

Олимпиада «Формула Единства» / «Третье тысячелетие»

Физика, 11 класс, 2023 год

1. Муравей бежит с постоянной скоростью v по горизонтальной поверхности. На его пути находится конический холм, вертикальное осевое сечение которого имеет вид равностороннего треугольника со стороной L . Как должен двигаться муравей, чтобы, преодолев холм, оказаться в противоположной точке основания холма за минимальное время? Определите это время t .

Примечание. Скорость муравья считайте неизменной.

$$a/\zeta^{\wedge}T = t$$

2. Малоизвестная, но совершенно правдивая история, случившаяся с бароном Мюнхгаузенем. Однажды барон прокопал шахту от северного полюса до самого центра Земли. На всякий случай прихватил с собой пушку и ядро. Достигнув центра Земли, барон решил вернуться назад таким способом. Поджёг запал, вскочил на ядро и вылетел на поверхность.

Какова была скорость ядра с бароном в момент старта, если Мюнхгаузен смог теперь пове-
дать эту историю?

Примечание. Землю считайте однородным шаром, радиус Земли примите равным 6400 км, ускорение свободного падения у поверхности Земли — $9,8 \text{ м/с}^2$, силами сопротивления пренебрегите, в эту историю искренне верьте.

$$c/\text{мж } 6'2$$

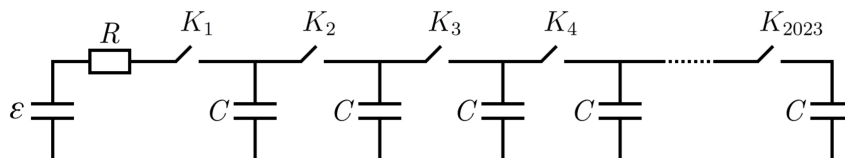
3. Жилой дом обогревается двухблочным кондиционером («сплит-система»), работающим в режиме теплового насоса и потребляющего $P = 1,5 \text{ кВт}$ электроэнергии. Его эффективность в $n = 5$ раз меньше, чем у идеальной тепловой машины, работающей по обратному циклу Карно в тех же условиях. Из-за теплопроводности стен и окон тепло уходит из дома со скоростью, пропорциональной разнице температур в доме и на улице, с коэффициентом пропорциональности $\alpha = 400 \text{ Вт/К}$. Чему равна температура на улице, если температура в помещении $+27^\circ\text{C}$?



Примечание. Тепловой насос — машина, забирающая тепло при низкой температуре (у «холодильника») и отдающая его при высокой температуре («нагревателю») за счёт совершения внешними силами работы. Эффективность теплового насоса в режиме обогревателя рассчитывается как отношение полученного «нагревателем» тепла к совершённой внешними силами работе, в данном случае — к затраченной электроэнергии.

$$C \circ 71$$

4. В двух одинаковых цепях, схема которых изображена на рисунке, в начальный момент все конденсаторы не заряжены и все ключи разомкнуты. В цепях начинают по очереди замыкать ключи: в первой — от ключа K_1 к ключу K_{2023} ($K_1 \rightarrow K_{2023}$), во второй — в обратном порядке ($K_1 \leftarrow K_{2023}$), выжидая каждый раз достаточно длительное время, чтобы конденсаторы перезарядились. Во сколько раз количество теплоты, которое выделится на резисторе R после замыкания последнего ключа (K_{2023}) в первой схеме, меньше количества теплоты, выделяющегося на том же резисторе при замыкании ключа K_1 во второй?



Примечание. Внутренним сопротивлением источника пренебрегите.

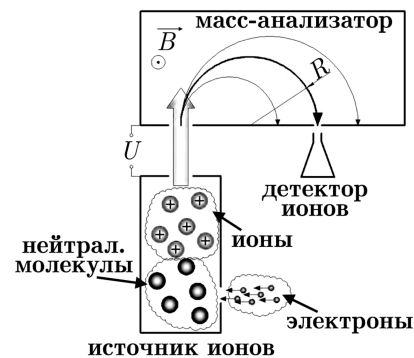
$$4,09 \cdot 10^6$$

5. Проволочное кольцо радиуса r , обладающее электрическим сопротивлением R , находится в однородном магнитном поле. Линии индукции перпендикулярны плоскости кольца, а модуль изменяется по гармоническому закону $B = B_0 \cos(\omega t)$. Индуктивность кольца пренебрежимо мала. Определите максимальное значение силы натяжения кольца.

$$T_{\max} = \frac{B_0^2 \pi^2 r^3 \omega}{2R}$$

6. На рисунке представлена блок-схема простейшего масс-спектрометра. Принцип работы данной установки можно описать так:

1. в источнике ионов нейтральные атомы или молекулы ионизуются электронным ударом;
2. получившиеся ионы ускоряются разностью потенциалов U и попадают в масс-анализатор;
3. в масс-анализаторе ионы оказываются в области однородного магнитного поля B , причём скорости частиц перпендикулярны линиям индукции магнитного поля;
4. далее, через узкую щель ионы попадают в детектор.



Считая детектор неподвижным относительно масс-анализатора, найдите, во сколько раз необходимо изменить индукцию магнитного поля B_2/B_1 , чтобы в детектор попадали ионы той же массы, что и при магнитном поле B_1 , но с зарядом, на единицу большим (в единицах элементарного заряда).

Примечание. Учитывайте при расчёте, что скорость ионов на выходе из источника (до ускорения электрическим полем) равна нулю. Заряд ионов, которые попадали в детектор в магнитном поле B_1 , равен Ze , где $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, Z примите равным 18.

$$326'0$$