

Олимпиада «Высшая проба» по физике

10 класс, 2023 год

1. Маленький грузик подвешен на невесомой и нерастяжимой нити длиной $L = 6$ м. В начальный момент времени грузику, находящемуся в нижней точке, сообщили горизонтальную скорость, равную $V = 15$ м/с. Определите, на какую максимальную высоту в процессе движения сможет подняться груз. Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

$$m g H \approx H$$

2. Абсолютно круглая и однородная планета покрыта слоем воды. Вследствие процессов радиоактивного распада в породе, из которой состоит планета, она медленно нагревается. Выделение тепла происходит равномерно во времени. Температура планеты в начальный момент измерения равна 5°C , в этот момент толщина слоя воды равна $H = 60$ м.

1. При какой температуре планеты вся вода испарится?
2. С момента, когда вся вода испарилась, наблюдения продолжались до момента, когда температура достигла $T_f = 180^\circ\text{C}$. Какую долю тепла, выделившегося при радиоактивном распаде, вобрал в себя пар в результате этого процесса?

В таблице приведена зависимость давления насыщенных паров воды от температуры. Масса планеты равна массе Земли ($M = 6 \cdot 10^{24}$ кг), радиус совпадает с радиусом Земли, $r = 6400$ км. Удельная теплоёмкость породы планеты $c_{\text{п}} = 0,5$ кДж/(кг·К). Универсальная газовая постоянная $R = 8,3$ Дж/(моль·К). В каждый момент времени считать, что на планете установлено полное тепловое равновесие. Тепловым излучением планеты, расширением породы планеты при нагреве и потерей газа в космос пренебречь. При вычислениях приближённо считать, что давление насыщенного пара при 5°C равно нулю.

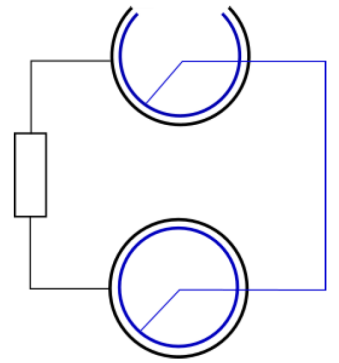
| T, °C | P, МПа |
|-------|--------|
| 5 | 0.007 |
| 100 | 0.1 |
| 120 | 0.2 |
| 134 | 0.3 |
| 144 | 0.4 |
| 152 | 0.5 |
| 159 | 0.6 |
| 165 | 0.7 |
| 170 | 0.8 |
| 175 | 0.9 |
| 180 | 1.0 |

$$T = 159^\circ\text{C} \approx 160^\circ\text{C}$$

3. У очень дешёвых строителей не оказалось рулетки, зато оказалась маленькая пушка, которая может стрелять с одной и той же скоростью вылета снаряда в разных направлениях. Её поместили на пол в один из углов комнаты и смогли определить, что она на пределе возможностей может попасть точечным снарядом в самый дальний угол от неё. Для того, чтобы попасть в этот угол, она должна выстрелить под углом $\beta = 60^\circ$ к горизонту, а чтобы попасть в самый близкий угол она должна выстрелить под углом $\alpha = 10^\circ$ к горизонту. Определите площадь стен в квартире, если площадь пола комнаты равна $S_{\text{пола}} = 20$ м². Размеры пушки малы по сравнению с размером комнаты, из площади стен не исключать дверь и окно.

$$S \approx 55 S_{\text{пола}} \approx 1100 \text{ м}^2$$

4. В схеме, приведенной на рисунке, соединены 2 одинаковых по размерам цилиндрических конденсатора с малым расстоянием между обкладками. При этом на каждой из пластин верхнего конденсатора вырезана четверть окружности. Определите какое количество теплоты выделится на резисторе при повороте пластин верхнего конденсатора на полный оборот. Суммарный заряд на обкладках конденсаторов q_0 и $-q_0$, а ёмкость нижнего конденсатора в начальный момент времени C , сопротивление резистора R . Поворот конденсаторов происходит двумя рывками по пол оборота. Длительность рывков мала по сравнению с $\tau = RC$, а время между рывками велико по сравнению с τ .



$$\frac{Q}{q_0} \approx \frac{C}{C} = 1$$

5. Микроорганизмы перемещаются в водной среде за счет циклического изменения своей формы (например, движение жгутиков). Оцените, какое расстояние проплывет бактерия до полной остановки (после прекращения изменения своей формы), если ее размер $R = 1$ мкм, а скорость $u = 30$ мкм/с. Кинематическая вязкость воды $\nu = 10^{-2}$ см²/с. Считайте, что при данных условиях тормозить бактерию будет сила, пропорциональная её скорости.

$$\Delta x \approx \frac{u}{\nu} R^2 \sim 10^3 \text{ мкм}$$