Олимпиада школьников «Надежда энергетики». Заключительный этап.

ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ
ВАРИАНТ 27881 для 8-го класса

1. Масса кучевого облака достигает миллиона тонн. Объясните, почему такое тяжелое облако не падает на Землю.

Решение: *Облака падают медленно за счет силы сопротивления воздуха, уравновешивающей силу тяжести. При этом за счет броуновского движения в восходящем потоке воздуха частицы могут изменить направление движения и подниматься.*

2. В октябре в городе Таруса проходила научная конференция «Проблемы термоядерной энергетики и плазменные технологии». В последний день работы конференции студенты и сотрудники НИУ «МЭИ» отправились на теплоходную экскурсию по реке Ока в усадьбу Поленово, расположенную ниже по течению. В то же самое время от пристани Поленово в Тарусу вышел другой теплоход без пассажиров. Через некоторое время оба теплохода попали в густой туман, и капитаны теплоходов из-за плохой видимости приняли решение снизить скорость в два раза. Во сколько раз время опоздания теплохода, прибывшего в Тарусу, будет отличаться от времени опоздания теплохода, прибывшего в Поленово? Скорости теплоходов в хорошую погоду относительно воды одинаковы и в 4 раза больше скорости течения реки.

Решение: Пусть $U -$ скорость течения реки, $V -$ скорость теплохода в стоячей воде, $l -$ длина участка пути, где был туман, t_1 и t_2 $-$ время движения теплоходов в тумане, T_1 и T_2 $-$ время прохождения того же расстояния в хорошую погоду.

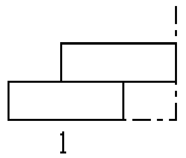
Очевидно, что опоздание каждого теплохода определяется разностью времени движения в тумане и в хорошую погоду:

$$\Delta t_1 = t_1 - \mathrm{T}_1 = \frac{l}{\frac{V}{2}+U} - \frac{l}{V+U} = \frac{l\frac{V}{2}}{(V+U)(\frac{V}{2}+U)}, \Delta t_2 = t_2 - \mathrm{T}_2 = \frac{l}{\frac{V}{2}-U} - \frac{l}{V-U} = \frac{l\frac{V}{2}}{(V-U)(\frac{V}{2}-U)}$$

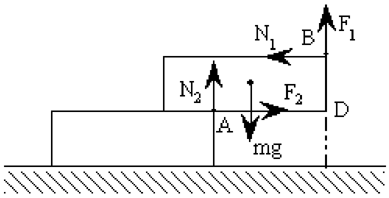
Отношение этих опозданий при известном отношении скоростей приводит к ответу

$$\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{(V+U)(\frac{V}{2}+U)}{(V-U)(\frac{V}{2}-U)} = \frac{(4+1)(2+1)}{(4-1)(2-1)} = 5 \text{ раз.}$$

Ответ: 5 раз.



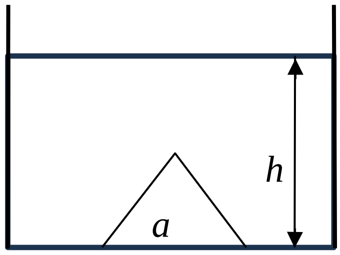
3. Внутренний двор (атриум) главного учебного корпуса НИУ «МЭИ» выложен тротуарной плиткой. При выполнении ремонтных работ часть плитки складировали у стены корпуса в два ряда так, что верхняя плитка своим торцом упиралась в стену (см. рис.). На каком максимальном расстоянии от стены может находиться ближний к ней торец нижней плитки, чтобы верхняя плитка лежала горизонтально? Коэффициент трения между плитками, а также между плиткой и стеной равен μ = 0,4. Толщина плитки в четыре раза меньше её длины, равной *l* = 20 см. Нижнюю горизонтальную плитку считать неподвижной.



Решение: Если верхняя плитка начнёт падать, то она будет поворачиваться вокруг оси, совпадающей с верхним ближним к стене ребром *A* неподвижной нижней плитки. Действующие на верхнюю плитку силы нормальной реакции и трения будут приложены в месте расположения ребра *A* нижней плитки и к ребру *B* верхней плитки. Учитывая это, записываем условия равновесия верхней плитки: $mg = N_2 + F_1$; $N_1 = F_2$; $N_1 h + \frac{1}{2}mgl = N_2 x$. Здесь x - расстояние от ближнего торца нижней плитки до стены. Первые два уравнения выражают условия равенства нулю суммы проекций на оси координат всех сил, действующих на плитку, а третье – условие равенства нулю рассчитанных относительно точки *D* суммы моментов этих сил. Когда плитка начинает падать, происходит скольжение её относительно нижней и стены, поэтому силы трения можно выразить через силы нормальной реакции: $F_1 = \mu N_1$; $F_2 = \mu N_2$.

Решая записанные уравнения относительно *x*, находим

$$x = \mu h + (1+\mu^2)\frac{l}{2} = (2+\mu+2\mu^2)\frac{l}{4} = 13,6 \text{ (см).}$$



4. Правильная четырехугольная пирамида приклеена к дну стеклянного аквариума. Длина стороны квадрата, лежащего в основании пирамиды, равна высоте пирамиды a = 10 см. Аквариум заполнен водой до уровня h = 2a. Плотность воды $\rho_в$ = 1000 кг/м^3, плотность стекла $\rho = 2{,}7\rho_в$. Найдите силу давления пирамиды на дно аквариума, если объём данной пирамиды равен $a^3/3$.

Решение:

Если бы вместо клея был тонкий слой воды, то сила Архимеда равнялась бы
$F_A = \rho_в gV = F_A(\uparrow) - F_A(\downarrow) = \rho_в ghS - F_A(\downarrow) \;\rightarrow\; F_A(\downarrow) = \rho_в ghS - \rho_в gV$

Когда пирамида приклеена, то сила давления на дно аквариума

$$F_д = mg + F_A(\downarrow) = 2{,}7\rho_в\frac{a^3}{3}g + \rho_в g\left(2a^3 - \frac{1}{3}a^3\right) =$$
$$= 2{,}7\cdot 10^3\cdot\frac{10^{-3}}{3}\cdot 10 + 10^3\cdot 10\left(2\cdot 10^{-3} - \frac{1}{3}10^{-3}\right) = 9 + 17 = 26\ \text{Н}$$

Ответ: 26 Н

5. Уровень воды в водохранилище гидроэлектростанции находится на 200 м выше турбины гидрогенератора. Мощность одного гидрогенератора на этой ГЭС составляет 600 МВт, его КПД 95%; диаметр водовода, направляющего поток воды на генератор, равен 7.5 м, расход воды на один генератор 360 м^3/с. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2. Определите, на сколько повышается температура воды сразу за плотиной ГЭС.

Решение:

Вода в водохранилище гидроэлектростанции обладает запасом потенциальной энергии $W = mgh$. Этот запас расходуется на совершение работы против сил вязкого трения в водоводе (что и приводит к нагреванию воды) и элементах гидротурбины, на вращение самой гидротурбины и на сообщение кинетической энергии водяному потоку. Для данного случая закон сохранения энергии записывается в виде:

$$mgh = cm\Delta T + \frac{Nt}{\eta} + \frac{mv^2}{2}\quad (1)$$

где η — КПД гидрогенератора, c — удельная теплоемкость воды, ΔT – разность температур воды до и после плотины, h – уровень воды за плотиной, v – скорость потока воды в водоводе.

Расход воды через водовод равен $G = \frac{V}{t} = Sv = \frac{\pi d^2}{4}v$, где V — объем воды, проходящий через турбину в единицу времени, S – площадь водовода, d – его диаметр.

Необходимо отметить, что в водоводе скорость потока одинакова по всей длине вследствие несжимаемости воды и неразрывности струи.

Поскольку $m = \rho V = \rho Gt$ и $v = \frac{4G}{\pi d^2}$, то выражение (1) можно переписать в виде

$$gh = c\Delta T + \frac{N}{\eta G\rho} + \frac{\left(\frac{4G}{\pi d^2}\right)^2}{2}.$$

Откуда

$$\Delta T = \frac{gh}{c} - \frac{N}{\eta G\rho c} - \frac{\left(\frac{4G}{\pi d^2}\right)^2}{2c} = \frac{10\cdot 200}{4200} - \frac{600\cdot 10^6}{0{,}95\cdot 360\cdot 1000\cdot 4200} - \frac{(4\cdot 360)^2}{(\pi\cdot 7{,}5)^2\cdot 2\cdot 4200} \approx 0{,}05\ {}^\circ\text{C}$$

Ответ: $\Delta T \approx 0{,}05\ {}^\circ\text{C}$