

Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, финал, 2006/07 год

ЗАДАЧА 1. В вакууме на расстоянии $L = 10$ см друг от друга находятся протон p^+ и антипротон p^- . Обе частицы имеют одинаковые массы $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг и одинаковые по модулю заряды $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл. В первый момент частицы неподвижны. При сближении частиц на расстояние $x = 10^{-13}$ м происходит их аннигиляция с рождением γ -квантов.

- 1) Какие скорости будут иметь частицы при таком сближении?
- 2) Через какое время произойдёт аннигиляция частиц?
- 3) Нужно ли при решении задачи учитывать гравитационные силы, действующие между частицами? Ответ поясните расчётом.

Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 0,885 \cdot 10^{-11}$ Кл²/(Н · м²).

Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н · м²/кг².

$$\text{дэн } (\epsilon : \text{см } \Delta g = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot \Delta x}{\epsilon \cdot \text{Тш } 0 \cdot \epsilon \cdot x} \wedge = \epsilon \cdot (\epsilon : \text{см } 901 \cdot \Delta \Gamma \Gamma = \frac{x \text{ш } 0 \cdot \epsilon \cdot \Delta \wedge}{\epsilon} = a \text{ (Г$$

ЗАДАЧА 2. На горизонтальной плоскости с коэффициентом трения μ находятся два одинаковых малых диска с гладкой боковой поверхностью. Первый диск покоился, а второй налетел на него со скоростью \vec{v} в момент удара. Считая столкновение дисков упругим, но не обязательно лобовым, найдите, на каком расстоянии окажутся диски к моменту их остановки, если первый диск остановился, пройдя расстояние x_1 . Чему равны наибольшее и наименьшее возможные конечные расстояния между дисками при данных значениях модуля скорости v и коэффициента трения μ ?

Размерами дисков пренебречь. Ускорение свободного падения g .

$$\frac{\epsilon \wedge}{s} = \text{цш } \epsilon \cdot s = \text{хш } \epsilon \cdot \frac{\epsilon \cdot \Delta \epsilon}{\epsilon} = s \cdot \epsilon \Gamma \Gamma \cdot \epsilon \cdot s + \Gamma \text{ш } \epsilon - \frac{\Gamma \cdot \epsilon \cdot \Delta \wedge}{\epsilon} \wedge = \epsilon$$

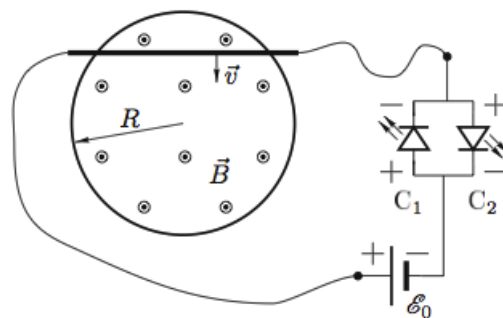
ЗАДАЧА 3. ТЭЦ снабжает жилой район горячей водой под высоким давлением, имеющей на выходе из котельной температуру $t_0 = 120$ °С. Вода течёт по стальной трубе радиусом $R = 20$ см, покрытой теплоизолирующим слоем минеральной ваты толщиной $h = 4$ см и расположенной на открытом воздухе. Расход воды $\mu = 100$ кг/с. Температура окружающего воздуха $t_b = -20$ °С. Коэффициент теплопроводности ваты $\chi = 0,08$ Вт/(м · К). Коэффициент теплопроводности стали на несколько порядков больше, чем у минеральной ваты. Найдите температуру воды на конце теплотрассы в двух случаях:

- 1) длина теплотрассы $L_1 = 10$ км;
 - 2) длина теплотрассы $L_2 = 100$ км.
- Удельная теплоёмкость воды $c = 4200$ Дж/(кг · К).

Примечание. Количество теплоты Δq , проходящее через слой вещества площадью S и толщиной h за время Δt при разности температур ΔT , определяется соотношением $\Delta q = \chi \frac{S}{h} \Delta T \Delta t$, где χ — коэффициент теплопроводности.

$$\text{С } \circ \text{ ш } \approx \epsilon \cdot \Gamma \cdot \text{С } \circ \text{ ш } \approx \Gamma \cdot \Gamma \cdot \frac{y \cdot \Gamma \circ}{(y + \Gamma \cdot \Gamma) \cdot \chi} = \nu \cdot \epsilon \Gamma \Gamma \cdot \Gamma \circ - \epsilon (\Gamma \Gamma - 0 \Gamma) + \Gamma \Gamma = \Gamma \Gamma$$

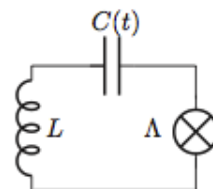
ЗАДАЧА 4. Между круглыми полюсами радиусом $R = 5$ см большого электромагнита, создающего в зазоре однородное магнитное поле с индукцией $B = 1$ Тл, перпендикулярно линиям магнитной индукции движется с постоянной скоростью $v = 10$ м/с металлический стержень (рис.).



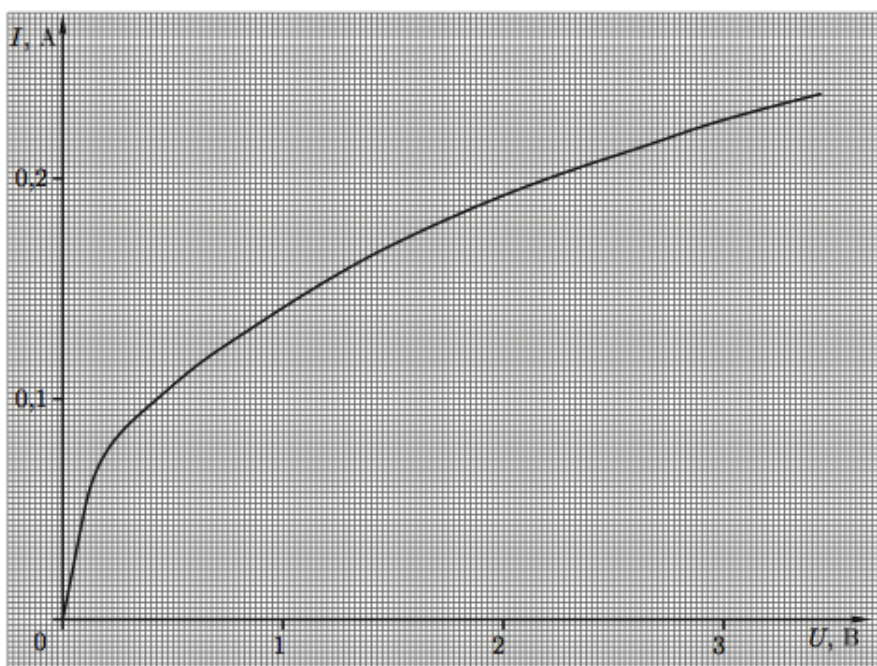
Концы стержня, длина которого больше $2R$, соединены гибкими проводами со схемой, включающей батарею с ЭДС $\mathcal{E}_0 = 0,5$ В и два светодиода C_1 и C_2 , которые горят при напряжении $U \geq 0,25$ В и определённой полярности, указанной на рисунке. Будем считать, что в начальный момент времени стержень касается окружности (т. е. начинает пересекать при своём движении линии магнитной индукции). Определите напряжение $U(t)$ на светодиодах и найдите моменты времени их зажигания и гашения на интервале времени движения стержня в магнитном поле ($0 \leq t \leq 2R/v$). Качественно постройте график зависимости $U(t)$ и укажите на нём интервалы зажигания светодиодов C_1 и C_2 .

См. конспект лекции

ЗАДАЧА 5. В схеме, изображённой на рисунке, ёмкость конденсатора C периодически изменяется путём механического перемещения пластин. Допустим, что вследствие некоторого возмущения в схеме возникли малые колебания с амплитудой напряжения на конденсаторе порядка нескольких милливольт. В момент времени, когда напряжение на конденсаторе максимально, его ёмкость скачкообразно уменьшают на долю $\varepsilon = |\Delta C|/C$. Через четверть периода $\frac{\pi}{2}\sqrt{LC}$ ёмкость скачком увеличивают до прежнего значения; ещё через четверть периода ёмкость вновь скачкообразно уменьшают на долю ε и т. д. При определённых условиях в схеме могут возбудиться незатухающие электрические колебания.



В схему включён нелинейный элемент (лампочка накаливания Λ), вольт-амперная характеристика которой представлена на рисунке.



1) Найдите минимальное значение ε_{\min} , при котором в схеме возбуждаются незатухающие колебания, если $L = 0,1$ Гн, $C = 10^{-7}$ Ф.

2) Найдите амплитуду установившихся колебаний напряжения на лампочке, если $\varepsilon = 3\%$.

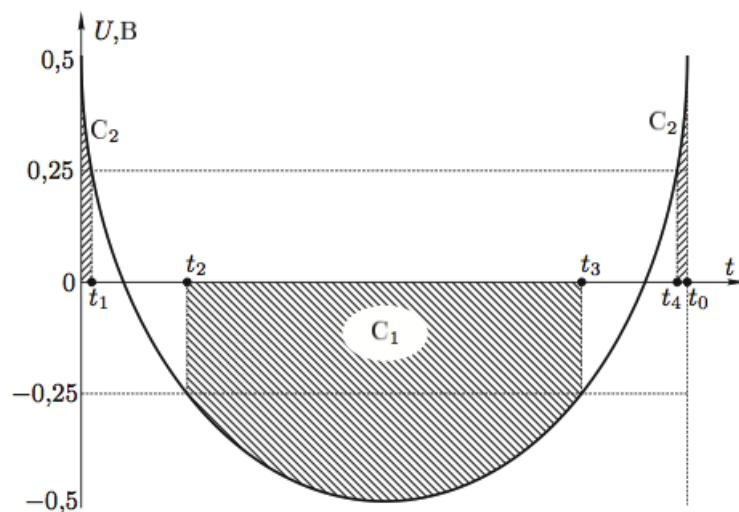
$$\varepsilon_{\min} \approx \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L}{C}} \approx 2,5 \text{ В}$$

Ответ к задаче 4

Напряжение на светодиодах (разность потенциалов между верхней и нижней точками их подключения):

$$U(t) = \mathcal{E}_0 - 2Bv\sqrt{2Rvt - v^2t^2}.$$

График $U(t)$ — полуэллипс ($t_0 = 2R/v$):



Светодиод C_1 светится на интервале $[t_2; t_3]$, где $t_2 = 1,8$ мс, $t_3 = 8,3$ мс.

Светодиод C_2 светится на интервалах $[0; t_1]$ и $[t_4; t_0]$, где $t_1 = 0,15$ мс, $t_4 = 9,85$ мс.