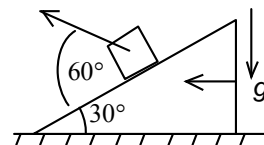


Межрегиональная олимпиада школьников
 "Будущие исследователи – будущее науки" - 2014
 Физика. Финал

РЕШЕНИЯ 11 класс

1. (25 баллов) Клин с углом 30° при основании двигают горизонтально с ускорением, так что ускорение находящегося на клине бруска направлено под углом 60° к наклонной грани клина (см. рисунок). Чему равно ускорение клина? Трение между бруском и клином отсутствует, ускорение свободного падения g считать известным.

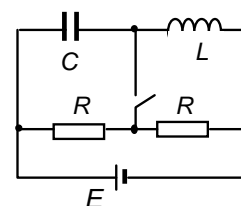


Решение:

Записывая второй закон Ньютона для бруска в проекции на неподвижную ось, параллельную наклонной грани клина (вдоль нее действует только проекция силы тяжести), находим, что проекция ускорения бруска на эту ось равна $g \sin 30^\circ$. Учитывая далее, что вектор ускорения бруска направлен под углом 60° к этой оси, найдем проекцию ускорения бруска на направление, перпендикулярное наклонной грани клина: она равна $g \sin 30^\circ \operatorname{tg} 60^\circ$. Такой же будет, очевидно, и проекция клина на данное направление (в этом направлении брусок и клин движутся вместе). По найденной проекции находим полное (направленное по горизонтали) ускорение клина

$$a_{\text{клина}} = g \operatorname{tg} 60^\circ = g \sqrt{3}.$$

2. (30 баллов) В схеме, приведенной на рисунке, $R = 6 \text{ Ом}$, $C = 1 \text{ мкФ}$, $L = 1 \text{ мГн}$, $E = 12 \text{ В}$, ключ в переключке разомкнут. Найти ток через батарею сразу после замыкания ключа (10 баллов), а также электрическую энергию конденсатора (10 баллов) и магнитную энергию катушки (10 баллов) через большой промежуток времени после замыкания.

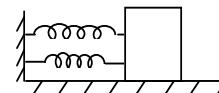


Решение:

До замыкания ключа ток через катушку не идет, напряжение на конденсаторе равно E . Сразу после замыкания ключа ток через катушку останется равным нулю. Станет равным нулю и ток через правый резистор, поскольку напряжение на этом резисторе будет равно разности напряжений на батарее и на конденсаторе, а напряжение на конденсаторе останется равным E . Таким образом, ток через батарею, который можно представить как сумму токов через катушку и правый резистор, сразу после замыкания ключа станет **равным нулю**.

Через большой промежуток времени после замыкания ключа будет идти (практически) постоянный ток E/R через левый резистор и катушку, шунтирующую правый резистор. При этом напряжение на катушке будет равно нулю, а напряжение на конденсаторе и параллельно включенном ему резисторе будет равно E . Энергия конденсатора, следовательно, будет равна $CE^2/2 = 72 \text{ мкДж}$, а магнитная энергия катушки $L(E/R)^2/2 = 2 \text{ мДж}$.

3. (30 баллов) Находящийся на гладком горизонтальном столе брусок массы m прикреплен к стенке двумя пружинами одинаковой жесткости k . В начальный момент брусок удерживается в неподвижном положении, при котором одна пружина недеформирована, а другая – растянута на ΔL . Найти амплитуду (10 баллов) и частоту (10 баллов) колебаний бруска после его освобождения. Какого минимального значения достигает суммарная потенциальная энергия пружин в ходе колебаний (10 баллов)?



Решение:

После освобождения брусок будет колебаться около положения равновесия, в котором одна пружина (которая вначале была растянута на ΔL) оказывается растянутой на $\Delta L/2$, а другая – сжатой на $\Delta L/2$. Действительно, в этом положении полная упругая сила равна нулю. Таким образом, амплитуда колебаний будет равна $\Delta L/2$.

Частота колебаний будет равна $\sqrt{\frac{2k}{m}}$, поскольку брусок движется под действием двух пружин жесткости k каждая.

Суммарная потенциальная энергия пружин достигает минимального значения, равного $k(\Delta L)^2/4$, в моменты прохождения бруском положения равновесия. Действительно, в эти моменты кинетическая энергия бруска достигает максимума.

4. (15 баллов) Как известно, излучаемые антенной электромагнитные волны уносят с собой энергию. Исходя из того, что в свободном пространстве не происходит поглощения энергии, найти зависимость от расстояния амплитуды уходящих от антенны гармонических волн.

Решение:

Поток энергии через сферу радиуса r , в центре которой находится антенна, не должен зависеть от радиуса сферы. Иначе в пространстве между двумя сферами разных радиусов накапливалась бы или исчезала энергия. Поскольку плотность потока энергии пропорциональна квадрату амплитуды волны A , то $A^2 4\pi r^2 = \text{const}$. Отсюда находим, что амплитуда обратно пропорциональна расстоянию, т.е. $A \propto 1/r$.