Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

710018

Шифр ______________________
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету ФИЗИКА
(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника СВИСТУНОВ АНДРЕЙ СЕРГЕЕВИЧ

Город, № школы (образовательного учреждения) Г. ТАМБОВ МАОУ "ЛИЦЕЙ №29", 11 КЛАСС

Регистрационный номер ШМ 6815

Вариант задания ~~22~~ 22

Дата проведения "10" МАРТА 2018 г.

Подпись участника ______________

100 / отл

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
12	12	16	20	20	20					100

Шифр 710018

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 2222

Задача 1

Дано:
$v = 5$ м/с
$\alpha = 15°$
$R = 0{,}95$
$(K = \frac{v_2}{v_1})$
Найти:
S

Решение:

Разобьём всё движение на фрагменты полёта (т.е первая парабола в воздухе, вторая и т.д.) на n частей, тогда $S = \sum_i^n l_i$

Посчитаем первые три части:

$l_1 = v\cdot\cos\alpha\cdot t$, но $\frac{t}{2}g = v\cdot\sin\alpha$,

т.к. в вертикальной точке скорость 0 =>

$l_1 = \frac{2\cdot v\cdot\sin\alpha\cdot v\cdot\cos\alpha}{g} = \frac{v^2\cdot\sin2\alpha}{g}$

После удара скорость становится $v_2 = R\cdot v\cdot\sin\alpha$, т.к. в момент броска и в момент падения по закону сохранения энергии скорости одинаковы, то есть $l_2 = \frac{2\cdot v\cdot\sin\alpha\cdot R\cdot v\cdot\cos\alpha}{g} = \frac{v^2\sin2\alpha\cdot R}{g}$

По аналогии $l_3 = \frac{2\cdot v\cdot\sin\alpha\cdot R\cdot R\cdot v\cdot\cos\alpha}{g} = \frac{v^2\cdot\sin2\alpha\cdot R^2}{g}$, то есть

$l_i = \frac{v^2\cdot\sin2\alpha}{g}\cdot R^{i-1}$, что соответствует формуле i-ого члена геометрической прогрессии, где первый член $b_1 = \frac{v^2\cdot\sin2\alpha}{g}$, а знаменатель $q = R$

Так как необходимо найти S, пройденное до остановки (где S - модуль перемещения), то $n\to\infty$, тогда при условии, что $0<R<1$ формула суммы геометрической прогрессии имеет вид $S_{беск} = \frac{b_1}{1-q}$, то есть

$S = \frac{v^2\cdot\sin2\alpha}{g(1-R)}$ Подставим данные значения

$S = \frac{(5\,м/с)^2\cdot\sin(2\cdot15°)}{9{,}87\,м/с^2\,(1-0{,}95)} = \frac{25000}{9{,}87}м \approx 25{,}33$ м

Ответ: 25,33 м.

Задача 3.

Дано:
M
L, $a = const$
τ, $v_0 = 0$ м/с
Найти:
Q

Решение:

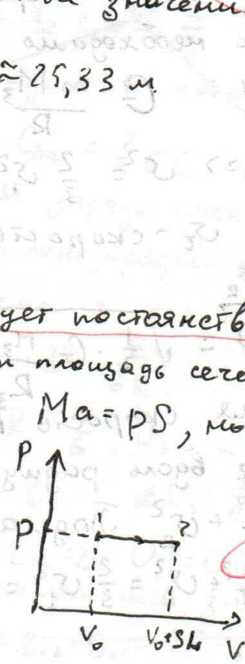
Из постоянства ускорения следует постоянство силы, ~~ускорения~~ действующей на поршень. А т.к. сила постоянна и площадь сечения тоже, то процесс является изобарическим, при чём $Ma = pS$, но $L = \frac{a\tau^2}{2}$, т.к. $v_0 = 0$ м/с =>

=> $a = \frac{2L}{\tau^2}$ => $\frac{2ML}{\tau^2} = pS$

По первому закону термодинамики: $Q = A_г + \Delta U$

При изобарическом процессе

$A_г = p\Delta V = pSL$



Но $pS = \frac{2ML}{\tau^2} \Rightarrow A_г = \frac{2ML^2}{\tau^2}$

(как следствие из ур. Менделеева-Клайперона)

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R \Delta T$, т.к газ одноатомный, но $\nu R \Delta T = \Delta(pV)$, т.к процесс изобарический

$\Delta(pV) = p\Delta V = pSL \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2}pSL = \frac{3}{2}\cdot\frac{2ML^2}{\tau^2} = \frac{3ML^2}{\tau^2}$

Значит $Q = A_г + \Delta U = \frac{2ML^2}{\tau^2} + \frac{3ML^2}{\tau^2} = \frac{5ML^2}{\tau^2}$

Ответ: $Q = \frac{5ML^2}{\tau^2}$

Задача 5

Дано:

$E_1 = 5\cdot10^4$ В/м

$E_2 = 3\cdot10^4$ В/м

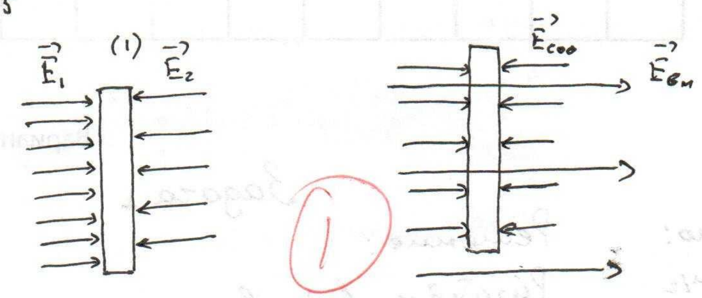
$F = 0{,}7$ Н

Найти:

q

Решение:

$F_э = qE \Rightarrow q = \frac{F}{E_{вн}}$



Картину (1) можно получить лишь в том случае, если пластина заряжена отрицательно и напряжённость, созданного его поля больше напряжённости внешнего поля

Тогда в качестве следствия из принципа суперпозиции полей справа и слева от пластины получим систему:

$$\begin{cases} E_{вн} + E_{соб} = E_1 \\ E_{соб} - E_{вн} = E_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2E_{соб} = E_1 + E_2 \\ E_{вн} = E_{соб} - E_2 \end{cases} \Rightarrow E_{вн} = \frac{E_1 - E_2}{2}, \text{ тогда}$$

$$q = \frac{2F}{E_1 - E_2}$$

$q = \frac{2\cdot 0{,}7\,Н}{5\cdot10^4\,В/м - 3\cdot10^4\,В/м} = 7\cdot10^{-5}$ Кл, но пластина отрицательна поэтому её заряд равен $-7\cdot10^{-5}$ Кл.

Ответ: $-7\cdot10^{-5}$ Кл.

Задача 6

Дано:

$R = 3R_З$

$v_1 = 7{,}9$ км/с

Найти:

v_R

Решение:

Очевидно, что чтобы покинуть поле тяготения Земли ~~скорость~~ кинетическая энергия тела ~~больше~~ должна быть больше либо равна потенциальной энергии гравитационного поля Земли в данной точке, но т.к необходимо найти минимальную скорость примем их равными: $G\frac{mM_З}{R} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v^2 = \frac{2}{3}G\frac{M_З}{R_З}$, но

$v_1 = \sqrt{G\frac{M_З}{R_З}} \Rightarrow v^2 = \frac{2}{3}v_1^2$ (1)

Рассчитаем v_τ - скорость, с которой корабль двигался до сообщения ему v_R

$v_\tau = \sqrt{G\frac{M_З}{R}} = \sqrt{\frac{1}{3}\cdot G\frac{M_З}{R_З}} = \sqrt{\frac{1}{3}}\cdot v_1 \Rightarrow v_\tau^2 = \frac{1}{3}v_1^2$

Если данная скорость направлена по касательной к окружности, а v_R вдоль радиуса, то $\vec{v}_\tau \perp \vec{v}_R \Rightarrow$

$\Rightarrow v^2 = v_\tau^2 + v_R^2$. Подставим это в выражение (1) и получим: $v_\tau^2 + v_R^2 = \frac{2}{3}v_1^2 \Rightarrow v_R^2 = \frac{2}{3}v_1^2 - \frac{1}{3}v_1^2 \Rightarrow v_R = \frac{\sqrt{3}}{3}\cdot v_1$

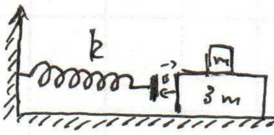
Подставив значение υ_1, получим $\upsilon_k = \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 7{,}9$ км/с $\approx 4{,}561$ км/с.

Ответ: $\approx 4{,}561$ км/с.

Задача 2

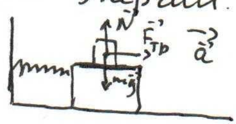
Дано:
υ
k
$3m$
m
Найти:
μ

Решение:



Если проскальзования не наблюдается, то тела движутся с одинаковым ускорением при максимальной силе упругости, действующей на нижний брусок. Найдём максимальную силу упругости. По закону сохранения энергии.

$$\frac{4m\upsilon^2}{2} = \frac{kx^2}{2} \Rightarrow x = \sqrt{\frac{4m\upsilon^2}{k}} = 2\upsilon\sqrt{\frac{m}{k}}$$



Но т.к. ускорение у системы общее можно записать следующее равенство $kx = (m+3m)a \Rightarrow$

$$\Rightarrow 2\upsilon\sqrt{mk} = 4ma \Rightarrow a = \frac{\upsilon}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

Но на верхний брусок действует лишь сила трения (по горизонтали), значит она должна сообщать ему ускорение a:

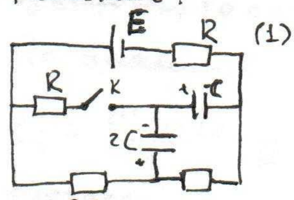
$\mu N = ma$, но $N = mg \Rightarrow \mu = \frac{a}{g} \Rightarrow \mu = \frac{\upsilon}{2g}\sqrt{\frac{k}{m}}$.

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

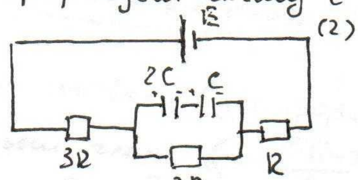
Задача 4

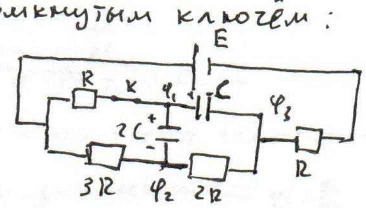
Дано:
C, E
R
(см. схему 1)
Найти:
q_k

Решение:



Перерисуем схему с разомкнутым ключом:





В установившемся режиме ток через конденсаторы не течёт, след-но:

$$I = \frac{E}{3R+2R+R} = \frac{E}{6R}$$

~~(Напряжение на батарее равно напряжению на резисторе 2R => $U_{бат} = I \cdot 2R = \frac{E}{3}$. Так как конденсаторы соединены последовательно, то $\frac{1}{C_{бат}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{2C}$ => $C_{бат} = \frac{2}{3}C$, Следно $q_1 = U_{бат} \cdot C_{бат} = \frac{2}{9}CE$, при чём $q_{12} = q_{11} = q_1$ (заряд на каждом конденсаторе)~~) При чём $q_{11} = q_{12}$ заряды смежных пластин равны по модулю

Замкнём ключ и дождёмся перезарядки конденсаторов (схема 3)

Заметим, что как и на схеме 2 ток течёт лишь через резисторы 3R, 2R и R (правый), значит $I = \frac{E}{6R}$.

Заметим, что $\varphi_1 = E$, $\varphi_3 = IR = \frac{E}{6}$, $\varphi_2 = E - I \cdot 3R = \frac{E}{2}$

Значит: $U_1 = E - \frac{E}{6} = \frac{5E}{6}$, тогда $q_{21} = C \cdot U_1 = \frac{5}{6}CE$

$U_2 = E - \frac{E}{2} = \frac{E}{2}$, тогда $q_{22} = 2C \cdot U_2 = CE$, при чём после перезарядки знаки пластин ~~полярность~~ конденсатора 2C поменялись, значит через ключ K

~~перетёк заряд~~ $\cancel{q_k = q_{12} + q_{22} + q_{21} - q_{11} = q_{22} + q_{21} = CE + \frac{5}{6}CE = \frac{11}{6}CE}$

~~Ответ: $\frac{11}{6}CE$~~ перетёк заряд $q_5 = q_{521} + q_{522} + q_{512} - q_{511} = \cancel{q_{511} + q_{521}}\; q_{522} + q_{521}$, так

как $\cancel{q_{512} = q_{511}}$ $q_{12} = q_{11}$, Подставим значения

$q = CE + \frac{5}{6}CE = \frac{11CE}{6}$

Ответ: $\frac{11CE}{6}$.