

Физикадан РО облыстық кезеңі есептерінің шешімдері (2022-2023 оқу жылы)
11 сынып

Есеп_1 [7 ұпай].

Ілгерілемелі қозғалыс теңдеуін жазамыз

$$(m + M)a = (m + M)g - 2T$$

Айналымды қозғалыс теңдеуін жазамыз

$$(MR^2/2 + mr^2/2)d\omega/dt = 2rT.$$

Бұрыштық және сызықтық үдеулердің арасындағы байланысты жазамыз

$$d\omega/dt = a/r$$

$m \ll M$ екендігін ескеріп бастапқы екі теңдеуді қайта жазамыз

$$Ma_n = 2T_n - Mg \text{ и } (MR^2/2)d\omega/dt = -2rT_n.$$

Керілу қозғалыс бағытына тәуелді түрде өзгермейді.

Керілу күшін табамыз

$$T = (1/2)Mg(1 - a/g)$$

Мазмұны	Ұпайлар
$(m + M)a = (m + M)g - 2T$	1
$(MR^2/2 + mr^2/2)d\omega/dt = 2rT.$	2
$d\omega/dt = a/r$	1
$Ma_n = 2T_n - Mg \text{ и } (MR^2/2)d\omega/dt = -2rT_n.$	1
Керілу қозғалыс бағытына тәуелді түрде өзгермейтіндігі айтылса	1
$T = (1/2)Mg(1 - a/g)$	1
Барлығы	7,0

Есеп_2 [7 ұпай].

Мазмұны	Ұпайлар
<p>1. Тікбұрышты ауданның бір қабырғасының ұзындығы x болсын.</p> $t = \frac{2l}{v_x} \text{ уақытта}$ <p>барлық шариктер ұзындығы y болатын басқа қабырғамен соқтығысып, әрқайсысы $p = 2mv_x$ импульс береді.</p> <p>Орташа күш</p> $f_y = \frac{Np}{t} = \frac{Nmv_x^2}{x}$ <p>x және y осьтері тең құқылы болғандықтан, жылдамдықтардың орташа квадраттары үшін келесі қатынастар орынды болып табылады</p> $v_x^2 = v_y^2 = \frac{v^2}{2}$ $f_y = \frac{Np}{t} = \frac{Nmv^2}{2x}$ <p>Нәтижесінде</p> $f_{xy} = \frac{Nmv^2}{2}$ $fS = NE$	<p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>0,5</p>
<p>2. Қабырғаны ішке қарай l қашықтыққа жылжитқанда. Күш жұмысы, шариктардың энергияларының өзгерісіне жұмсалады</p> $Fl = NE' - NE = F(a - l) - NE$ $l = \frac{Fa - NE}{2F}$ $E' = \frac{Fl}{N} + E = \frac{Fa + NE}{2N}$	<p>1</p> <p>0,5</p>
<p>3. Нақты жағдайда біздің газымыздың екі еркіндік дәрежесі бар.</p> <p>Оның адиабаталық көрсеткіші $\gamma = \frac{i+2}{2} = 2$</p>	<p>1</p> <p>1</p>
<p>Немесе</p> $dA = fydx = fdS = -NdE = -(fdS + dfS)$ $\frac{df}{f} + \frac{2dS}{S} = 0$ $\ln f + 2\ln S = \text{const}$ $fS^2 = \text{const}$	<p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p>
<p>Барлығы</p>	<p>7,0</p>

Есеп_3 [8 ұпай].

Кеңістікті үш аймаққа бөлеміз: бірінші аймақ $x \leq -L$, екінші аймақ $-L < x < L$, үшінші аймақ $x \geq L$.

Екінші аймақта бөлшек тұрақты v_0 жылдамдығымен қозғалады, сондықтан координат басынан L нүктесіне дейін бөлшектің қозғалатын уақыты:

$$t_1 = L/v_0 \quad (1)$$

Бірінші және үшінші аймақтарда бөлшек гармоникалық тербелістің жарты бөлігін орындайды, өйткені, бөлшекке квази-серпімді электр өрісінің күші әсері етеді. Үшінші аймақтағы қозғалыс теңдеуі:

$$ma = -\alpha qx \quad (2)$$

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0, \quad \text{где } \omega^2 = \frac{\alpha q}{m} \quad (3)$$

$$x = L + x_m \sin(\omega t) \quad (4)$$

$$v = v_0 \cos(\omega t) \quad (5)$$

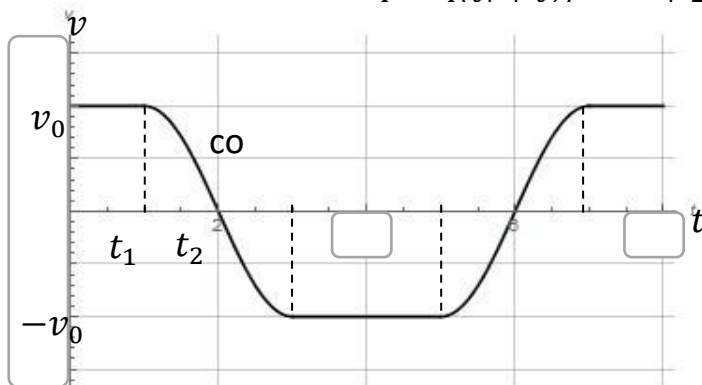
$$v_0 = x_m \omega \rightarrow x_m = v_0 \sqrt{\frac{m}{\alpha q}} \quad (6)$$

Яғни, L нүктесінен бөлшектің x_m нүктесінде тоқтағанға дейінгі қозғалыс уақыты

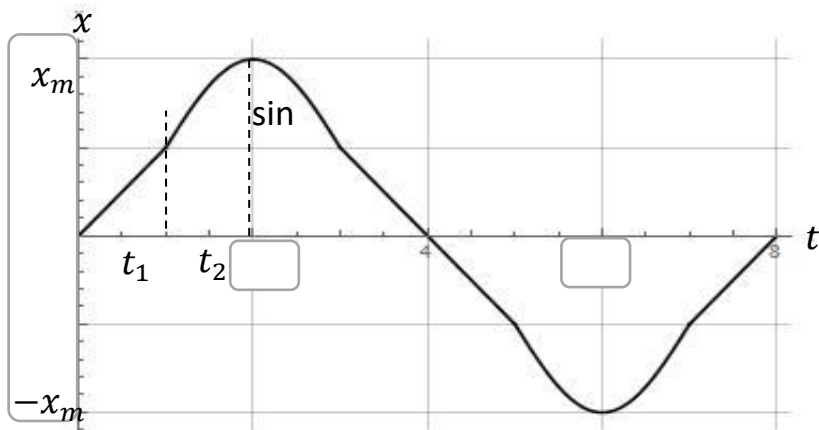
$$t_2 = \frac{T_2}{4} = \frac{\frac{2\pi}{\omega}}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{\alpha q}} \quad (7)$$

Есептің симметриясына байланысты, бөлшектің тербеліс периоды

$$T = 4(t_1 + t_2) = \frac{4L}{v_0} + 2\pi \sqrt{\frac{m}{\alpha q}} \quad (8)$$



1-ші график



2-ші график

$L = 0$ кезінде:

1. Жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графигі — косинус.
2. Координаттың уақытқа тәуелділік графигі — синус.
3. Тербеліс периоды $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$.

Мазмұны	Үпайлар
Формула (1) $t_1 = L/v_0$	0,5
Формула (2) $ma = -\alpha q x$	0,5
Формула (3) $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$, бұл жерде $\omega^2 = \frac{\alpha q}{m}$	0,5
Формула (4) $x = L + x_m \sin(\omega t)$	0,5
Формула (5) $v = v_0 \cos(\omega t)$	0,5
Формула (6) $v_0 = x_m \omega \rightarrow x_m = v_0 \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$	0,5
Формула (7) $t_2 = \frac{T_2}{4} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$	0,5
1-ші график	1
2-ші график	1
Формула (8) $T = 4(t_1 + t_2) = \frac{4L}{v_0} + 2\pi \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$	1
$L = 0$ болғанда. Жылдамдықтың уақытқа тәуелді графигі — косинус. (сурет)	0,5
$L = 0$ болғанда. Координаттың уақытқа тәуелділік графигі — синус. (сурет)	0,5
$L = 0$ болғанда. Период $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$.	0,5
Барлығы	8,0

Есеп 4 [8 ұпай].

Мазмұны	Ұпайлар
<p>1. Резистордың жылушығаруының лездік қуаты $N = I_m^2 R \cos^2 \omega t$ Бір периодтағы орташа қуат $N = \frac{I_m^2 R}{2}$</p>	<p>0,5 0,5</p>
<p>Тербеліс энергиясы $E = \frac{LI_m^2}{2}$ Тербеліс периоды $T = 2\pi\sqrt{LC} = 0,06 \text{ с}$ Жоғалатын (шығындалатын) энергия мөлшері $\frac{NT}{E} = 2\pi R \sqrt{\frac{C}{L}} = 0.006$</p>	<p>0,5 0,5 1</p>
<p>2. $\frac{dE}{dt} = -N = \frac{R}{L} E$ $\frac{dE}{E} = -\frac{R}{L} t$ Бастапқы шарттарды ескере отырып интегралдау нәтижесінде $E = E_0 e^{-\frac{Rt}{L}}$ екенін анықтаймыз. Ток амплитудасы энергиядан алынған түбірге пропорционал болғандықтан $I_m = I_{0m} e^{-\frac{Rt}{2L}}$</p>	<p>0,5 1 0,5</p>
<p>Дәлдігі аз шешім нұсқасы (1 ұпайға кем) $E = E_0 \left(1 - \frac{RT}{L}\right)^{t/T}$ $I = I_{0m} \left(1 - \frac{RT}{L}\right)^{t/2T}$</p>	<p>1</p>
<p>3. $\frac{q}{C} = -\frac{d(LI)}{dt}$ Өзекше лезде ұшып шыққан кезде $\Delta(LI) = 0$ $LI = const$ Ток күші мен контурдағы энергияның өсуі, индуктивтілікті кері пропорцияда азайтумен түсіндіріледі, энергияның өсуі, өзекшені ұшырған сыртқы күштердің жұмысының есебінен орын алады, егжей-тегжейлі механизм есеп шеңберінен тыс. Через 1000 периодов $E = E_0 e^{-6} = E_m/400$ Өзекше ұшып шыққан кейінгі энергия 800 есе, ал ток 28,4 есе өседі. Сәйкесінше индуктивтілік 28,4 есе азаяды. Период 5,3 есе азаяды.</p>	<p>1 0,5 0,5 0,5</p>
<p>Барлығы</p>	<p>8,0</p>

Решение задач областного этапа РО по физике (2022-2023 учебный год)
11 класс

Задача 1 [7 баллов].

Запишем уравнение поступательного движения

$$(m + M)a = (m + M)g - 2T$$

Запишем уравнение вращательного движения

$$(MR^2/2 + mr^2/2)d\omega/dt = 2rT.$$

Запишем связь углового и поступательного ускорений

$$d\omega/dt = a/r$$

Запишем первые два уравнения с учётом $m \ll M$

$$Ma_n = 2T_n - Mg \text{ и } (MR^2/2)d\omega/dt = -2rT_n.$$

Натяжение не меняется в зависимости от направления.

Находим силу натяжения

$$T = (1/2)Mg(1 - a/g)$$

Содержание	Баллы
$(m + M)a = (m + M)g - 2T$	1
$(MR^2/2 + mr^2/2)d\omega/dt = 2rT.$	2
$d\omega/dt = a/r$	1
$Ma_n = 2T_n - Mg \text{ и } (MR^2/2)d\omega/dt = -2rT_n.$	1
Сказано, что натяжение не меняется в зависимости от направления	1
$T = (1/2)Mg(1 - a/g)$	1
Всего	7,0

Задача 2 [7 баллов].

<p>1. Для произвольной прямоугольной площади пусть длина одной стенки x. За время $t = \frac{2l}{v_x}$ все шарики столкнутся со другой стенкой длины y и передадут ей импульс $p = 2mv_x$ каждый. Средняя сила $f_y = \frac{Np}{t} = \frac{Nmv_x^2}{x}$ Так как оси x и y равноправны, для средних квадратов скоростей справедливо $v_x^2 = v_y^2 = \frac{v^2}{2}$ $f_y = \frac{Np}{t} = \frac{Nmv^2}{2x}$ Итого $f_{xy} = \frac{Nmv^2}{2}$ $fS = NE$</p>	<p>[0,5 балла] [0,5 балла] [1 балл] [1 балла] [0,5 балла]</p>
<p>2. Пусть стенку вдвинули на расстояние l. Работа силы идёт на изменение энергии шариков $Fl = NE' - NE = F(a - l) - NE$ $l = \frac{Fa - NE}{F}$ $E' = \frac{Fl}{N} + E = \frac{Fa + NE}{2N}$</p>	<p>[1 балл] [0,5 балла]</p>
<p>3. Фактически мы имеем газ с двумя степенями свободы. Его показатель адиабаты $\gamma = \frac{i+2}{2} = 2$</p>	<p>[1 балл] [1 балл]</p>
<p>Или $dA = f y dx = f dS = -NdE = -(f dS + dfS)$ $\frac{df}{f} + \frac{2dS}{S} = 0$ $\ln f + 2 \ln S = const$ $fS^2 = const$</p>	<p>[0,5 балла] [0,5 балла] [0,5 балла] [0,5 балла]</p>

Задача 3 [8 баллов].

Разделим пространство на три региона: первый регион $x \leq -L$, второй регион $-L < x < L$, третий регион $x > L$.

Во втором регионе частица движется с постоянной скоростью v_0 , поэтому время движение частицы от начала координат до точки L равно

$$t_1 = L/v_0 \quad (1)$$

В первом и третьем регионах частица совершает половину гармонического колебания, так как на частицу действует квази-упругая сила электрического поля. Уравнение движения для третьего региона

$$ma = -\alpha qx \quad (2)$$

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0, \quad \text{где } \omega^2 = \frac{\alpha q}{m} \quad (3)$$

$$x = L + x_m \sin(\omega t) \quad (4)$$

$$v = v_0 \cos(\omega t) \quad (5)$$

$$v_0 = x_m \omega \rightarrow x_m = v_0 \sqrt{\frac{m}{\alpha q}} \quad (6)$$

То есть, время движения частицы от точки L до остановки в точке x_m

$$t_2 = \frac{T_2}{4} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{\alpha q}} \quad (7)$$

Из симметрии задачи, период колебания частицы равен

$$T = 4(t_1 + t_2) = \frac{4L}{v_0} + 2\pi \sqrt{\frac{m}{\alpha q}} \quad (8)$$

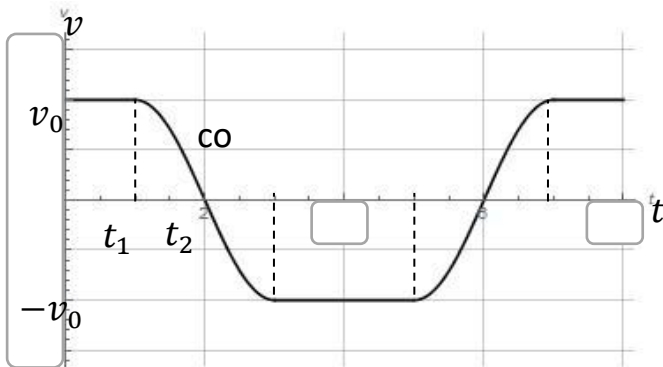


График 1.

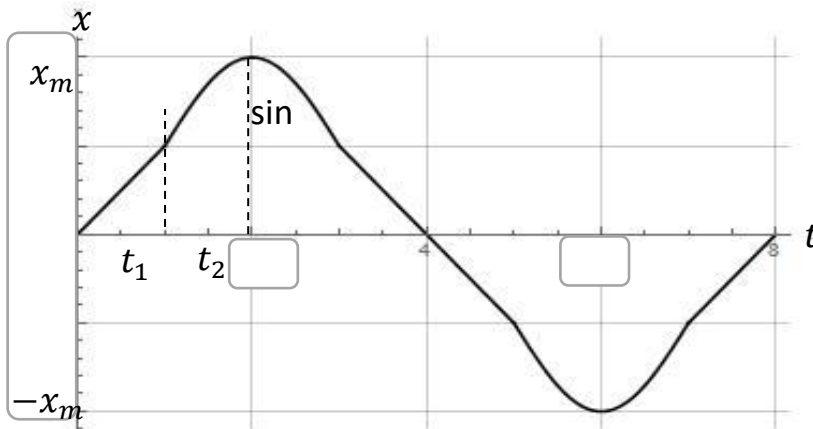


График 2.

При $L = 0$.

1. График скорости от времени — косинус.
2. График координаты от времени — синус.
3. Период равен $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$.

Содержание	Баллы
Формула (1) $t_1 = L/v_0$	0,5
Формула (2) $ma = -\alpha qx$	0,5
Формула (3) $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$, где $\omega^2 = \frac{\alpha q}{m}$	0,5
Формула (4) $x = L + x_m \sin(\omega t)$	0,5
Формула (5) $v = v_0 \cos(\omega t)$	0,5
Формула (6) $v_0 = x_m \omega \rightarrow x_m = v_0 \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$	0,5
Формула (7) $t_2 = \frac{T_2}{4} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$	0,5
График 1	1
График 2	1
Формула (8) $T = 4(t_1 + t_2) = \frac{4L}{v_0} + 2\pi \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$	1
При $L = 0$. График скорости от времени — косинус. (рисунок)	0,5
При $L = 0$. График координаты от времени — синус. (рисунок)	0,5
При $L = 0$. Период равен $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$.	0,5
Всего	8,0

Задача 4 [8 баллов].

<p>1. Мгновенная мощность тепловыделения на резисторе $N = I_m^2 R \cos^2 \omega t$ Средняя за период мощность $N = \frac{I_m^2 R}{2}$</p>	<p>[0,5 балла]</p> <p>[0,5 балла]</p>
<p>Энергия колебаний $E = \frac{LI_m^2}{2}$ Период колебаний $T = 2\pi\sqrt{LC} = 0,06 \text{ с}$ Доля теряемой энергии $\frac{NT}{E} = 2\pi R \sqrt{\frac{C}{L}} = 0.006$</p>	<p>[0,5 балла]</p> <p>[0,5 балла]</p> <p>[1 балл]</p>
<p>2. $\frac{dE}{dt} = -N = -\frac{R}{L}E$ $\frac{dE}{E} = -\frac{R}{L}t$ Интегрируя с учётом начальных условий, получим $E = E_0 e^{-\frac{Rt}{L}}$ А так как амплитуда тока пропорциональна корню из энергии $I_m = I_{0m} e^{-\frac{Rt}{2L}}$</p>	<p>[0,5 балла]</p> <p>[1 балл]</p> <p>[0,5 балла]</p>
<p>Как вариант менее точное решение (на балл меньше) $E = E_0 \left(1 - \frac{RT}{L}\right)^{t/T}$ $I = I_{0m} \left(1 - \frac{RT}{L}\right)^{t/2T}$</p>	<p>[1 балл]</p>
<p>3 $\frac{q}{C} = -\frac{d(LI)}{dt}$ И при мгновенном вылете сердечника $\Delta(LI) = 0$ $LI = const$ Уменьшением индуктивности в обратной пропорции объясняется рост силы тока и энергии в контуре, энергия прирастает за счёт работы внешних сил, выбивавших сердечник, подробный механизм выходит за рамки задачи. Через 1000 периодов $E = E_0 e^{-6} = E_m/400$ Таким образом энергия после вылета сердечника выросла в 800 раз, а ток в 28.4 раза. Соответственно, индуктивность упала в 28,4 раза. Период уменьшился в 5,3 раза.</p>	<p>[1 балл]</p> <p>[0,5 балла]</p> <p>[0,5 балла]</p> <p>[0,5 балла]</p> <p>[0,5 балла]</p>
<p>Всего</p>	<p>8,0</p>