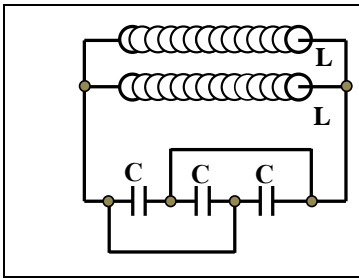
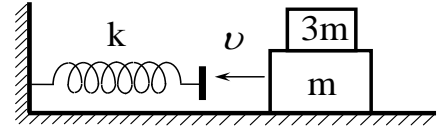


ФИЗИКА ВАРИАНТ № 12

ЗАДАЧА 1.

Два бруска движутся со скоростью v по горизонтальной гладкой поверхности и налетают на упор, соединённый с вертикальной стенкой пружиной жёсткости k . Масса нижнего бруска m , верхнего – $3m$. Определите минимальное значение коэффициента трения μ между брусками, при котором верхний брусок не будет проскальзывать относительно нижнего в процессе сжатия пружины. Массами упора и пружины пренебречь.

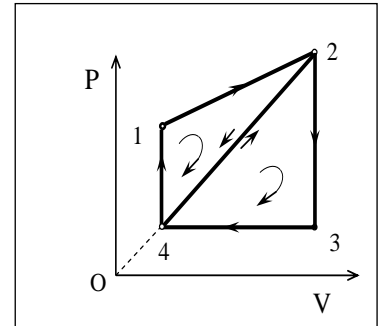


ЗАДАЧА 2.

На какую длину волны настроен изображенный на рисунке колебательный контур, если индуктивность $L = 5 \cdot 10^{-5}$ Гн, а ёмкость каждого конденсатора $C = 33$ пФ?

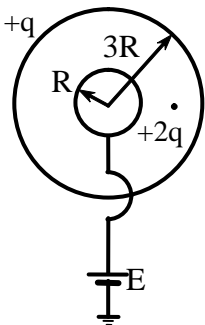
ЗАДАЧА 3.

КПД цикла 1–2–3–4–1. равен η_1 , а цикла 4–2–3–4 равен η_2 . Найдите КПД η_3 цикла 1–2–4–1. Рабочим телом машины является идеальный газ. Участки 4–1 и 2–3 – изохоры, участок 3–4 – изобара. Участки 1–2 и 2–4 –представляют линейную зависимость давления газа от объема.



ЗАДАЧА 4.

В системе, состоящей из двух концентрических проводящих сфер радиусами R и $3R$, внутренняя сфера соединена с землей через источник ЭДС E . Заряд внешней сферы равен $+q$. На расстоянии $2R$ от центра системы находится точечный заряд $+2q$. Зная величины q, E, R , определите заряд внутренней сферы. Потенциал земли принять равным нулю.

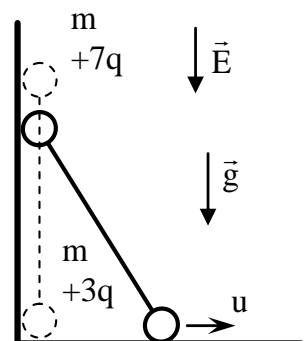


ЗАДАЧА 5.

Энергия атома водорода в основном состоянии равна $E_1 = -13,53$ эВ. Найдите частоту излучения электрона при переходе с четвёртого энергетического уровня на второй.

ЗАДАЧА 6.

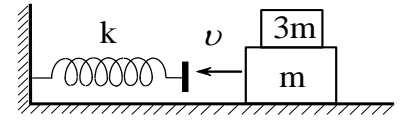
Два маленьких шарика массы m каждый соединены жестким невесомым изолирующим стержнем длины L и размещены вертикально в углу, образованном гладкими плоскостями. Верхний шарик имеет заряд равный $+7q$, а нижний заряд $+3q$. В пространстве, где находятся шарики, создано однородное электрическое поле напряженности E , силовые линии которого направлены вертикально вниз. Нижний шарик смещают вдоль нормали к вертикальной плоскости на очень маленькое расстояние, и гантель начинает двигаться. Найдите скорость нижнего шарика в тот момент, когда верхний шарик оторвется от вертикальной плоскости.



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА
 ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ТУР ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ–2019»
 «ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО: ПРОФЕССОР ЖУКОВСКИЙ»
 ФИЗИКА
 РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА № 12

ЗАДАЧА 1.

Ответ: $\mu = \frac{\nu}{2g} \sqrt{\frac{k}{m}}$.



При сжатии пружины максимальное ускорение брусков $a = \nu \cdot \omega$ (1),

где $\omega = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{k}{m}}$ - циклическая частота колебательной системы.

Максимальная величина силы трения покоя, действующей на верхний брусок, $F_{TP} = \mu \cdot 3mg$ и, следовательно, ускорение верхнего бруска $a_1 = \mu \cdot g$ (2). Из (1) и (2) следует, что верхний

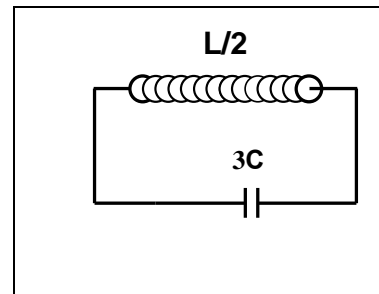
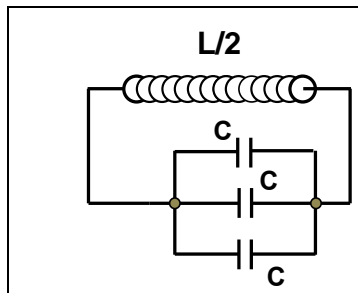
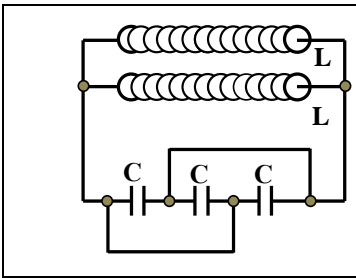
брусок не будет проскальзывать при условии, что $a \leq a_1$. Откуда находим $\nu \leq 2\mu g \sqrt{\frac{m}{k}}$.

Отсюда $\mu = \frac{\nu}{2g} \sqrt{\frac{k}{m}}$.

ЗАДАЧА 2.

Ответ: $\lambda = \pi \nu \sqrt{6LC} = 93 \text{ м}$.

Заменим исходную схему на эквивалентные ей схемы:



Тогда период колебаний контура

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{2} \cdot 3C}.$$

Длина волны, на которую настроен колебательный контур $\lambda = \nu T = 2\pi \nu \sqrt{\frac{3}{2} LC} = \pi \nu \sqrt{6LC}$.

Здесь $\nu = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ - скорость света. Если индуктивность $L = 5 \cdot 10^{-5}$ Гн, а ёмкость каждого конденсатора $C = 33$ пФ, то $\lambda = 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \sqrt{6 \cdot 5 \cdot 10^{-5} \cdot 33 \cdot 10^{-12}} = 93 \text{ м}$

ЗАДАЧА 3.

Ответ: $\eta_3 = \frac{\eta_1 - \eta_2}{1 - \eta_2}$.

Из рисунка видно $\eta_3 = \frac{Q_1 + Q_3 - Q_2}{Q_1 + Q_3} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1 + Q_3}$, откуда найдем $Q_2 = (1 - \eta_3)(Q_1 + Q_3)$

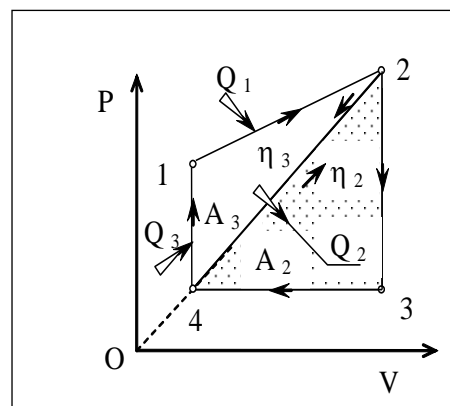
$$\eta_2 = \frac{A_2}{(1 - \eta_3)(Q_1 + Q_3)}$$

Для цикла 1-2-3-4-1 $\eta_1 = \frac{A_2 + A_3}{Q_1 + Q_3}$.

Выразив работы A_2 и A_3 , получим

$$\eta_1 = \frac{\eta_2(1 - \eta_3)(Q_1 + Q_3) + \eta_3(Q_1 + Q_3)}{Q_1 + Q_3} \quad \eta_1 = \eta_2(1 - \eta_3) + \eta_3,$$

откуда $\eta_3 = \frac{\eta_1 - \eta_2}{1 - \eta_2}$.



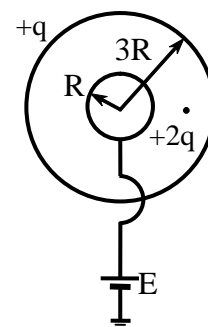
ЗАДАЧА 4.

Ответ: $Q = 4\pi\epsilon_0 RE - \frac{4}{3}q$.

Согласно принципу суперпозиции, потенциал внутренней сферы равен

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{2q}{4\pi\epsilon_0 \cdot 2R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 3R}, \quad \text{откуда находим искомый заряд}$$

внутренней сферы $Q = 4\pi\epsilon_0 RE - \frac{4}{3}q$



ЗАДАЧА 5.

Ответ: $\nu = -\frac{3}{16} \cdot \frac{E_1}{h} = 6,15 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$.

В модели атома водорода Бора энергия атома на n -ом энергетическом уровне $E_n = \frac{E_1}{n^2}$

. Тогда энергия атома на втором энергетическом уровне $E_2 = \frac{E_1}{2^2} = \frac{E_1}{4}$, а на четвёртом

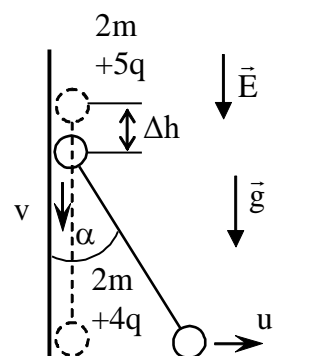
$$E_4 = \frac{E_1}{4^2} = \frac{E_1}{16}. \quad h\nu = E_4 - E_2, \quad \text{откуда} \quad \nu = \frac{E_4 - E_2}{h}.$$

Тогда $\nu = \frac{\frac{E_1}{16} - \frac{E_1}{4}}{h} = \frac{E_1 \left(-\frac{3}{16}\right)}{h} = -\frac{3}{16} \cdot \frac{E_1}{h} = -\frac{3}{16} \cdot \frac{-13,53 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,6 \cdot 10^{-34}} = 6,15 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$

ЗАДАЧА 6.

Ответ: $u = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2(mg + 7qE)L}{3m}}$

Пусть в момент отрыва верхнего шарика от вертикальной плоскости гантель составляет угол α с вертикалью, скорость нижнего шарика – u . Согласно закону сохранения энергии кинетическая энергия гантели



равна убыли потенциальной энергии в поле силы тяжести и электрическом поле. Квадрат скорости нижнего шарика равен

$$u^2 = \frac{2(mg + 7qE)L}{m} (\cos^2 \alpha - \cos^3 \alpha) \quad (1)$$

До момента отрыва верхнего шарика от вертикальной стенки центр масс гантели двигался с горизонтальным ускорением (это ускорение сообщалось силой реакции вертикальной стенки). Поэтому к моменту отрыва верхнего шарика от вертикальной стенки скорость u (а следовательно и горизонтальная составляющая скорости) максимальна. Найдем значение $\cos \alpha$, при котором выражение $\cos^2 \alpha - \cos^3 \alpha$ (смотри формулу (1)) максимально:

$$(x^2 - x^3)' = 2x - 3x^2 = 0 \quad (x = \cos \alpha) \text{ при } x = 2/3, \text{ т.е. } \cos \alpha = 2/3.$$

Подставив это значение $\cos \alpha$ в (1), найдем

$$u = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2(mg + 7qE)L}{m}}$$