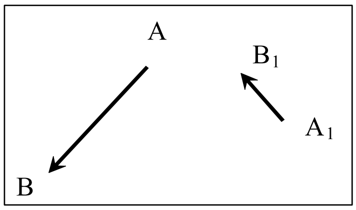
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП – НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СОРЕВНОВАНИЯ ОЛИМПИАДЫ «ШАГ В БУДУЩЕЕ» ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ» ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРЕДМЕТ «ФИЗИКА» ВАРИАНТ № 1

ЗАДАЧА 1



На рисунке показаны предмет AB и его изображение A_1B_1, полученное с помощью линзы. Определите построением положение линзы и её главной оптической оси.

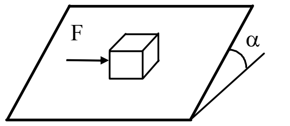
ЗАДАЧА 2

Собственное время жизни некоторой нестабильной частицы равно 10 нс. Какой путь пролетит эта частица до распада в лабораторной системе отсчёта, где её время жизни равно 20 нс?

ЗАДАЧА 3

Упругий шарик бросают со скоростью $\upsilon = 5\ м/с$ под углом $\alpha = 15^o$ к горизонту. Коэффициент восстановления вертикальной составляющей скорости шарика после удара о горизонтальную плоскость, с которой производился бросок, R = 0, 95. Найдите расстояние S от точки бросания , на котором шарик перестанет подпрыгивать, если горизонтальная составляющая его скорости не изменяется. (Коэффициентом восстановления $K = \upsilon_2/\upsilon_1$ называется отношение скорости после удара υ_2 к скорости до удара υ_1)

ЗАДАЧА 4

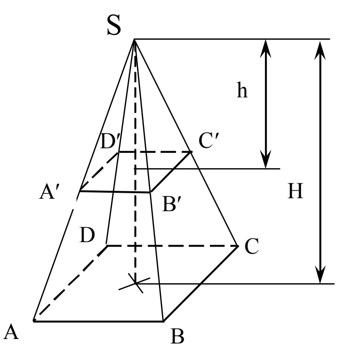


Небольшой кубик массы m = 1 кг покоится на шероховатой плоскости, наклоненной к горизонту под углом $\alpha = 30^o$. Коэффициент трения кубика о плоскость $\mu = 0,7$. Определите минимальную горизонтальную силу F , с которой нужно толкать кубик, чтобы он начал двигаться . Сила лежит в плоскости склона, как показано на рисунке.

ЗАДАЧА 5

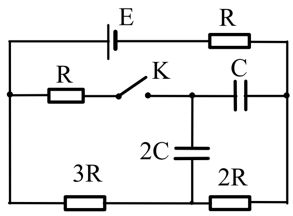
Небольшой шарик массы m =50 г прикреплен к концу упругой нити, жесткость которой k = 63 Н/м. Нить с шариком отвели в горизонтальное положение, не деформируя нити, и осторожно отпустили. Когда нить проходила вертикальное положение, её длина L оказалась равной 1,5 м, а скорость шарика $\upsilon = 3\ м/с$. Найдите силу натяжения нити в этом положении.

ЗАДАЧА 6



Пирамида SABCD высотой H равномерно заряжена по объёму. Потенциал в точке S равен φ_o. От этой пирамиды плоскостью, параллельной основанию, отрезают пирамиду SA′B′C′D′ высотой h = 2/3 H и удаляют её на бесконечность. Найдите потенциал φ в той точке, где находилась вершина S исходной пирамиды.

ЗАДАЧА 7

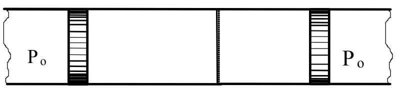


Определите заряд q, протекающий через ключ K при его замыкании в схеме, изображённой на рисунке. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.

ЗАДАЧА 8

Сверхпроводящее кольцо радиуса R, имеющее индуктивность L, расположено в однородном магнитном поле. Первоначально плоскость кольца параллельна вектору магнитной индукции, и ток в кольце равен нулю. Определите величину индукции магнитной B, если известно, что для поворота кольца на угол $\alpha = 90^o$ вокруг оси, проходящей через его диаметр, надо затратить работу, равную A.

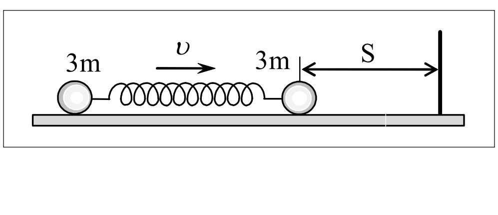
ЗАДАЧА 9



В сосуде укреплена неподвижная перегородка, по обе стороны от которой помещают подвижные поршни. Левая часть сосуда (между перегородкой и левым поршнем) содержит по 0,5 моль водорода и азота , правая (между перегородкой и правым поршнем) часть - один моль воды. Температура системы $t = 100\ ^oC$. Перегородка проницаема для водорода и непроницаема для остальных газов. Определите объём V , левой части сосуда после установления равновесия. Атмосферное давление $Po = 10^5$ Па. Силами трения пренебречь.

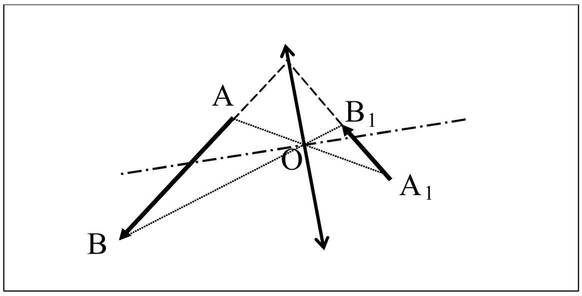
ЗАДАЧА 10

Два одинаковых шарика, имеющих массы 3m, соединены между собой недеформированной пружиной жесткости k, как показано на рисунке. Вся система движется со скоростью υ по горизонтальной плоскости и налетает на вертикальную стену. В момент времени t = 0 правый шарик находился на расстоянии S от стены. Определите интервал времени Δt, через который правый шарик опять окажется на расстоянии S от стены после удара. Удар считать абсолютно упругим. Силами трения и массой пружины пренебречь.



ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СОРЕВНОВАНИЯ ОЛИМПИАДЫ «ШАГ В БУДУЩЕЕ-2015» ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ» ФИЗИКА

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА № 1



ЗАДАЧА 1. (4 балла)

ЗАДАЧА 2. (4 баллов)

Ответ: $\boxed{L = 5{,}2\ м}$.

$L = \upsilon \cdot \Delta t$ в лабораторной системе отсчета.

$\boxed{\Delta t = \dfrac{\Delta t_o}{\sqrt{1-\beta^2}}}$ Откуда $1-\beta^2 = \left(\dfrac{\Delta t_o}{\Delta t}\right)^2$ Следовательно,

$$\boxed{L = c\Delta t\sqrt{1-\left(\frac{\Delta t_o}{\Delta t}\right)^2} = 3\cdot 10^8\cdot 20\cdot 10^{-9}\cdot\sqrt{1-\left(\frac{10}{20}\right)^2} = 5{,}2\ м}$$

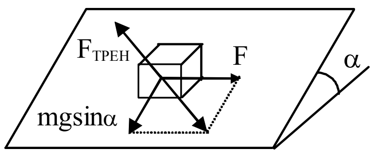
ЗАДАЧА 3. (5 баллов)

Ответ: $\boxed{S = \dfrac{\upsilon^2\sin 2\alpha}{g(1-R)} = 25\ м}$.

Между моментом броска шарика и его первым ударом о плоскость пройдёт время $\boxed{t = \dfrac{2\upsilon\sin\alpha}{g}}$. После удара горизонтальная составляющая скорости шарика не изменится, а вертикальная станет равна $R\upsilon$. Значит, между первым и вторым ударами шарика о плоскость пройдёт время $t_1 = \dfrac{2R\upsilon\sin\alpha}{g}$. Рассуждая аналогично, получим, что между n-ым и (n+1)-ым ударами пройдёт время $t_n = \dfrac{2\upsilon\sin\alpha}{g}R^n$. Полное время T, в течение которого шарик будет продолжать прыгать может быть найдено, как сумма промежутков времени t_n: $T = \sum_{n=0}^{\infty} t_n = \dfrac{2\upsilon\sin\alpha}{g}\sum_{n=0}^{\infty} R^n = \dfrac{2\upsilon\sin\alpha}{g}\cdot\dfrac{1}{1-R}$. Здесь мы использовали формулу для суммы геометрической прогрессии. Так как горизонтальная составляющая скорости шарика во время процесса не изменяется, то для расстояния, которое пропрыгает шарик, получим .$S = \upsilon\cos\alpha T = \dfrac{\upsilon^2\sin 2\alpha}{g(1-R)} = \dfrac{5^2\cdot 1}{10\cdot 2\cdot(1-0{,}95)} = \dfrac{25}{20\cdot 0{,}05} = 25\ м$

ЗАДАЧА 4. (4 балла)

Ответ: $\boxed{F_{\min} = mg\sqrt{(\mu\cos\alpha)^2 - \sin^2\alpha} = 3{,}4\ H}$.



Рассмотрим проекции на наклонную плоскость сил, действующих на кубик. Т.к. мы ищем предельное условие равновесия, сила трения покоя достигает максимальное значение :

$$\boxed{F_{ТРЕН} = \mu N = \mu mg\cos\alpha}$$

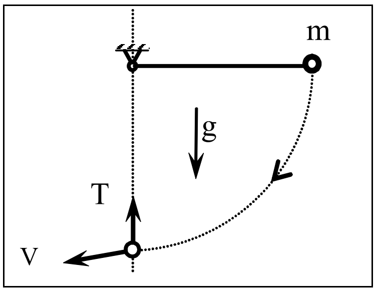
Эта сила уравновешивает равнодействующую двух взаимно-перпендикулярных сил: F и проекции силы тяжести на плоскость- mgsinα

$\boxed{F^2_{ТРЕН} = F^2 + (mg\sin\alpha)^2}$.

Следовательно, $\boxed{F_{\min} = mg\sqrt{(\mu\cos\alpha)^2 - \sin^2\alpha} = 3{,}4\ H}$.

З А Д А Ч А 5. (5 баллов)

Ответ: $\boxed{T=\sqrt{\mathrm{km}(2\mathrm{gL}-\mathrm{v}^2)}=8\ H}$



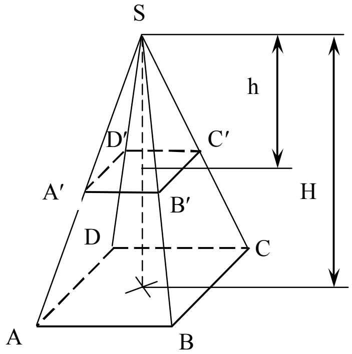
Используя закон сохранения механической энергии, запишем

$\boxed{\mathrm{mgL}=\frac{\mathrm{mv}^2}{2}+\frac{\mathrm{k}\Delta\mathrm{L}^2}{2}}$, откуда $\boxed{\Delta\mathrm{L}=\sqrt{\frac{2\mathrm{mgL}-\mathrm{mv}^2}{\mathrm{k}}}}$/

Сила натяжения нити равна $\boxed{T=k\Delta L=\sqrt{\mathrm{km}(2\mathrm{gL}-\mathrm{v}^2)}=8\ H}$.

З А Д А Ч А 6. (5 баллов)

Ответ: $\boxed{\varphi''=\left(1-\frac{h^2}{H^2}\right)\varphi_0=\frac{5}{9}\varphi_0}$.



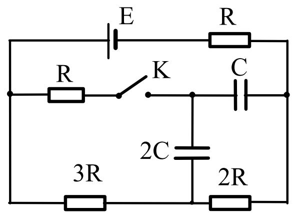
Пусть V, V′, Q, Q′, - объёмы и заряды пирамид SABCD и SA′B′C′D′ соответственно. Так как пирамиды подобны и их заряды пропорциональны объёмам, а объёмы – кубу сходственных высот, то $\frac{V}{V'}=\frac{Q}{Q'}=\frac{H^3}{h^3}$. До того, как часть исходной пирамиды отрезали, потенциал φ_0 в точке S складывался из потенциала φ' пирамиды SA′B′C′D′ и потенциала φ'' оставшейся части ABCDA′B′C′D′, то есть $\varphi_0=\varphi'+\varphi''$. Потенциал, создаваемый в точке S каждой из пирамид, прямо пропорционален их заряду и обратно пропорционален их характерному линейному размеру. Поэтому $\frac{\varphi_0}{\varphi'}=\frac{\frac{Q}{H}}{\frac{Q'}{h}}=\frac{H^2}{h^2}$.

Из двух последних уравнений получаем: $\varphi''=\varphi_0-\varphi'=\left(1-\frac{h^2}{H^2}\right)\varphi_0$.

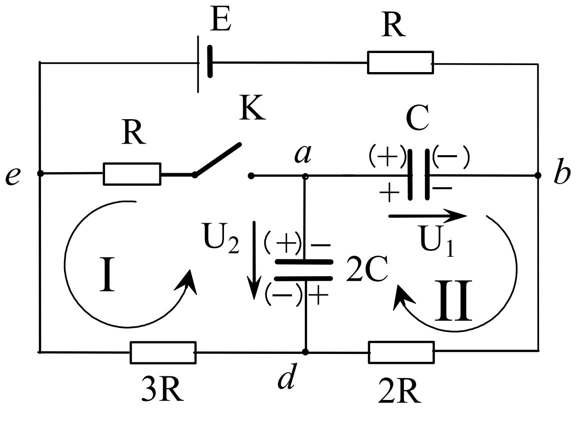
При h =2/3 H, $\varphi''=\left(1-\frac{h^2}{H^2}\right)\varphi_0=\left(1-\frac{4H^2}{9\cdot H^2}\right)\varphi_0=\frac{5}{9}\varphi_0$

З А Д А Ч А 7. (5 баллов)

Ответ: $\boxed{q=\Delta q_1+\Delta q_2=\frac{11}{6}CE}$.



Сила тока при любом положении ключа остаётся неизменной, и её можно определить по второму правилу Кирхгофа при обходе по внешнему контуру: $I(3R+2R+R)=E$. Отсюда следует $I=\frac{E}{6R}$.



При переключении ключа изменятся заряды на конденсаторах. Найдём эти изменения.

Обозначим заряды на конденсаторах C и 2C до замыкания ключа q_1 и q_2, а после замыкания ключа q_1' и q_2', соответственно.

До замыкания ключа:
В разомкнутом положении ключа оба конденсатора соединены последовательно и к ним приложено напряжение, равное падению напряжения на сопротивлении 2R, т.е. $U_{bd} = I \cdot 2R = \frac{E}{3}$.

Полярность обкладок конденсаторов указана на рисунке.
Заряды на конденсаторах C и 2C одинаковы и равны $q_1 = q_2 = q_{БАТ}$.

$$q_{БАТ} = C_{БАТ} \cdot U_{bd} = \frac{2}{3}CU_{bd} = \frac{2}{3}C \cdot I \cdot 2R = \frac{2}{3}C \cdot \frac{E}{6R} \cdot 2R = \frac{2}{9}CE.$$

После замыкания ключа К
Расставим знаки зарядов на конденсаторах, исходя из падений напряжения на сопротивлениях 3R и 2R. По второму правилу Кирхгофа
для **I контура** $adea$:

$$I \cdot 3R - U_2 = I \cdot 3R - \frac{q_2'}{2C} = 0. \quad \text{откуда } q_2' = I \cdot 3R \cdot 2C = \frac{E}{6R}3R \cdot 2C + \frac{E}{3}C = \frac{1}{2}CE + \frac{1}{3}CE = \frac{5}{6}CE.$$

для **II контура** $abda$:

$$-I \cdot 2R + \frac{q_1'}{C} - \frac{q_2'}{2C} = 0;$$

$$q_2' = \left(-I \cdot 2R + \frac{q_1'}{C}\right) \cdot 2C = \left(-\frac{E}{6R}2R + \frac{5E}{6}\right) \cdot 2C = 2C\left(-\frac{E}{3} + \frac{5E}{6}\right) = CE.$$

Заряды на конденсаторах стали $q_1' = \frac{5}{6}CE$; $q_2' = CE$.

Изменения зарядов на конденсаторах (знаки зарядов поменялись на противоположные):

$$\Delta q_1 = q_1' - q_1 = \frac{5}{6}CE - \frac{2}{9}CE = \frac{11}{18}CE.$$

$$\Delta q_2 = q_2' + q_2 = CE + \frac{2}{9}CE = \frac{11}{9}CE.$$

Заряд, который потечёт через ключ, $q = \Delta q_1 + \Delta q_2 = \frac{11}{18}CE + \frac{11}{9}CE = \frac{11}{6}CE$.

З А Д А Ч А 8. (5 баллов)

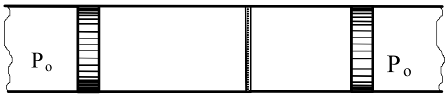
Ответ: $\boxed{B = \frac{\sqrt{2AL}}{\pi R^2}}$

Т.к. сопротивление кольца равно нулю, то суммарная электродвижущая сила в нем должна быть равна нулю. Иначе сила тока, согласно закону Ома, станет бесконечно большой. Следовательно, изменение магнитного потока внешнего магнитного поля равно по модулю и противоположно по знаку изменению магнитного потока, созданного индукционным током: $\boxed{\Delta\Phi = L\Delta I}$. Учитывая, что поток меняется от 0 до $\pi R^2 B$, а индукционный ток меняется при этом от 0 до I, получим $\pi R^2 B = L \cdot I$. Отсюда $I = \frac{\pi R^2 B}{L}$. Кольцо с таким током обладает энергией $W = \frac{L \cdot I^2}{2} = \frac{\pi^2 R^4 B^2}{2L}$. Эта энергия равна работе, совершенной при повороте кольца, $A = W$, т.е. $A = \frac{\pi^2 R^4 B^2}{2L}$. Из последнего равенства найдем $B = \frac{\sqrt{2AL}}{\pi R^2}$.

З А Д А Ч А 9. (6 баллов)

Ответ: $\boxed{V = \frac{2}{3}\frac{RT}{p_o} \approx 20{,}6 \cdot 10^{-3}\,м^3}$

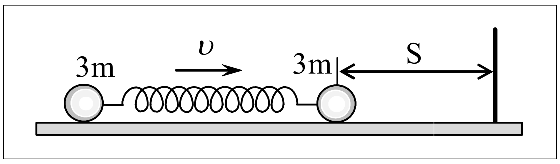
Из условия равенства давлений слева и справа от перегородки, и равенства парциальных давлений водорода, следует, что объёмы, занимаемые азотом и водяным паром, будут пропорциональны их количествам. Количества водорода, находящиеся в разных частях сосуда, пропорциональны их объёмам . Итак, слева от перегородки находятся $\frac{1}{2}$ моль азота и $\frac{1}{3}\cdot\frac{1}{2} = \frac{1}{6}$ моль водорода, всего $\frac{2}{3}$ моль при температуре T = 373K и давлении $P_o = 10^5$ Па. Искомый объём левой части сосуда $V = \frac{2}{3}\frac{RT}{p_o} \approx 20{,}6 \cdot 10^{-3}\,м^3$



З А Д А Ч А 10. (6 баллов)

Ответ: $\boxed{\Delta T = \frac{T}{2} + \frac{2S}{\upsilon} = \pi\sqrt{\frac{3m}{2k}} + \frac{2S}{\upsilon}}$.

С момента *первого* удара шарика о стенку в течение полупериода происходит сжатие и возвращение пружины в недеформированное состояние. Затем происходит *второй* удар, после чего шарики начинают двигаться в обратном направлении с постоянной скоростью υ .



Период $T = 2\pi\sqrt{\frac{3m \cdot 3m}{(3m+3m)k}} = 2\pi\sqrt{\frac{3m}{2k}}$;

$\boxed{\Delta T = \frac{T}{2} + \frac{2S}{\upsilon} = \pi\sqrt{\frac{3m}{2k}} + \frac{2S}{\upsilon}}$.