

Шифр

БС II-19
Ф-13

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО

«Будущее Сибири»

2 этап (заключительный)

Письменная работана олимпиаде по физике

Сведения об участнике олимпиады

Фамилия:

Д Е В Я Т К И Н

Имя:

Н И К И Т А

Отчество:

В Я Ч Е С Л А В О В И Ч

Учащийся 11 класса школы № ЗабКЛИгорода Чита

(города/села, района)

Забайкальского края

(области)

Дата рождения 4 сентября 2001 годКонтактная информация – телефон(ы): 8-914-127-58-99E-mail: nd4901@mail.ruПункт проведения этапа ЗабКЛИДата проведения этапа 24.02.2019

Даю согласие на обработку моих персональных данных и информирование меня посредством sms и e-mail о моих результатах и всех дальнейших мероприятиях, связанных с олимпиадой

Личная подпись Дев

1	2	3	4	5	6	Σ
10	10	10	9	2	2	43

Шифр БС 17-19
Ф 13

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

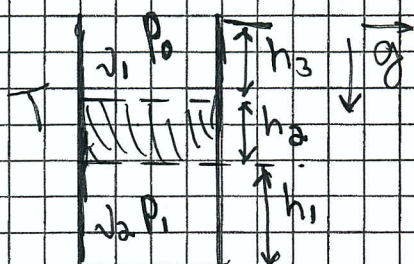
Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
435	9.03.2019	Лехин А.В.	

Задача 51

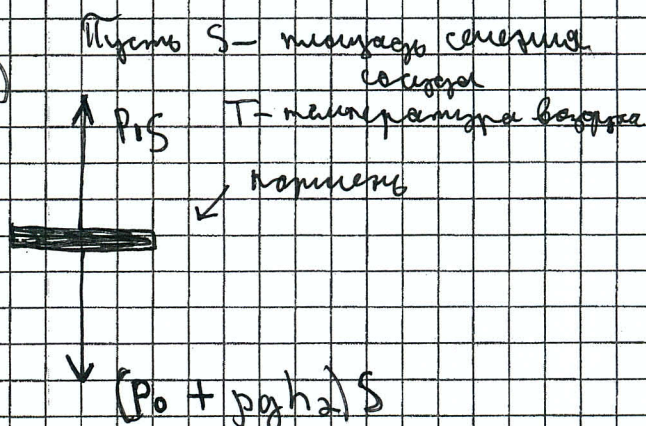
Дано: $\rho; h_2; h_1; h_3; P_0; g; T = \text{const}$ (температура постоянна)
Найти: P

Решение

① (от закрытия крышки)



P_1 — давление воздуха под поршнем



2-й закон Ньютона:
 $P_1 S = (P_0 + \rho g h_2) S$

$$P_1 = P_0 + \rho g h_2 \quad (1) \quad (2)$$

В объеме $(h_3 S)$ содержится ν_2 молей воздуха, под поршнем содержится ν_1 молей воздуха

Знаем уравнение Клапейрона-Менделеева:

$$P_1 \cdot h_1 S = \nu_1 R T$$

$$P_0 \cdot h_3 S = \nu_2 R T$$

+

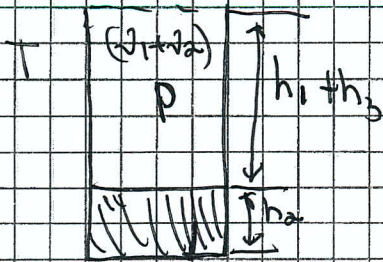
$$\left[\nu_2 = \frac{P_1 h_1 S}{R T} \right] \cdot \left[\nu_1 = \frac{P_0 h_3 S}{R T} \right] \quad (3) \quad (2)$$

Председатель жюри

Гидростатика

② после закрытия:

проблемы высоты h_2



Значим, что

$$P \cdot (h_1 + h_3) S = (P_0 + \rho g h_2) R T; \quad (2)$$

высота (2) и (3)

$$P(h_1 + h_3) S = R T \cdot \frac{P_0 h_1 S + P_0 h_3 S}{R T}$$

$$P(h_1 + h_3) = P_0 h_1 + P_0 h_3 \quad \text{высота (1):}$$

$$P(h_1 + h_3) = (P_0 + \rho g h_2) h_1 + P_0 h_3$$

$$P(h_1 + h_3) = P_0 h_1 + \rho g h_1 h_2 + P_0 h_3$$

давление
в центре
в центре

$$P = \frac{P_0(h_1 + h_3) + \rho g h_1 h_2}{h_1 + h_3} = P_0 + \frac{\rho g h_1 h_2}{h_1 + h_3}$$

Ответ: $P = P_0 + \rho g \frac{h_1 h_2}{h_1 + h_3} +$

105

Задача 12

Дано: $m; x; l; F$

Найти: q (минимальную величину заряда)

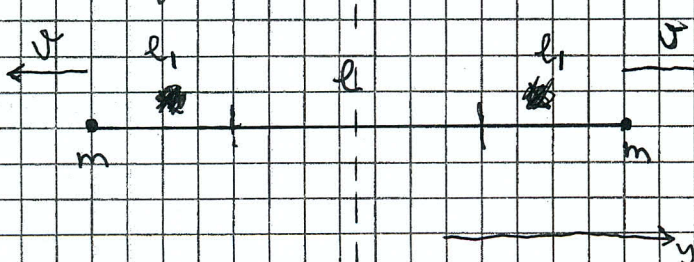
Решение



E — начальная энергия системы

$$(1) E = \frac{k q^2}{l}; \quad \text{где } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

2) через разрывам



каждый шарик "проедет" расстояние l

Так как на систему не действуют (внешние) силы, то импульс системы сохраняется

②

√2

Пусть v_1 - скорость правого шарика; v_2 - левое

$$\text{Оу: } mv_1 - mv_2 = 0 \Rightarrow \boxed{v_1 = v_2}$$

Пусть скорости шариков v ; $v_1 = v_2 = v$

3) в "критической" точке, когда сила натяжения нити станет равной F , если шарик будет иметь "как раз такую скорость", то нить разорвется

4)

$$E = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2} + \frac{\kappa(2l_1)^2}{2} + \frac{\kappa q^2}{l + 2l_1} +$$

$$E = mv^2 + 2\kappa l_1^2 + \frac{\kappa q^2}{l + 2l_1}; \quad (I)$$

$$v \text{ из условия (3): } \boxed{v^2 \geq 0}$$

$$\text{и } F = \kappa \cdot 2l_1 \quad (II)$$

$$l_1 = \frac{F}{2\kappa}$$

приравняем (I) и (II); рассмотрим (II):

$$\frac{\kappa q^2}{l} = mv^2 + 2\kappa l_1 \cdot l_1 + \frac{\kappa q^2}{l + 2 \cdot \frac{F}{2\kappa}}$$

$$\frac{\kappa q^2}{l} = mv^2 + F \cdot \frac{F}{2\kappa} + \frac{\kappa q^2}{l + \frac{F}{\kappa}}$$

$$mv^2 = \frac{\kappa q^2}{l} - \frac{F^2}{2\kappa} - \frac{\kappa q^2}{l + \frac{F}{\kappa}} \quad | : m$$

$$v^2 = \frac{\kappa q^2}{m} \left(\frac{1}{l} - \frac{1}{l + \frac{F}{\kappa}} \right) - \frac{F^2}{2\kappa m}$$

$$v^2 = \frac{\kappa q^2}{m} \cdot \frac{\frac{F}{\kappa}}{l(l + \frac{F}{\kappa})} - \frac{F^2}{2\kappa m}$$

$$v^2 \geq 0, \text{ значит } \frac{\kappa q^2}{m} \cdot \frac{F}{l(l + \frac{F}{\kappa})} - \frac{F^2}{2\kappa m} \geq 0; \quad (3)$$

из (предположения)

$$\frac{kq^2}{e(l + \frac{F}{\kappa})} \geq \frac{F}{2} \quad q^2 \geq \frac{F l (l + \frac{F}{\kappa})}{2\kappa}$$

$$|q| \geq \sqrt{\frac{F l (l + \frac{F}{\kappa})}{2\kappa}}$$

минимальная величина заряда равна:

$$|q| = \sqrt{\frac{F l (l + \frac{F}{\kappa})}{2\kappa}}$$

108

величина заряда по модулю

Ответ: $q = \sqrt{F l (l + \frac{F}{\kappa})} \cdot 2\pi\epsilon_0$

Заметим, что $q \rightarrow$ может быть как положительной, так и отрицательной зарядом;

по модулю $|q| = \sqrt{F l (l + \frac{F}{\kappa})} \cdot 2\pi\epsilon_0$; но возможно

можно использовать и отрицательный заряд: $(-\sqrt{F l (l + \frac{F}{\kappa})} \cdot 2\pi\epsilon_0)$

Задача 14

Дано: плоскость XY; $\vec{B} \rightarrow$ направлено вдоль оси Z
e; m; траектория замкнута

Найти: T

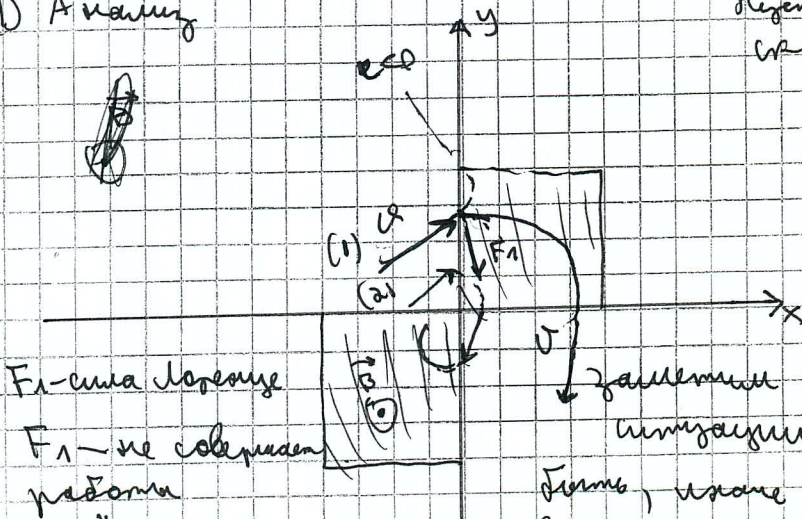
Решение

Пусть поле направлено на нас (ось Oz $\rightarrow$ на нас)

1) Анализ

Пусть частица со скоростью v

движется в "равном" магнитном поле по некоторому кругу



F_1 - сила Лоренца

F_1 - не совершает работы

$v = \text{const}$

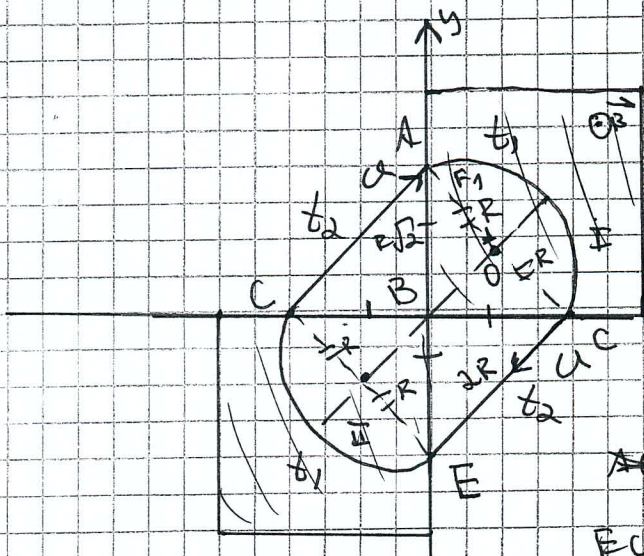
Заметим еще, что в магнитном поле, если $l \geq 0$ газ не может двигаться по замкнутой траектории

4

УЧ (продвижение)

(1) Если частица не попадет в левый "квадрат", траектория будет не замкнутой

(2) Если траектория будет замкнутой, частица выйдет из правого "квадрата" со скоростью, которая будет направлена противоположно скорости "входа" в этот квадрат



здесь I и II равные полуокружности

и масса одинакова в (1) и (2)

Путь из радиуса R

$$AB = BC \neq CB = BE = \frac{2R}{\sqrt{2}} = R\sqrt{2}$$

$$EC = \sqrt{ER^2 + R^2} = \sqrt{2R^2 + 2R^2} = 2R$$

2-ой закон Ньютона:

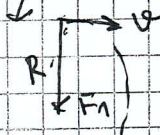
$$F_1 = \frac{mv^2}{R}; \quad B\cancel{ER} = \frac{mv^2}{R};$$

$$v = \frac{B\cancel{ER}}{m}$$

$$CA = EC = 2R$$

Время движения на AC: $t_1 = \frac{\pi R}{v} = \frac{\pi R m}{B\cancel{ER}} = \frac{m\pi}{B\cancel{E}}$

Время движения на CE, тоже равно $t_1 = \frac{m\pi}{B\cancel{E}}$



$$EC = 2R$$

Время движения на EC: $t_2 = \frac{2R}{v} = \frac{2R m}{B\cancel{ER}} = \frac{2m}{B\cancel{E}}$

Время движения на CA: $t_2 = \frac{2R}{v} = \frac{2R m}{B\cancel{ER}} = \frac{2m}{B\cancel{E}}$

Значит $T = 2(t_1 + t_2) = 2\left(\frac{m\pi}{B\cancel{E}} + \frac{2m}{B\cancel{E}}\right) = \frac{2m}{B\cancel{E}}(\pi + 2)$

↑ период движения частицы

(5)

У4 (продолжение)

Если $\vec{p}$ — импульс, когда поле направлено "от нас" и знак заряда имеет такой же, рассчитывается аналогично

Значит, $T = \frac{2m}{Be} (\pi + 2) +$

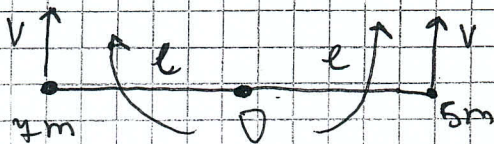
Ответ: $T = \frac{2m}{Be} (\pi + 2)$

Задача У3

Дано: $V = \text{const}$; 90° ; $4m$; $5m$

Найти: 2

Решение



1) Пусть 2л — ось симметрии
Перейдем в систему
отсчета движущаяся точки
O с постоянной скоростью V

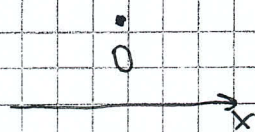
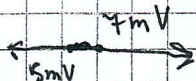
В этой системе

Отсчета шарик начнется вращаться
относительно точки O с угловой скоростью

$$\omega = \frac{V}{r}$$

Поскольку в этой системе отсчета шарик движется по окружности, то сила натяжения не совершает работы, и его скорость постоянна (в этой системе отсчета)

2) соударение



Пусть шарик массой $4m$ приобрел скорость $|V_{1x}|$ и шарик массой $5m \rightarrow$ скорость $|V_{2x}|$

так как столкновение упругое, то:

6

$\sqrt{4}$ (мгновенное)

ЗCU: $4mV - 5mV = 4mV_{1x} + 5mV_{2x};$ +
 $0x$

$2mV \rightarrow 2V = 4V_{1x} + 5V_{2x};$

ЗCЗ: $\frac{4mV^2}{2} + \frac{5mV^2}{2} = \frac{4mV_{1x}^2}{2} + \frac{5mV_{2x}^2}{2};$ (2)

$12V^2 = 4V_{1x}^2 + 5V_{2x}^2; (2)$ $V_{1x} = \frac{2V - 5V_{2x}}{4}$

подставим (1) в (2):

$12V^2 = 4V_{1x}^2 + 5 \cdot \frac{4V^2 + 49V_{1x}^2 - 28V_{1x}V_{2x}}{16} = \frac{2V - 5V_{2x}}{5} \quad (1)$

$60V^2 = 35V_{1x}^2 + 4V^2 + 49V_{1x}^2 - 28V_{1x}V_{2x};$

$84V_{1x}^2 - 28V_{1x}V_{2x} - 56V^2 = 0; 1:28$

$3V_{1x}^2 - V_{1x}V_{2x} - 2V^2$

$\frac{D}{2} = 1 \rightarrow D = V^2 + 28V^2 = V^2(1+28) = 29V^2$

$V_{1x} = \frac{V \pm \sqrt{29}V}{6}$

$V_{1x} = \frac{V \pm 5V}{6} = \begin{cases} \frac{6V}{6} = V \rightarrow \text{не подходит} \\ -\frac{4V}{6} = -\frac{2V}{3} \end{cases}$

Значит, $V_1 = |V_{1x}| = \frac{2}{3}V$ +

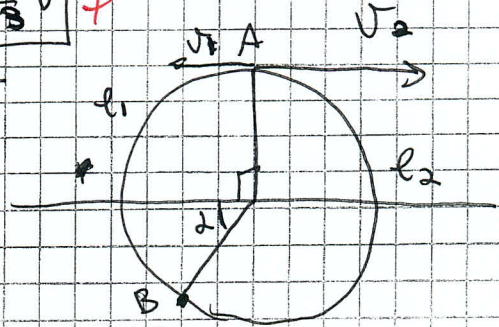
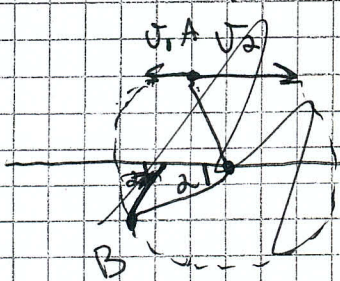
$V_{2x} = \frac{2V - 4V_{1x}}{5} = \frac{2V - 4 \cdot (-\frac{2V}{3})}{5} =$

$= \frac{2V + \frac{8V}{3}}{5} = \frac{20V}{15} = \frac{4}{3}V = V_2 \rightarrow$ +

скорость шарика массой $4m$; направлена влево
 скорость шарика массой $5m$; направлена вправо

$V_2 = \frac{4}{3}V$ +

3



мгновенное

4

У4 (продолжение)

t - время до столкновения

$$l_1 = v_1 t$$

$$l_2 = v_2 t$$

$$\Rightarrow \frac{l_2}{l_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{4}{3} \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{3}} = 2 +$$

Время от l_1 - x часов

$$l_2 = 2l_1 +$$

$$l_2 = 2x \text{ часов}$$

$$2x + x = 3x = 360^\circ,$$

$$x = 120^\circ +$$

Дуга $l_1 = 120^\circ \Rightarrow \alpha = 120^\circ - 90^\circ = 30^\circ$

$$\boxed{\alpha = 30^\circ} +$$

Ответ: марки встретятся под углом $\alpha = 30^\circ$ к ребру начальной ориентации пути

|| Если "рассматривать движение", то ответом будет смешанный с 2 углы: 150° ||

105

Задача У5

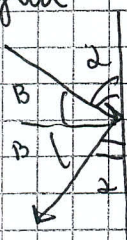
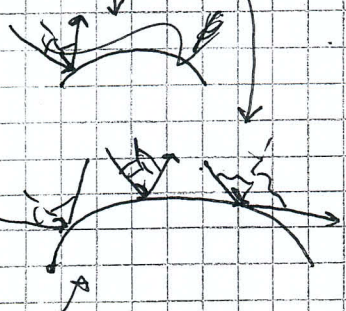
Решение

решение эксперимент

1) лазерные лучи

лучи фокусы: $\rightarrow$

лучи через

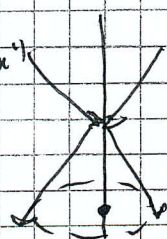


max как они опираются на горизонтальную линию, но времена их "падения до земли" равны

Скорость падения: уменьшается

можно показать, что лучи опираются по всем направлениям $\Rightarrow$ значит, появится чёткая ось ориентации

"все направления"



8

√6 (прямое)

2) 2-ой экваториаль



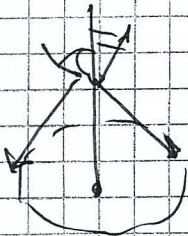
От формулы сечения, не забудем:

что $\sin \alpha$ отразится по всем направлениям

(это видно из рисунка)

(из формулы $\sin \alpha = \sin \alpha$)

И значит, по известной высоте
определяется окружность



20

что и представляется
горизонт

√3

Потенциалы заряженных предметов
равны потенциалу земли

$$U = \frac{q}{R}$$

$$E = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

$$E_0 = \frac{q}{\epsilon_0 S}$$

$$S = \frac{q}{E_0 \epsilon_0} = \frac{q}{E \epsilon_0}$$

U

$$S = \frac{U^2}{E^2}$$

$$U^2 = E^2 \frac{q}{E_0 \epsilon_0}$$

Определим q

20

9