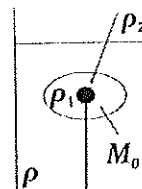


Совет ректоров вузов Томской области
Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области
(ОРМО) 2014-2015 гг.
Физика (заключительный этап) 10 класс (решения)
Вариант 1

1. Небольшой алюминиевый шарик с привязанной к нему лёгкой ниткой заморожен в ледышку массой $M_0 = 100$ г. Свободный конец нитки прикреплен к дну теплоизолированного цилиндрического сосуда, в который налита вода массой $m_0 = 0,5$ кг, имеющая температуру $t_0 = 20^\circ\text{C}$. Температура льда и шарика 0°C , начальная сила натяжения нитки $T=0,08$ Н. Какова будет температура воды в тот момент, когда сила натяжения будет равна нулю?



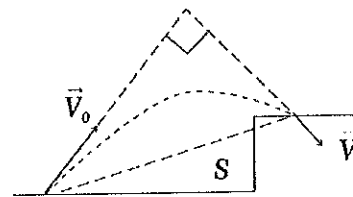
Оценка задания 10 баллов

$$C_{\text{воды}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}, \rho_{\text{воды}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \rho_{\text{льда}} = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \rho_{\text{алюмин}} = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

$$\lambda_{\text{льда}} = 330 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Считать, что тепловое равновесие в воде устанавливается мгновенно.

2. Мальчик бросил камень под углом к горизонту. Камень описал дугу и через 2 с приземлился на крышу сарая, причем вектор начальной скорости \vec{V}_0 и вектор скорости при приземлении \vec{V} оказались перпендикулярны друг другу. Определить расстояние (по прямой) между точкой бросания и точкой падения камня.



Оценка задания 10 баллов

Решение

Введём систему координат и угол бросания α (см. рис)

Тогда координаты вектора \vec{V} определяются так:

$$V_x = V_0 \cos \alpha \quad V_y = V_0 \sin \alpha - gt$$

Координаты вектора \vec{V}_0

$$V_{0x} = V_0 \cos \alpha \quad V_{0y} = V_0 \sin \alpha$$

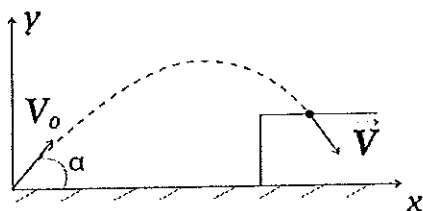
$$\text{По условию задачи } \vec{V}_0 \perp \vec{V} \Rightarrow \vec{V}_0 \cdot \vec{V} = 0$$

Используя выражение для скалярного произведения векторов через координаты, получаем

$$V_{0x} \cdot V_x + V_{0y} V_y = 0 \Rightarrow V_0 \cos \alpha \cdot V_0 \cos \alpha + V_0 \sin \alpha \cdot (V_0 \sin \alpha - gt) = 0$$

Раскрывая скобки и проводя преобразования, получим:

$$V_0^2 \cos^2 \alpha + V_0^2 \sin^2 \alpha - V_0 \sin \alpha \cdot gt = 0$$



$$V_0^2 - V_0 \sin \alpha \, g t = 0 \Rightarrow V_0 - \sin \alpha \, g t = 0$$

Отсюда $\sin \alpha = \frac{V_0}{g t} = \frac{V_0}{20}$

На основании основного тригонометрического тождества

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{\sqrt{400 - V_0^2}}{20}$$

Уравнения движения камня, брошенного под углом к горизонту

$$x = V_0 \cos \alpha \cdot t = V_0 \frac{\sqrt{400 - V_0^2}}{20} \cdot 2 = \frac{V_0 \sqrt{400 - V_0^2}}{10}$$

$$y = V_0 \sin \alpha \, t - \frac{g t^2}{2} = V_0 \frac{V_0}{20} \cdot 2 - \frac{10 \cdot 2^2}{2} = \frac{V_0^2}{10} - 20$$

Искомое расстояние S определяется по теореме Пифагора:

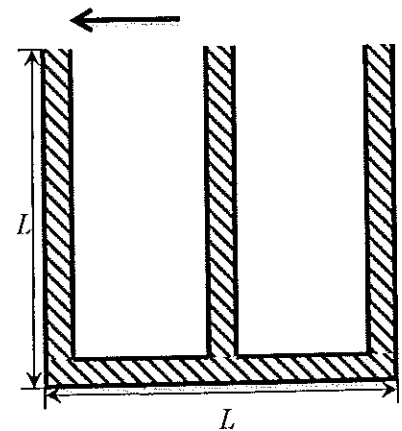
$$S^2 = x^2 + y^2 = \frac{V_0^2}{100} (400 - V_0^2) + \left(\frac{V_0^2}{10} - 20 \right)^2 = 4V_0^4 - \frac{V_0^4}{100} + \frac{V_0^4}{100} - 4V_0^2 + 400 = 400$$

Отсюда $S=20$ (м)

Ответ: 20 м

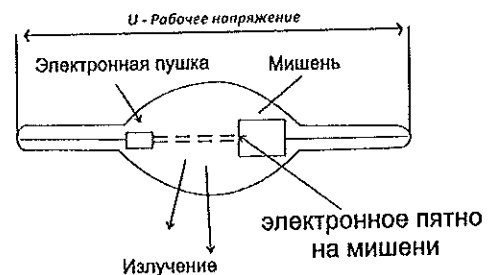
3. Длинную трубку постоянного калибра разрезали на четыре одинаковые части длиной L и соединили в виде сообщающихся сосудов с тремя вертикальными трубками. Конструкцию полностью заполнили водой (см. рис.) и привели в движение в горизонтальном направлении в плоскости чертежа с постоянным ускорением. Определите величину ускорения, если в процессе движения из данной конструкции вылилось $11/36$ всей массы от первоначально заполненной воды.

Оценка задания 10 баллов



4. Рентгеновская трубка работает при напряжении 40 кВ, её мощность 5 кВт. Диаметр пятна на мишени, образованного электронным потоком, 0,3 мм. Найти среднее давление электронов на мишень. Заряд электрона равен $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, масса электрона равна $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг. Для эффективной работы трубки поверхность мишени наклонена под небольшим углом.

Оценка задания 10 баллов



Примечание: Устройство рентгеновской трубки

Решение:

Т.К. угол наклона мал, то его можно не учитывать и считать, что мишень перпендикулярна потоку электронов.

По определению, давление

$$P = \frac{F}{S}$$

Согласно II закону Ньютона, записанному для импульса, $Ft = p_1 - p_0$, где t - время, $p_1 - p_0$ - изменение импульса электронов, достигших мишени за время t .

Т.к. электроны поглощаются мишенью, то их импульс становится равным 0, поэтому $Ft = NmV$, где N - количество электронов, долетевших до анода за время t , m - масса электрона, V - скорость при подлёте к мишени. Отсюда

$$F = \frac{N}{t}mV$$

Первый сомножитель легко преобразовать:

$$\frac{N}{t} = \frac{Ne}{t} \cdot \frac{1}{e} = \frac{Q}{t} \cdot \frac{1}{e} \quad Q - \text{полный заряд, прошедший за время } t$$

Согласно определению

$$\frac{Q}{t} = I - \text{сила тока. Поэтому } \frac{N}{e} = \frac{I}{t}$$

Т.к. электроны разгоняются рабочим напряжением с нулевой начальной скорости, то согласно теореме о кинетической энергии

$$\frac{mU^2}{2} = eU \Rightarrow U = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

Выражение для силы

$$F = \frac{I}{e}m \sqrt{\frac{2eU}{m}} = I \sqrt{\frac{2mU}{e}}$$

Сила тока I определяется на основании формулы для мощности трубки

$$Pi = UI \Rightarrow I = \frac{Pi}{U}$$

Площадь S :

$$S = \frac{\pi d^2}{4}$$

Окончательная формула для давления принимает вид

$$P = \frac{4}{\pi d^2} \cdot \frac{Pi}{U} \sqrt{\frac{2mU}{e}} = \frac{4Pi}{\pi d^2} \cdot \sqrt{\frac{2m}{Ue}}$$

Подстановка даёт ответ

$$P = \frac{4 \cdot 5 \cdot 10^3}{3,14 \cdot (0,3 \cdot 10^{-3})^2} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{40 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}} = \frac{20 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 0,09 \cdot 10^{-6}} \cdot \sqrt{2,844 \cdot 10^{-16}} = 1193 \text{ (Па)}$$

Ответ: 1193 (Па)

Примечание: Устройство рентгеновской трубки

