

# Межведомственная олимпиада по физике

11 класс, 2022 год

1. Мальчик съехал на санках с горы и въехал на горизонтальную дорогу, покрытую льдом. Коэффициент трения между полозьями санок и льдом  $\mu_1 = 0,05$ . Длина полозьев  $l = 1$  м. Потом ледяная поверхность резко закончилась и началась снежная дорога. Коэффициент трения между полозьями санок и снегом  $\mu_2$ . В тот момент, когда расстояние от правого конца полозьев до начала стыка покрытия составляло  $l$ , модуль скорости санок составил  $v = 2$  м/с. При каком максимальном значении коэффициента трения  $\mu_2$  санки полностью въедут на снежную дорогу.

$$\mu_2 = 0,25$$

2. Во вселенной существуют нейтронные звезды, у которых масса немногим больше массы Солнца, а диаметр около 20 км. Они состоят в основном из нейтронов. У некоторых из них есть очень сильное магнитное поле с индукцией достигающей  $10^{11}$  Тл. Их называют магнитарами. Когда космический корабль пролетал вблизи магнитара, из-за столкновения с небольшим метеоритом оторвалась защитная крышка иллюминатора. Оцените ускорение, с которым будет падать крышка на звезду после отделения в тот момент, когда расстояние от нее до звезды  $R = 1000000$  км, а индукция магнитного поля звезды  $B = 5 \cdot 10^3$  Тл. Масса звезды  $M = 2,8 \cdot 10^{30}$  кг, электрическая постоянная  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м, гравитационная постоянная  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  м<sup>3</sup> · с<sup>-2</sup> · кг<sup>-1</sup>. Силовые линии магнитного поля перпендикулярны направлению на центр звезды. Крышка металлическая и плоская объемом  $V = 1$  дм<sup>3</sup> и массы  $m = 10$  кг. (Считайте, что плоскость крышки параллельна силовым линиям поля.)

$$\frac{GM}{R^2(1+\epsilon_0 B^2 l m^{-1})} = a$$

3. В теплоизолированный сосуд, закрытый теплоизолированным поршнем, помещена смесь водяного пара и воды при температуре  $T$  кельвинов (масса воды много меньше массы пара). Поршень сместили, в результате объем системы уменьшился, температура пара возросла на  $\Delta T$ , причем  $\Delta T \ll T$ , а часть воды испарилась. Найти отношение массы испарившейся воды к массе пара в исходном состоянии. Удельная теплота испарения при температуре  $T$  равна  $\lambda$  Дж/кг, пар можно считать идеальным газом с молярной теплоемкостью при постоянном объеме равной  $C_V$  Дж/(моль · К). Теплоемкостью воды пренебречь. Также известно, что малые относительные изменения температуры  $\Delta T/T$  связаны с относительными изменениями давления насыщенного пара  $\Delta p/p$  соотношением  $\Delta p/p = k\Delta T/T$ , где  $k$  — положительная константа. Молярная масса воды  $\mu$  кг/моль.

$$\mu \Delta T \approx \Delta p \frac{\mu}{p} \approx \Delta p \frac{\mu}{k\Delta T} = \Delta p \frac{\mu}{k\Delta T} = \frac{\mu}{k} = \mu$$

4. В океанологии при исследовании солевых и температурных стратификаций Мирового океана используется понятие «частоты плавучести» — частоты колебаний элемента жидкости, смещенного по вертикали из положения равновесия. Найти «частоту плавучести»  $N$  маленького шарика, находящегося в слое жидкости с линейно возрастающей с увеличением глубины плотностью. Толщина слоя  $L$ , разность плотностей на его границах  $\Delta\rho$ . Шарик находится в равновесии на глубине, где плотность жидкости равна  $\rho$ .

$$N = \sqrt{\frac{g}{\rho} \frac{\Delta\rho}{L}}$$

5. Группа специального назначения захватила секретную лабораторию, в которой был обнаружен прототип дрона, имеющего форму диска диаметром  $d$  и массой  $m$ , нижняя поверхность которого нагревается до температуры  $T$ , а верхняя поддерживается при температуре окружающей среды  $T_0$  ( $T_0 < T$ ). При какой величине  $T$ , дрон сможет взлететь? Атмосферное давление у поверхности Земли  $P$ .

$$\boxed{\frac{1}{z} \left\{ 1 + \frac{z P \pi d}{6 m \psi} \right\} \theta L \leq L}$$