

# Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, заключительный этап, 2016/17 год

ЗАДАЧА 1. Пружину «сlinky» 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  $\tau$  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.



$$\tau = \sqrt{\frac{2}{g} \left( \frac{g}{l} + H \right)} = \dots$$

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.

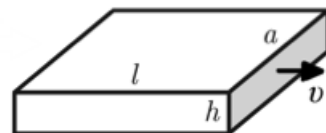
$$H \approx \frac{RT_0}{2\mu g} \approx 30 \text{ км}; \quad h_0 \approx 430 \text{ м} \quad (1)$$

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.

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

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  $\cdot$  м, её плотность  $\rho_B = 1000$  кг/м<sup>3</sup>. 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/с<sup>2</sup>, угловой диаметр Луны равен угловому диаметру Солнца  $2\delta$ , период обращения Луны вокруг Земли  $T_0 = 27,3$  сут.

$$1. L_1 = \frac{R}{\delta} = 1,4 \cdot 10^6 \text{ км}, L_2 \approx 1,6 \cdot 10^7 \text{ км}; 2. L_2 = \frac{R}{\delta} \sqrt{\frac{2}{1-n}} \approx 4,08 \cdot 10^5 \text{ км}, \varepsilon \approx 0,048$$