2$  и округлите до сотых.

2. Мотоциклист въезжает на горбатый мостик радиусом 90 м (центр кривизны находится под мостиком). С какой минимальной скоростью должен двигаться мотоциклист, чтобы при движении по мостику испытать состояние невесомости? Ответ выразите в  $\text{м/с}$  и округлите до целых. Ускорение свободного падения считайте равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

3. На концах цилиндрического медного проводника с удельным сопротивлением  $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$  поддерживается постоянное напряжение. Сила тока в проводнике равна 41 мА. Если объем проводника равен  $0,15 \text{ см}^3$ , а его длина 14 м, то чему равно напряжение на его концах? Ответ выразите в В и округлите до десятых долей.

4. Синус угла полного (внутреннего) отражения для границы «стекло-воздух» равен  $2/3$ . Во сколько раз скорость света в стекле отличается от скорости света в воздухе?

5. Вольтметр с некоторым пределом измерения напряжения  $U_{\text{пред}}$  имеет внутреннее сопротивление 2 МОм. При подключении последовательно с этим вольтметром резистора с сопротивлением 28 МОм предел измерения напряжения этим вольтметром становится равным 1500 В. Чему было равно первоначальное значение предела измерения напряжения  $U_{\text{пред}}$  вольтметра? Ответ выразите в В.

6. Световой луч проходит в прозрачной среде за время, равное 1 нс, расстояние, на 10 см меньшее, чем в вакууме. Чему равен показатель преломления этой среды?

7. Два жучка находятся в соседних вершинах квадрата со стороной 1 м. Они одновременно начинают движение по диагоналям квадрата в сторону противоположных вершин. Скорость одного из них в два раза больше, чем скорость другого. Найдите минимальное расстояние между жучками. Ответ выразите в см и округлите до целого числа.

8. Найдите сопротивление цепи, схема которой изображена на рисунке 2. Все приборы идеальные,  $R_1 = 1 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 4 \text{ Ом}$ ,  $R_6 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_7 = 7 \text{ Ом}$ ,  $R_8 = 8 \text{ Ом}$ . Ответ выразите в Ом и округлите до десятых.

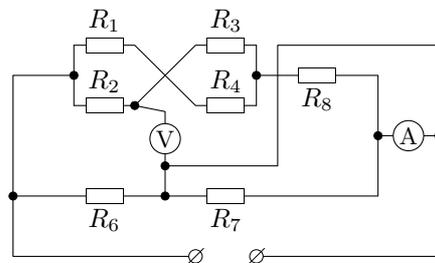


Рис. 2

## 10 КЛАСС

1. Капля масла растеклась по поверхности озера, образовав пятно площадью  $40 \text{ м}^2$ . Считая, что масло растеклось слоем в 1 молекулу, оцените средний размер молекулы масла. Масса капли  $4 \text{ г}$ , плотность масла  $0,8 \text{ г/см}^3$ . Ответ выразите в нм.

2. В сосуде содержится кислород при давлении  $90 \text{ кПа}$ . Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы кислорода в сосуде равна  $6 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ . Считая кислород идеальным газом, определите его плотность. Молярная масса кислорода равна  $32 \text{ г/моль}$ , число Авогадро  $6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ . Универсальную газовую постоянную считать равной  $8,3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ . Ответ выразите в  $\text{кг/м}^3$  и округлите до десятых долей.

3. 1 моль идеального газа переходит из состояния 1 в состояние 3 так, как это показано на  $(V, T)$ -диаграмме (рис. 3). На участке 1–2 он совершил работу  $830 \text{ Дж}$ . Температура газа в состоянии 1 равна  $300 \text{ К}$ . Определите температуру газа в состоянии 3. Ответ выразите в градусах Цельсия.

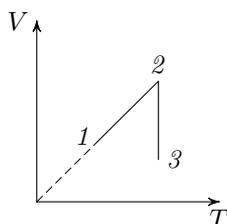


Рис. 3

4. Известно, что звезды Сириус А и Сириус В вращаются вокруг их общего центра масс на расстоянии примерно в 20 астрономических единиц (одна астрономическая единица — это расстояние от Земли до Солнца) с периодом обращения, близким к 50 годам. Определите отношение общей массы этих двух звезд к массе Солнца. Ответ округлите до десятых.

5. Маленький шарик массой  $1 \text{ кг}$  после абсолютно упругого столкновения с большим шаром отскочил под прямым углом к направлению своего первоначального движения, уменьшив свою скорость на  $25 \%$ . Найдите массу большого шара. Ответ выразите в килограммах и округлите до десятых.

6. Вольтметр с пределом измерения напряжения  $1 \text{ В}$  имеет внутреннее сопротивление  $1 \text{ МОм}$ . Резистор с каким сопротивлением необходимо подключить к вольтметру для того, чтобы увеличить предел измерения напряжения в 10 раз? Ответ выразите в МОм.

7. С идеальным газом совершают цикл 1–2–3–4–5–1–2–6–5–1 (рис. 4). Найдите работу газа за цикл. Масштаб приведенной диаграммы:  $p_0 = 1 \text{ атм}$ ,  $V_0 = 1 \text{ м}^3$ . Ответ выразите в кДж.

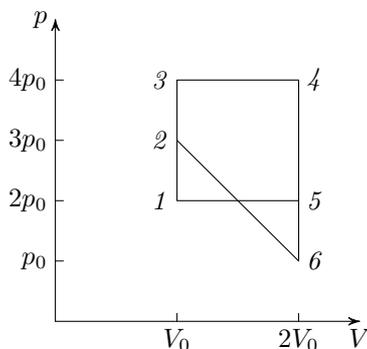


Рис. 4

8. Теоретик Баг рассказал своему другу экспериментатору Глюку, что в изотермической атмосфере давление падает на  $8 \text{ мм}$  ртутного столба при подъеме на каждые  $100 \text{ м}$ . Тогда Глюк решил измерить высоту  $H$  ближайшей горы. Для этого он изготовил прибор, состоящий из

колбы, закрытой пробкой. Сквозь пробку он пропустил тонкую стеклянную трубку. В середине трубки находилась капля ртути, которая отделяла колбу от атмосферы (рис. 5). У подножия горы давление воздуха 760 мм ртутного столба. Поднявшись на вершину горы, друзья обнаружили, что положение капельки ртути такое же, как и в лаборатории у подножия горы. Подыскивая объяснение этому факту, Баг заметил, что температура у подножия горы была  $+32\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а на вершине  $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определите высоту горы с точностью до десятков метров.

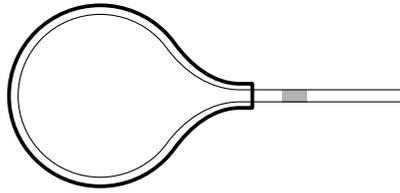


Рис. 5

# 11 КЛАСС

1. Тело массой 100 г движется со скоростью 1 м/с по шероховатой поверхности с коэффициентом трения 0,1. На тело действует сила 0,05 Н, направленная по направлению движения. Сколько метров проедет тело до остановки?

2. Определите количество теплоты, полученное 1 молем одноатомного идеального газа в процессе, изображённом на  $(p, T)$ -диаграмме (рис. 6). Ответ выразите в Дж и округлите до целого числа.

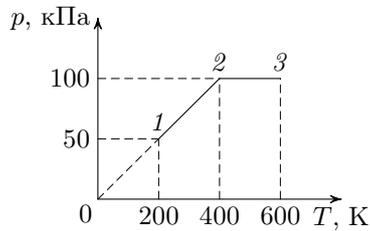


Рис. 6

3. Фокусное расстояние рассеивающей линзы равно  $-40$  см. Изображение, даваемое линзой, прямое, мнимое и уменьшенное в 5 раз. Чему равно расстояние от линзы до изображения? Ответ выразите в см и округлите до целого числа.

4. Два электрона влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Радиус траектории первого электрона в 4 раза больше радиуса траектории второго электрона. Найдите отношение кинетической энергии первого электрона к кинетической энергии второго электрона.

5. Батарейку из двух последовательно соединенных конденсаторов емкостью по 12 мкФ, заряженную до напряжения 120 В, замыкают на две параллельно соединенных катушки с индуктивностями по 30 мГн. Найдите максимальную силу тока в каждой катушке. Ответ выразите в А и округлите до десятых.

6. В астрономии для измерения яркости звезд используют «звездные величины». Когда звездные величины звезд отличаются на 5, их яркости отличаются в 100 раз (большая звездная величина соответствует меньшей яркости). Известно, что звезда  $\alpha$  Центавра имеет нулевую звездную величину, а звезда 72 Геркулеса — пятую. Считая звезды одинаковыми, определите, во сколько раз звезда 72 Геркулеса дальше от Земли, чем звезда  $\alpha$  Центавра. Ответ округлите до целых.

7. Найдите (по модулю) разность потенциалов между центром и краем металлического диска радиусом 1 м, вращающегося в слабом магнитном поле с индукцией  $10^{-11}$  Тл с угловой скоростью  $1 \text{ с}^{-1}$ . Носителями заряда в металле являются электроны с массой  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг и зарядом  $-1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. Если смотреть на диск сверху, то он будет вращаться против часовой стрелки, а магнитное поле будет направлено на нас. Ответ выразите в пикоВольтах и округлите до целого числа.

8. Краб ползет по дну на глубине 2,66 м. Его фотографируют сверху. Объектив с фокусным расстоянием 35 мм находится на высоте 1,5 м над поверхностью воды. Показатель преломления воды  $n = 1,33$ . Какова длина изображения клешни, если длина самой клешни 10 см? Ответ выразите в мм и округлите до целого числа.