

Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, заключительный этап, 2016/17 год

ЗАДАЧА 1. Пружину «слинки» удерживают за верхний виток так, что её нижний виток находится на высоте $h = 1$ м над уровнем пола, а длина самой пружины, растянутой силой собственного веса, равна $l = 1,5$ м. Пружину отпускают. Через какое время τ она упадёт на пол? В нерастянутом состоянии витки пружины плотно прилегают друг к другу, не оказывая при этом давления друг на друга, а длина пружины составляет $l_0 = 6$ см. Витки тонкие. При схлопывании пружины витки между собой соударяются неупруго, и к моменту падения она успевает схлопнуться. Ответ дать с точностью 0,02 с.

$$\tau \approx 0,02 \text{ с} = \left(\frac{g}{l} + g \right) \frac{h}{g} \sqrt{l} = \dots$$



ЗАДАЧА 2. В приближении адиабатической атмосферы оцените:

- 1) высоту H атмосферы Земли;
- 2) высоту h_0 нижней кромки облаков.

Температура на поверхности Земли $t_0 = 27^\circ\text{C}$, а относительная влажность воздуха $\varphi = 80\%$. Считайте, что $h_0 \ll H$.

Таблица зависимости давления насыщенного водяного пара от температуры:

$t, ^\circ\text{C}$	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
$P_H, \text{мм.рт.ст.}$	7.01	8.05	9.21	10.5	12.0	13.6	15.5	17.5	19.8	22.4	25.2	28.4	31.8

Указание. Адиабатической называется атмосфера, в которой порции газа, перемещаясь по вертикали без теплообмена, всё время остаются в механическом равновесии.

Примечание. Воздух можно считать идеальным двухатомным газом с молярной массой $\mu = 29$ г/моль.

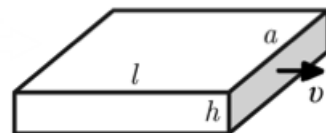
$$H \approx \frac{RT_0}{\mu g} \approx 30 \text{ км}; \quad h_0 \approx 430 \text{ м} \quad (1)$$

ЗАДАЧА 3. Заряд Q равномерно распределён по поверхности диэлектрической тонкостенной закреплённой трубы радиуса R и длиной H . Бусинка с тем же по знаку зарядом может свободно скользить по тонкой непроводящей спице, совпадающей с диаметром серединного (равноудаленного от торцов) сечения.

Найдите период T малых колебаний бусинки относительно положения равновесия. Удельный заряд бусинки $\gamma = q/m$ считать известным.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{\gamma} \left(\frac{1}{2H} + \frac{1}{2R} \right) \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}} \quad (1)$$

ЗАДАЧА 4. Модель морского магнетогидродинамического двигателя, установленного под днищем катера (см. рис.), представляет собой прямоугольный канал ($a = 1$ м, $l = 2$ м, $h = 10$ см). К хорошо проводящим плоскостям hl подключён идеальный источник постоянного тока с ЭДС $\mathcal{E} = 100$ В. Магнитное поле $B = 1$ Тл пронизывает канал перпендикулярно непроводящим плоскостям al . При движении катера с таким двигателем с постоянной скоростью u измерена скорость вытекающей относительно катера воды $v = 10$ м/с.



Удельное сопротивление морской воды $\rho = 1 \cdot 10^{-2}$ Ом · м, её плотность $\rho_B = 1000$ кг/м³. Найти скорость движения катера, силу тяги, полезную мощность и КПД двигателя.

$$60,0 \approx \frac{v_B a - \mathcal{E}}{v_B l} = u; \text{ в } \Gamma = n L = P; \text{ Н } z = (n - a) a h v_B d = L; \text{ с } / \text{ м } 8 = (v_B a - \mathcal{E}) \frac{v_B d d}{2 B l} - z^2 \sqrt{v^2} = n$$

ЗАДАЧА 5. Как известно, Солнце не является точечным источником света, а имеет малый угловой диаметр (при наблюдении с Земли) $2\delta = 0,52^\circ$. Этот факт приводит к тому, что область полной тени за Землёй оказывается конечной.

1. Пусть рефракция (явление преломления солнечных лучей в земной атмосфере) отсутствует. На каком расстоянии L_1 от Земли ещё будет наблюдаться полная тень? Найдите продолжительность полного лунного затмения в этом случае.
2. В действительности рефракция оказывает существенное влияние на размер области полной тени. Пусть атмосфера Земли имеет приведённую высоту $h = 8$ км и средний показатель преломления $n = 1,00028$.

Полагая, что границу тени образуют лучи, идущие по касательной к поверхности Земли, определите, на каком максимальном расстоянии L_2 теперь будет наблюдаться полная тень. Какая часть площади лунного диска окажется затемнена?

Радиус Земли $R = 6400$ км, ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с², угловой диаметр Луны равен угловому диаметру Солнца 2δ , период обращения Луны вокруг Земли $T_0 = 27,3$ сут.

$$1. L_1 = \frac{R}{\delta} \approx 1,4 \cdot 10^6 \text{ км}, L_2 \approx 1,6 \cdot 10^6 \text{ км}; \text{ ч } 2. L_2 = \frac{R}{\delta} \sqrt{\frac{2}{1-n}} \approx 4,08 \cdot 10^5 \text{ км}, \varepsilon \approx 0,048$$