

ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ
ВАРИАНТ 27991 для 9-го класса

1. Ровное горизонтальное дно мелкого озера состоит из песчаных и каменистых участков. Над какими участками дна лёд, образовавшийся на поверхности воды, будет тоньше? Объясните ответ, используя физические законы и явления.

Решение.

Над камнями лёд более тонкий, так как теплопроводность камня больше теплопроводности песка. Камни неплотно прилегают друг к другу, между ними находится слой воды. Тепло от нижних слоев воды через камни передается вверх, поэтому слой льда над камнями тоньше.

Дополнение: между песчинками слой воды гораздо тоньше, поэтому запасенное водой количество тепла меньше, и передается наверх оно хуже (см. слова про теплопроводность).



2. Очень тонкие медные колечки (одинакового поперечного сечения, но разного диаметра) соединили друг с другом так, как показано на рисунке. Известно, что общая масса всех колец m , а максимальное расстояние между точками A и B равно l . Источник постоянного тока с ЭДС \mathcal{E} подсоединили к точкам A и B последовательно с идеальным амперметром. Определите показания амперметра. Удельное сопротивление меди ρ , плотность меди d , внутренним сопротивлением источника и сопротивлением в местах контакта колечек можно пренебречь.

Решение

Показания идеального амперметра в цепи будут равны $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$, где R – сопротивление цепочки колец. (1)

$$\text{Общая масса всей цепочки колец } m = d \cdot S \cdot 2\pi(r_1 + \dots + r_N), \quad (2)$$

где r_i – радиус i -го колечка, а N – число колечек, а S – площадь поперечного сечения проволоки.

Электрическая схема цепочки может быть представлена последовательным соединением N пар полуколец, причем в каждой паре полуколечки подключены параллельно друг другу.

Тогда сопротивление одной пары $R_0 = \frac{1}{2} \frac{\rho}{S} \pi r_i$, а сопротивление всей цепочки

$$R = \frac{1}{2} \frac{\rho}{S} \pi (r_1 + \dots + r_N) \quad (3)$$

Максимальное расстояние между точками A и B – это сумма диаметров всех колечек, т.е.

$$l = 2(r_1 + \dots + r_N) \quad (4)$$

$$\text{Теперь из (2) выразим } S = \frac{m}{d \cdot 2\pi(r_1 + \dots + r_N)}, \quad \text{а из (4)} \quad (r_1 + \dots + r_N) = \frac{l}{2} \quad (5)$$

$$\text{Тогда } R = \frac{1}{2} \frac{\rho}{m} \pi \cdot d \cdot l \cdot \pi \cdot \frac{l}{2} = \frac{\rho d}{4m} (\pi l)^2 \quad (6)$$

$$\text{Показания амперметра равны } I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mathcal{E}}{\rho d} \frac{4m}{(\pi l)^2} \quad (7)$$

Ответ: $I = \frac{\mathcal{E}}{\rho d} \frac{4m}{(\pi l)^2}$

3. Три дня в Простоквашино бушевала метель. Двор замело так, что почтальон Печкин понял, что до колодца ему не добраться и решил приготовить себе питьевую воду из снега. Он набрал полную трёхлитровую кастрюлю снега и поставил на электроплиту. Счётчик показал, что на расплавление снега ушло 0,2 кВт·час электроэнергии. Определите плотность снега, если удельная теплота плавления льда 334 кДж/кг. КПД плиты 80 %.

Решение .

Потреблённая электроэнергия

$$W = 0,2 \cdot 10^3 \cdot 3600 = 7,2 \cdot 10^5 \text{ Дж}$$

Передано снегу

$$Q = W\eta = \lambda m$$

Плотность снега

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{W\eta}{\lambda V} = \frac{7,2 \cdot 10^5 \cdot 0,8}{3,34 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} = 575 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

4. Чебурашка и крокодил Гена отправились в космическое путешествие на Луну. Гена быстро заснул, а Чебурашка то и дело смотрел в иллюминатор. Через несколько часов полета он заметил, что Земля всё ещё близко: её видимый размер вдвое превышал видимый размер Луны. Чебурашка не выдержал и пошёл спать следом за Геной. Но когда он проснулся и опять посмотрел в иллюминатор, ситуация изменилась радикально: размер Луны вдвое превышал размер Земли! Радостным криком «Мы у цели!» Чебурашка разбудил спящего Гену. Гена изучил показания бортовых приборов и выяснил, что пока Чебурашка спал, они пролетели 86000 км. На каком расстоянии от Луны был корабль, когда Чебурашка проснулся? Считайте, что кажущийся размер планеты обратно пропорционален расстоянию до неё, а радиус Земли в 3,7 раза больше радиуса Луны.

Решение

Обозначим x_1 – расстояние до Земли перед уходом Чебурашки спать, x_2 – искомое расстояние до Луны, когда Чебурашка проснулся, $x=86$ тыс. км.

Пусть кажущийся радиус планеты радиуса R на расстоянии r равен $\frac{\alpha R}{r}$, где α – некоторая константа. Тогда

$$\begin{cases} \frac{\alpha \cdot 3,7R_{\text{Л}}}{x_1} = 2 \cdot \frac{\alpha R_{\text{Л}}}{x + x_2} \\ \frac{\alpha \cdot 3,7R_{\text{Л}}}{x_1 + x} \cdot 2 = \frac{\alpha R_{\text{Л}}}{x_2} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 3,7x + 3,7x_2 = 2x_1 \\ 7,4x_2 = x_1 + x \end{cases}$$

$$x_1 = 7,4x_2 - x$$

$$3,7x + 3,7x_2 = 14,8x_2 - 2x$$

$$11,1x_2 = 5,7x$$

$$x_2 = \frac{5,7x}{11,1} = 0,5x = 0,5 \cdot 86 = 43 \text{ тыс. км}$$

5. Бурейская ГЭС расположена на реке Бурей у посёлка Талакан Амурской области. Это – крупнейшая электростанция на Дальнем Востоке России. Для неё построена бетонная гравитационная плотина, устойчивость и прочность которой обеспечивается собственным весом с опорой на скальное ложе реки. Она является самой высокой в России плотиной подобного типа. В плотине сделаны специальные каналы (водосбросы), которые позволяют производить спуск воды в случае подъёма уровня водохранилища выше критического значения. Вода, проходя по наклонному ложу канала, попадает на закругление и покидает его под углом к горизонту, падая на значительном расстоянии от подножия плотины, что снижает нагрузку на ее основание. Такой водосброс называется трамплинным. Скорость движения воды вверху водосброса v , высота водосброса над нижней точкой закругления H , радиус закругления R . Определите давление, которое создает поток воды на желоб канала в его нижней части. Считайте скорость на входе в канал водосброса достаточно малой: $v \ll \sqrt{gH}$, где g – ускорение свободного падения.

Решение:

Из закона сохранения энергии для порции воды массой m можно найти скорость V потока

воды на закруглении: $\frac{mv^2}{2} + mgH = \frac{mV^2}{2}$. Отсюда $V = \sqrt{v^2 + 2gH} \approx \sqrt{2gH}$

Сила давления порции воды на закругление равна силе, действующая на эту порцию со стороны закругления. Из уравнения 2 закона Ньютона для выбранной порции воды

получаем, что: $F = m \left(g + \frac{V^2}{R} \right) \approx mg \left(1 + \frac{2H}{R} \right)$

Пусть D – ширина канала, а порция воды занимает в нижней части закругления участок длины l , где толщина потока воды по вертикали равна h . Тогда $m = \rho Dlh$, где ρ – плотность воды. Поскольку поток непрерывен, то произведение скорости на площадь поперечного сечения потока постоянно, поэтому $v Dh_0 = V Dh$ (h_0 – толщина слоя воды на входе в водосброс). Таким образом

$$F \approx \rho l D g h_0 \frac{v}{V} \left(1 + \frac{2H}{R} \right)$$

Давление на закругление, создаваемое этой силой, равно

$$p = \frac{F}{Dl} \approx \rho g h_0 \frac{v}{V} \left(1 + \frac{2H}{R} \right) = \rho g h_0 \frac{v}{\sqrt{2gH}} \left(1 + \frac{2H}{R} \right) = \rho h_0 v \sqrt{\frac{g}{2H}} \left(1 + \frac{2H}{R} \right) = \rho h_0 v \left(\sqrt{\frac{g}{2H}} + \frac{\sqrt{2gH}}{R} \right)$$

Ответ: $p = \rho h_0 v \left(\sqrt{\frac{g}{2H}} + \frac{\sqrt{2gH}}{R} \right)$