**Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике**

**10 класс, 2020/2021 учебный год, на выполнение 150 минут.**

**Задача 1. Движение бруска.** Брусок массой *m* из состояния покоя под действием силы *F*, направленной вдоль горизонтального стола, начинает двигаться по его поверхности. Через время Δ*t*₁ действие силы *F* прекращается, и через время Δ*t*₂ после этого брусок останавливается. 1) Определите силу трения, действующую на брусок во время его движения; 2) на какое расстояние переместится брусок за всё время движения?

**Задача 1. Движение бруска. Возможное решение:**

Запишем уравнения движения на обоих участках:

*ma*₁ = *F* – $F\_{тр}$; (1 балл)

*ma*₂ = – $F\_{тр}$, (1 балл)

где *a*₁ = *v*/Δ*t*₁ , *a*₂ = – *v*/Δ*t*₂ , (1 балл)

*v* – максимальная достигнутая скорость к моменту прекращения действия силы *F*. Совместное решение уравнений даёт:

*v* = *F*Δ*t*₁Δ*t*₂/*m*(Δ*t*₁+Δ*t*₂) ; $F\_{тр}$ = *F*Δ*t*₁/(Δ*t*₁+Δ*t*₂). (3 балла)

Полное перемещение складывается из перемещений на двух участках:

*s* = *s*₁+*s*₂, *s*₁ = $v^{2}$/2*a*₁, *s*₂ = $v^{2}$/2*a*₂. (2 балла)

Подставляем *v*, *a*₁, *a*₂:

*s*₁ = *F*Δ$t\_{1}^{2}$Δ*t*₂/2*m*(Δ*t*₁+Δ*t*₂), *s*₂ = *F*Δ*t*₁Δ$t\_{2}^{2}$/2*m*(Δ*t*₁+Δ*t*₂), *s* = *F*Δ*t*₁Δ*t*₂/2*m. (2 балла)*

**Итого за задачу: 10 баллов.**

*Примечание: Выше приводится возможное решение. Допустимы альтернативные решения. В случае альтернативных решений составляются другие критерии оценивания в зависимости от степени и правильности решения задачи.*

**Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике**

**10 класс, 2020/2021 учебный год, на выполнение 150 минут.**

**Задача 2. 2020 ударов.** Маленький шарик, катившийся по горизонтальному столу со скоростью vₒ, направленной перпендикулярно краю стола, упав со стола, попадает в пространство, ограниченное двумя вертикальными стенками, расстояние между которыми *l* = 2 см. Край стола совпадает с одной из стенок. С какой скоростью должен катиться шарик, чтобы до момента падения на пол удариться о стенки не менее *n* = 2020 раз? Высота стола *h* = 1 м. Сопротивлением воздуха и размерами шарика пренебречь. Считать *g* = 10 м/с.

**Задача 2. 2020 ударов. Возможное решение:**

При отсутствии стенок за время падения Δ*t* = $\sqrt{2h/g}$ **(1 балл)** в горизонтальном направлении шарик пролетел бы расстояние *s* = *v*ₒΔ*t* = *v*ₒ$\sqrt{2h/g}$. **(2 балла)**

Вертикальные стенки «ломают» траекторию шарика с шагом *l*. **(2 балла)**

Ударившись о стенки n раз, шарик в горизонтальном направлении пройдёт путь не менее *L* = *nl*. **(1 балл)**

Следовательно, s ≥ *L*; *v*ₒ$\sqrt{2h/g}$ ≥ *nl*; **(2 балла)**

 *v*ₒ ≥ *nl*$\sqrt{g/2h}$ ≈ 90 м/с. **(2 балла)**

**Итого за задачу: 10 баллов.**

*Примечание: Выше приводится возможное решение. Допустимы альтернативные решения. В случае альтернативных решений составляются другие критерии оценивания в зависимости от степени и правильности решения задачи.*

**Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике**

**10 класс, 2020/2021 учебный год, на выполнение 150 минут.**

**Задача 3. Приключения проволоки.** Для изготовления нагревательной спирали кипятильника взяли проволоку длиной *l1*. После подключения этого кипятильника к источнику напряжения с малым внутренним сопротивлением на нагревание некоторой массы воды в калориметре на 50 0С было затрачено время τ1= 2 минуты. Затем проволоку, из которой была сделана спираль кипятильника, расплавили и изготовили из расплава новую проволоку длиной *l*2 = 2*l*1. Из новой проволоки сделали другую спираль для кипятильника, опустили его в другой калориметр с другим количеством воды, и подключили кипятильник к тому же источнику напряжения. На нагревание воды на 50 0С во втором калориметре было потрачено время τ2 = 12 минут. Во сколько раз масса воды во втором калориметре отличается от массы воды в первом калориметре? Считайте, что потерь теплоты при нагревании воды не происходит, теплоемкости калориметров пренебрежимо малы, а плотность и проводимость металла после переплавки остаются прежними.

**Задача 3. Приключения проволоки. Возможное решение:**

Запишем уравнение теплового баланса для первого и для второго кипятильников с учетом закона Джоуля-Ленца:

 **(2 балла)**

Здесь *m*1 и *m*2 - масса воды в первом и во втором калориметрах, Δ*t* – изменение температуры воды в калориметрах, *U* – напряжение источника, *R*1 и *R*2 – сопротивления спиралей кипятильников в первом и во втором случаях, *с* – удельная теплоемкость воды.

Разделив второе уравнение на первое, выразим отношение масс воды во втором и в первом калориметрах:  **(2 балла)**

Сопротивления кипятильников равны  где ρ – удельное сопротивление материала проволоки. **(2 балла)**

Согласно условию задачи, плотность металла после переплавки не меняется. Поэтому объем проводника остается неизменным, то есть *l*1*S*1 = *l*2*S*2. **(2 балла)**

С учетом этого соотношения получаем, что отношение масс воды во втором и первом калориметрах равно:  **(2 балла)**

**Итого за задачу: 10 баллов.**

*Примечание: Выше приводится возможное решение. Допустимы альтернативные решения. В случае альтернативных решений составляются другие критерии оценивания в зависимости от степени и правильности решения задачи.*

**Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике**

**10 класс, 2020/2021 учебный год, на выполнение 150 минут.**

**Задача 4. Шарик и лед.** Небольшой алюминиевый шарик с привязанной к нему легкой ниткой вморожен в ледышку массой *M*0 = 100 г. Свободный конец нити прикреплен ко дну теплоизолированного цилиндрического сосуда, в который налита вода (см. рисунок) массой *m*0 = 0,5 кг, имеющая температуру *t*0 = 20 0C. Температура льда и шарика 0 0C, начальная сила натяжения нити Т = 0,08 Н. Какова будет температура воды в тот момент, когда сила натяжения нити станет равной нулю? Удельная теплоемкость воды c = 4200 Дж/(кг·0С). Плотность воды ρ = 1000 кг/м3, льда ρ1 = 900 кг/м3, алюминия ρ2 = 2700 кг/м3, удельная теплота плавления льда λ = 330 кДж/кг. Считайте, что тепловое равновесие в воде устанавливается мгновенно.

**Задача 4. Шарик и лед. Возможное решение:**

Сила натяжения нити станет равной нулю, когда часть льда растает и уменьшится выталкивающая сила. Из условия равновесия системы в исходном состоянии находим массу *m* шарика: ***(1 балл);***  ***(1 балл);***

 ***(1 балл),*** тогда:

 

 ***(2 балла).***

Сила натяжения нити  обратится в ноль, если масса льда уменьшится до некоторого значения M1, удовлетворяющего условию:

 откуда  ***(2 балла)***

Значит, для исчезновения силы натяжения должно быть расплавлено

 льда. ***(1 балл)*** Так как он уже находится при температуре плавления для этого необходимо 

Эта энергия будет получена за счет охлаждения воды. В итоге в системе установится тепловое равновесие при температуре t2, определяемой из уравнения теплового баланса:

***(1 балл)***

Отсюда находим:

***(1 балл)***

**Итого за задачу: 10 баллов.**

*Примечание: Выше приводится возможное решение. Допустимы альтернативные решения. В случае альтернативных решений составляются другие критерии оценивания в зависимости от степени и правильности решения задачи.*

**Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике**

**10 класс, 2020/2021 учебный год, на выполнение 150 минут.**

**Задача 5. Цилиндр пополам.** Цилиндр радиуса r, лежащий на подставке, разрезан пополам по вертикальной плоскости, проходящей через его ось. Масса каждой половины цилиндра равна *m*, а их центры тяжести находятся на расстоянии *l* от оси цилиндра. Чтобы цилиндр не распался, через него перекинули невесомую нерастяжимую нить с одинаковыми грузами на концах. Найти минимальную массу грузов, не допускающих распада цилиндра. Трением пренебречь.

**Задача 5. Цилиндр пополам. Возможное решение:**

Рассмотрим силы, действующие на один полуцилиндр, и их моменты относительно линии соприкосновения с опорой. Т.к. нить невесома и трение отсутствует, то сила натяжения нити одна и та же вдоль всей нити и равна силе тяжести искомого груза массы М, т.к. грузы неподвижны. **(3 балла).**

Чтобы цилиндр не распался, необходимо, чтобы момент силы натяжения нити относительно точки О в верхней точке по крайней мере уравновесил моменты вертикальных сил:

*Mgl* + *M*ming*r* = *M*ming·2*r*. **(4 балла)**

Отсюда получается *M*min = *ml/r.* **(3 балла)**

**Итого за задачу: 10 баллов.**

*Примечание: Выше приводится возможное решение. Допустимы альтернативные решения. В случае альтернативных решений составляются другие критерии оценивания в зависимости от степени и правильности решения задачи.*