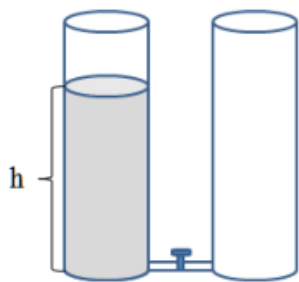


**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
2024-2025 учебный год
ФИЗИКА
10 класс**

Критерии оценивания

Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

Задание 1



Два одинаковых неподвижных цилиндра соединены трубкой очень малого сечения, снабженной краном. При закрытом кране в левый цилиндр залили жидкость с удельной теплоемкостью c до высоты h (см. рис.). После достижения теплового равновесия жидкость имела температуру T_1 . После открывания крана по достижении теплового равновесия в отсутствие теплообмена с окружающей средой жидкость стала иметь температуру T_2 . Обоснуйте, какая из температур больше и выведите формулу, выражающую разность температур ΔT , пренебрегая теплоемкостью цилиндров.

Выясним, что произойдет с механической энергией жидкости при ее переходе из исходного состояния 1 в новое установившееся 2. Проведем нулевой уровень потенциальной энергии жидкости через дно цилиндров. Тогда механическая энергия массы жидкости m в состоянии 1 равна ее потенциальной энергии (жидкость неподвижна), определяемой положением центра масс на величину $h/2$:

$$E_{п1} = mgh/2$$

Во втором состоянии центр масс поднят над нулевым уровнем на $h/4$ и механическая энергия становится равной:

$$E_{п2} = mgh/4$$

Очевидно, механическая энергия уменьшилась на величину:

$$\Delta E = mgh/4$$

Так как цилиндры все время неподвижны и отсутствует теплообмен с окружающей средой, то механическая (потенциальная) энергия пошла на увеличение внутренней энергии системы. Поэтому температура жидкости повысится на ΔT . Для увеличения температуры жидкости необходимо передать ей количество теплоты:

$$Q = cm\Delta T$$

Тогда $Q = \Delta E$, откуда

$$\Delta T = \frac{\Delta E}{cm} = \frac{mgh}{4cm} = \frac{gh}{4c}$$

Критерии оценивания

Задан нулевой уровень потенциальной энергии – 1 балл.

Определена механическая энергия исходного состояния – 1 балл.

Определена механическая энергия второго состояния – 1 балл.

Найдено изменение энергии – 1 балл.

Обосновано повышение температуры системы – 3 балла.

Указано, как рассчитать количество теплоты, которое надо передать жидкости для её нагревания – 1 балл.

Записано $Q = \Delta E$ – 1 балл.

Получено выражение для ΔT – 1 балл.

Максимальный балл – 10

Задание 2

Для проведения физических опытов учитель физики приобрел в интернет магазине устройство в виде сферического проводника радиусом 20 см, установленного на деревянной ножке. Внутри сферы на тонкой проводящей спице, изолированной от корпуса сферы, закреплен металлический шар. Данный шар посредством держащей его спицы имеет контакт на нижней части деревянной ножки. Сообщая ему заряд, учитель измеряет его потенциал. Когда устройство стоит на деревянном столе, измеренный потенциал составлял 9 В. Когда устройство ставят на стол со стальной массивной столешницей, измеренный потенциал оказался другим. Учитывая что внутренний шар имеет радиус вдвое меньше внешней сферы и закреплен таким образом, что его центр совпадает с центром сферы, рассчитайте потенциал, появившийся у сферы, если по сути внутренний шар оказался заземлен за счет контакта с металлическим столом.

Когда шар был не заземлен, его потенциал и потенциал сферы были одинаковые (поле внутри сферы отсутствует, следовательно, все пространство внутри сферы является эквипотенциальной поверхностью).

Величина потенциала внутри сферы $\varphi_1 = k \frac{Q}{R}$

отсюда $Q = \frac{\varphi_1 R}{k} = 2 \cdot 10^{-10} \text{ Кл} = 0,2 \text{ нКл}$

В следствие заземления шар получит от массивной столешницы такой заряд, что его потенциал обратится в нуль:

$$k \frac{q}{r} + k \frac{Q}{R} = 0$$

Откуда $q = \frac{-Q}{R} r = -0,1 \text{ нКл}$

Тогда согласно принципу суперпозиции $\varphi = k \frac{Q+q}{R} = k \frac{Q}{R} \left(1 - \frac{r}{R}\right)$

$$\varphi = k \frac{Q+q}{R} = k \frac{Q}{R} \left(1 - \frac{r}{R}\right) = 4,5 \text{ В}$$

Ответ: 4,5 В

Критерии оценивания.

Указано, что пространство внутри сферы – эквипотенциальная поверхность -1 балл.

Получен заряд сферы - 1 балл.

Записано выражение для потенциала внутреннего шара - 2 балла

Получен заряд шара - 1 балл

Получено выражение потенциала сферы после заземления шара – 3 балла.

Рассчитан потенциал сферы после заземления шара – 1 балл.

Максимальный балл – 10

Задание 3

На гладком горизонтальном столе лежит однородный пластилиновый куб массой 200 г. Его пробивает стальной шарик, летевший до удара в горизонтальном направлении со скоростью 100 м/с. При этом его масса увеличивается вдвое, от 20 г до 40 г, за счёт налипшего вещества куба. Скорость шарика «на выходе» горизонтальна и составляет 20 м/с. Найдите количество теплоты, выделившееся при взаимодействии шарика и куба.

Возможное решение

Запишем закон сохранения импульса и закон изменения механической энергии:

$$\begin{cases} mv = 2mu + (M - m)V, \\ \frac{mv^2}{2} = \frac{2mu^2}{2} + \frac{(M-m)V^2}{2} + Q, \end{cases} \Rightarrow Q = \frac{mv^2}{2} - mu^2 - \frac{m^2(v-2u)^2}{2(M-m)} = 88 \text{ Дж},$$

где m – начальная масса шарика, $2m$ – масса шарика «на выходе», M – начальная масса кубика, $M - m$ – «конечная» масса кубика, v – начальная скорость шарика, u – скорость шарика «на выходе», V – скорость кубика в конечный момент, Q – количество теплоты, выделившееся при взаимодействии шарика и куба.

Критерии оценивания

Записан начальный импульс системы - 1 балл

Записан конечный импульс системы - 2 балла

Записана начальная энергия - 1 балл

Записана конечная энергия системы - 2 балла

Записан закон изменения энергии - 1 балл

Найдено количество теплоты - 3 балла

Максимальный балл – 10

Задание 4

Пролетая над ночным городом на высоте 150 км, спутник делает его фотографии. Разрешающая способность матрицы фотоаппарата (наименьшее расстояние между изображениями двух точек, когда изображения не сливаются), равна 0,005 мм. Фокусное расстояние объектива 7 см. Определите минимальное расстояние между уличными фонарями, при котором их изображение будет раздельным. Каким должно быть установлено время экспозиции в фотоаппарате, при котором размытие изображения из-за движения спутника не будет превышать $a=50$ мкм. Считать радиус Земли 6400 км.

Пусть f – расстояние от линзы фотоаппарата до фонарей, тогда $f=150$ км; искомое расстояние между фонарями L ;

l – разрешающая способность, $l = 0,005$ мм;

F – фокусное расстояние, $F = 7$ см;

Δt – время экспозиции

Увеличение $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{L}{l}$

Согласно формулы тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$. В силу того, что $f \gg F$ получаем $\frac{1}{F} = \frac{1}{d}$,

тогда $\Gamma = \frac{f}{F} = \frac{L}{l}$, откуда $L = \frac{f}{F} l$

$$L = \frac{150 \cdot 10^3}{0.07} 0.005 \cdot 10^{-3} = 10.7 \text{ м}$$

За время экспозиции спутник переместится на расстояние $\Delta L = v \Delta t$, так что размытие контуров изображения Δl будет равно смещению изображения на матрице камеры, что с учетом формулы увеличения составит $\frac{v \Delta t}{\Gamma} \leq a$

где $v = \sqrt{gR}$ – первая космическая скорость.

$$\text{Тогда } \Delta t = \frac{af}{vF} = \frac{af}{\sqrt{gRF}}$$

$$\Delta t = \frac{50 \cdot 10^{-6} \cdot 150 \cdot 10^3}{\sqrt{10 \cdot 6400 \cdot 10^3 \cdot 0.07}} = 0.013 \text{ с} = 13 \text{ мс}$$

Критерии оценивания:

На основании уравнения тонкой линзы получено равенство фокусного расстояния и расстояния от линзы до изображения – 1 балл.

Получено выражение расстояния между фонарями – 2 балла.

Рассчитано расстояние между фонарями – 1 балл.

Определено условие для оптимального времени экспозиции через смещение изображения Δl – 2 балла.

Показано, что смещение объекта связано с 1 космической скоростью – 1 балл.

Получено выражение для оптимального времени экспозиции – 2 балла.

Получено численное значение времени экспозиции – 1 балл.

Максимальный балл – 10

Задание 5

Систему из двух брусков одинаковой массы $m = 0,7$ кг, находящихся на горизонтальной поверхности, тянут вправо, прикладывая горизонтальную силу $F = 5$ Н. Найдите ускорение системы, если коэффициент трения между левым бруском и поверхностью равен $\mu = 2/5$, а между правым бруском и поверхностью трение отсутствует. Нить, соединяющая бруски, образует угол α с горизонталью (см. рис. 10.5), такой, что $\sin \alpha = 5/13$. Нить считать невесомой и нерастяжимой, ускорение свободного падения принять равным $g = 10 \text{ м/с}^2$, сопротивлением воздуха пренебречь.

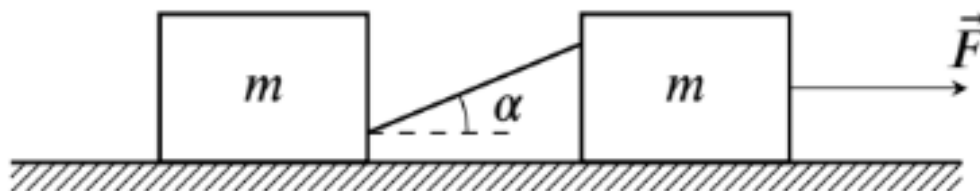


Рис. 10.5.

Решение: Пусть a — ускорение системы, а T — сила натяжения нити. Запишем 2й закон Ньютона для правого тела в проекции на горизонтальную ось:

$$ma = F - T \cos \alpha = F - 12T/13.$$

Для левого тела также запишем 2й закон Ньютона в проекции на обе оси: горизонтальную Ox и вертикальную Oy (здесь N — сила реакции опоры, $F_{\text{тр}}$ — сила трения, действующие на левый брусок)

$$(Ox) \quad ma = T \cos \alpha - F_{\text{тр}} = 12T/13 - F_{\text{тр}}, \quad (Oy) \quad 0 = N - mg + T \sin \alpha = N - mg + 5T/13.$$

Если система движется, $F_{\text{тр}} = \mu N$. Отсюда

$$ma = 12T/13 - \mu(mg - 5T/13) = 12T/13 - 2mg/5 + 2T/13 = 14T/13 - 2mg/5.$$

Сопоставляя это с первым уравнением, получим

$$F - 12T/13 = 14T/13 - 2mg/5 \Rightarrow T = F/2 + mg/5 = 2,5 \text{ Н} + 1,4 \text{ Н} = 3,9 \text{ Н}.$$

Ускорение системы, соответственно, равно

$$a = \frac{F - 12T/13}{m} = \frac{5 \text{ Н} - 3,6 \text{ Н}}{0,7 \text{ кг}} = 2 \text{ м/с}^2.$$

Критерии оценивания

Правильно записан 2-й ЗН для правого тела в горизонтальной проекции $ma = F - T \cos \alpha$ - 2 балла.

Правильно записан 2-й ЗН для левого тела в горизонтальной проекции $ma = T \cos \alpha - F_{\text{тр}}$ - 3 балла

Найдено верное выражение для силы реакции у левого бруска $N = mg - T \sin \alpha$ - 3 балла

Найдено верное значение ускорения - 2 балла

Максимальный балл – 10