ИЗУМРУД
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

1302179549973

Титульный лист

Направление ☐ анализ данных ☐ информатика ☐ история
☐ математика ☐ обществознание ☐ русский язык
☑ физика ☐ химия

Класс ☐ 8 ☐ 9 ☑ 10 ☐ 11

Фамилия ЛАПТЕВ

Имя ГЛЕБ

Отчество РОМАНОВИЧ

Дата рождения 15 05 2009

Город участия ИЖЕВСК

Аудитория 265

Дата 31 01 2026 **Подпись**

Пример заполнения А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф
Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

ИЗУМРУД
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

1302179549973

Проверочный лист

Заполняется участниками

Направление ☐ анализ данных ☐ информатика ☐ история
☐ математика ☐ обществознание ☐ русский язык
☑ физика ☐ химия

Класс ☐ 8 ☐ 9 ☑ 10 ☐ 11

Город участия ИЖЕВСК

Заполняется организаторами

Количество доп листов ☐☐ Количество черновиков к проверке ☐☐

Время выхода с 16 59 до 17 01

Протокол проверки
Заполняется жюри

Номер задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Балл члена жюри №1	15	1	–	4						
Балл члена жюри №2	15	1	–	4						

Итоговый балл 20

Подпись члена жюри №1

Подпись члена жюри №2

Пример заполнения А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф
Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Бланк ответов

№1 Будем считать перемещение шара относительно его центра, тогда

$\Delta r = l - 2R$

$\Delta r = 1м - 2 \cdot 0{,}1м = 0{,}8м$

$v = \frac{\Delta r}{\Delta t}$, $v = \frac{0{,}8м}{2с} = 0{,}4\frac{м}{с}$

Дано

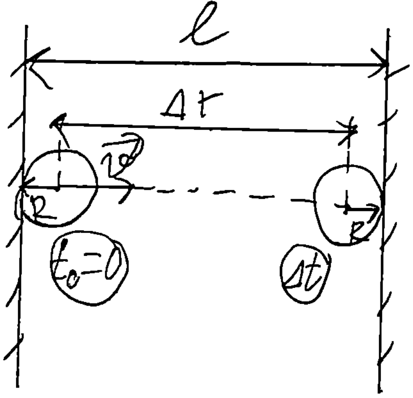
$R = 0{,}1м$

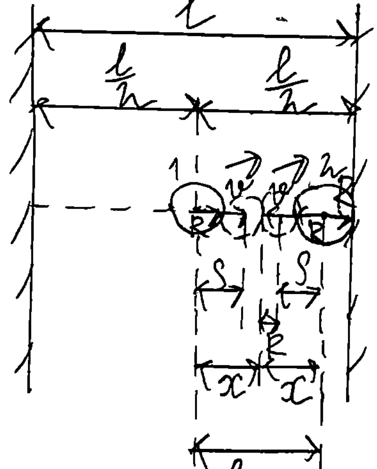
$l = 1м$

$\Delta t = 2с$

$t - ?$

Решение





$x = \frac{\frac{l}{2} - R}{2} = \frac{l - 2R}{4}$

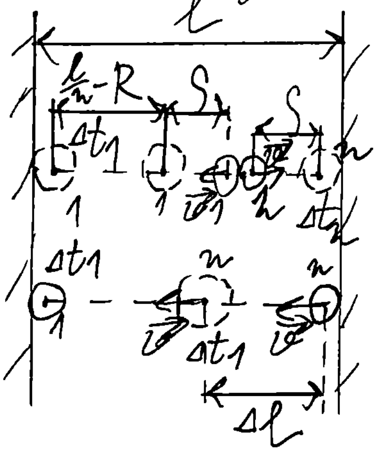
$S = x - R = \frac{l-2R}{4} - R = \frac{l - 6R}{4}$

$S = \frac{1м - 6 \cdot 0{,}1м}{4} = 0{,}1м$

$\frac{l}{2} - R = 0{,}5м - 0{,}1м = 0{,}4м$

$\Delta t' = \frac{S}{v}$, $\Delta t' = \frac{0{,}1м}{0{,}4\frac{м}{с}} = 0{,}25с$

$\Delta t'$ — время, когда столкнулись шары после начала движения 2 шара



Δt_2 — время от соударения шаров до соударения 2 шара со стенкой

$\Delta t_2 = \frac{S}{v} = \frac{0{,}1}{0{,}4} = 0{,}25с$

Δt_1 — время от соударения шаров до соударения 1 шара со стенкой

$\Delta t_1 = \frac{\frac{l}{2} - R + S}{v} = \frac{0{,}5м - 0{,}1м + 0{,}1м}{0{,}4\frac{м}{с}} = 1{,}25с$

За это время 2 шар успеет удариться о стенку и полететь обратно $\Delta T = \Delta t_1 - \Delta t_2 = 1{,}25с - 0{,}25с = 1с$

№1 (продолжение)

$\Delta l = \vartheta \Delta T = 0{,}4\frac{м}{c} \cdot 1c = 0{,}4м$

$\Rightarrow \Delta l + R = 0{,}4м + 0{,}1м = 0{,}5м = \frac{l}{2}$

Получается ситуация аналогичная положению, когда внесли 2 шар, только теперь 1 шар находится у стенки, а 2 прошел половину пути

$\Rightarrow$ следующее соударение 1 шара со стенкой произойдет через $\Delta t_2 = 0{,}25c$

А следующее соударение 2 шара со стенкой произойдет через $\Delta t_1 = 1{,}25c$

Первое соударение 2 шара со стенкой произойдет через $\Delta T_2 = \Delta t' + \Delta t_2 = 0{,}25c + 0{,}25c = 0{,}5c$

Первое соударение 1 шара со стенкой произойдет через $\Delta T_1 = \Delta t' + \Delta t_1 = 0{,}25c + 1{,}25c = 1{,}5c$

Затем каждое соударение со стенкой будет происходить через $\Delta t_2 = 0{,}25c$ и $\Delta t_1 = 1{,}25c$ чередуясь

Ответ: сначала $\Delta T_2 = 0{,}5c$, $\Delta T_1 = 1{,}5c$, затем постоянно чередуясь для каждого шара $\Delta t_2 = 0{,}25c$, $\Delta t_1 = 1{,}25c$

При соударении шаров происходит абсолютно упругий удар, шары имеют одинаковые массы и скорости

$p_1 = m\vartheta$, $p_2 = m\vartheta$

ЗСИ $m\vartheta - m\vartheta = m\vartheta - \cancel{m\vartheta}\, m\vartheta = 0$

$\Rightarrow$ шары при соударении просто меняют направление движения на противоположное

Линия отреза

Бланк ответов

№4

Дано

$v_0 = 0 \frac{м}{с}$

$m_1 = m_2 = m$

$q_1 = q$

$q_2 = -q$

R

r

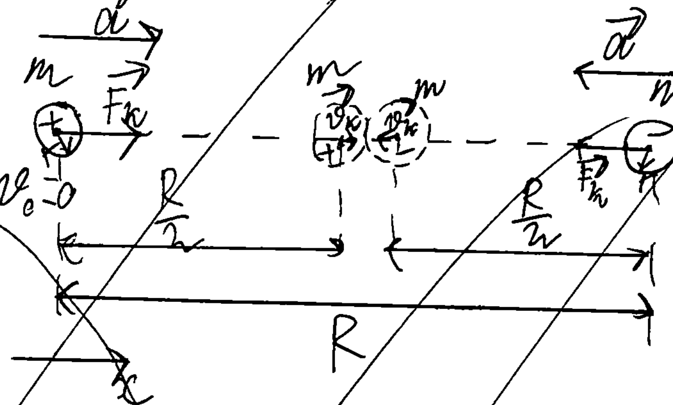
$q_1 = \frac{q}{2}$

$p_1 - ?$

$p_2 - ?$

Решение

$F_к = \frac{k q_1 |q_2|}{R^2}$


$\vec a$
m
$\vec F_к$
$v_0 = 0$
$v_к$
$\vec a$
m
$\vec F_к$
$v_0 = 0$
$\frac{R}{2}$
$\frac{R}{2}$
R
x

$F_к = \frac{kq^2}{R^2}$

По II закону Ньютона

$m\vec a = \vec F_к$

(OX) $ma = F_к$

$ma = \frac{kq^2}{R^2}$

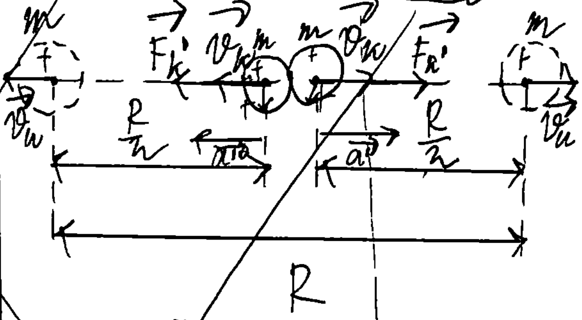
$a = \frac{kq^2}{mR^2}$

УПУ (OX) $\frac{R}{2} = \frac{v_к^2}{2a}$

$v_к = \sqrt{aR}$

$v_к = \sqrt{\frac{kq^2 R}{mR^2}} = q\sqrt{\frac{k}{mR}}$

~~$q_1' = \frac{q}{2} \Rightarrow q_2' = \frac{q}{2}$~~


m
$\vec F_к'$
$\vec v_к$
m
m
$\vec v_к$
$\vec F_к'$
m
v_2
v_2
$\frac{R}{2}$
$\vec a$
$\vec a$
$\frac{R}{2}$
R

$q' = \frac{q}{2}$, т.к. частицы имели одинаковый по модулю заряд, имеют одинаковую массу и стали отталкиваться после взаимодействия $\Rightarrow$ по ЗСЗ $q_2' = \frac{q}{2}$

ЗСИ При столкновении частицы имеют одинаковую массу и скорость

$p_+ = mv_к$

$p_- = mv_к$

ЗСИ $mv_к - mv_к = mv_к - mv_к = 0$

$\Rightarrow$ При столкновении частицы просто меняют направление движения на противоположное

Происходит абсолютно упругий центральный удар

~~№4 (продолжение)~~

~~$F_k' = k q_1 q_2$~~

№4

Дано

$m_1 = m_2 = m$

$q_1 = q$

$q_2 = -q$

$q_1' = \frac{q}{2}$

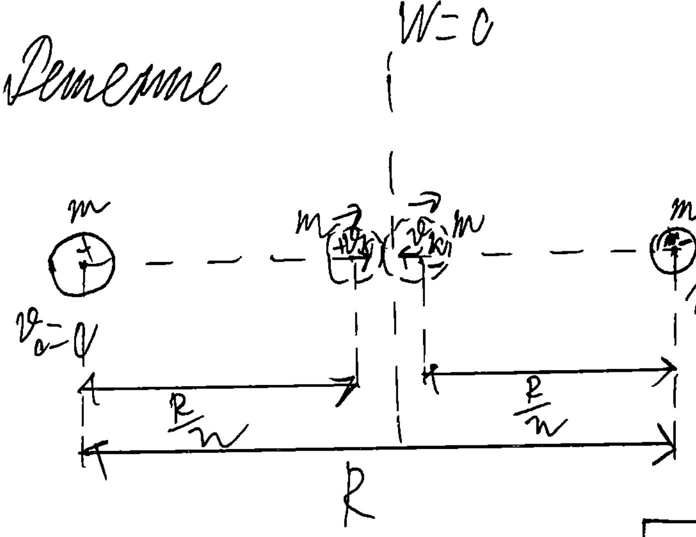
R

r

$p_{k1} - ?$

$p_{k2} - ?$

Решение



Т.к. частицы маленькие $r \ll R$ ⇒ r — можно принебречь

ЗСЭ $W = \frac{m v_k^2}{2}$

$$\frac{k|q_1||q_2|}{R} = \frac{m v_k^2}{2}$$

$$\frac{kq^2}{R} = \frac{m v_k^2}{2}$$

$$v_k = \sqrt{\frac{2kq^2}{Rm}} = q\sqrt{\frac{2k}{Rm}}$$

При столкновении частицы имеют одинаковую массу и скорость

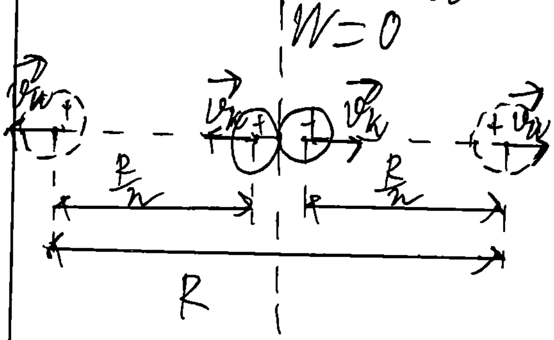
$p_+ = m v_k$

$p_- = m v_k$

ЗСИ $m v_k - m v_k = m v_k - m v_k = 0$

⇒ При столкновении частицы просто меняют направление движения на противоположное. Происходит абсолютно упругий, центральный удар

$q_1' = \frac{q}{2}$, и т.к. частицы имели равный по модулю заряд, имеют равную массу и после взаимодействия отталкиваются ⇒ по ЗСЗ $q_2' = \frac{q}{2}$



ЗСЭ

$$\frac{m v_k^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2} + W'$$

$$\frac{m v_k^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2} + \frac{k q_1 q_2}{R}$$

$$\frac{m v_k^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2} + \frac{kq^2}{4R}$$

Линия отреза

№4 (продолжение)

$$\frac{mv_н^2}{2} = \frac{mv_к^2}{2} - \frac{kq^2}{4R}$$

$$\cancel{m/2}\quad mv_н^2 = mv_к^2 - \frac{kq^2}{2R}$$

$$v_н = \sqrt{\frac{mv_к^2 - \frac{kq^2}{2R}}{m}} = \sqrt{v_к^2 - \frac{kq^2}{2mR}}$$

$$p_{н1} = p_{н2} = mv_н = m\sqrt{v_к^2 - \frac{kq^2}{2mR}}$$

$$p_{н1} = p_{н2} = m\sqrt{\frac{2kq^2}{mR} - \frac{kq^2}{2mR}} = m\sqrt{\frac{3kq^2}{2mR}}$$

$$p_{н1} = p_{н2} = q\sqrt{\frac{3km^2}{2mR}} = q\sqrt{\frac{3km}{2R}}$$

Ответ $p_{н1} = p_{н2} = q\sqrt{\frac{3km}{2R}}$

№2

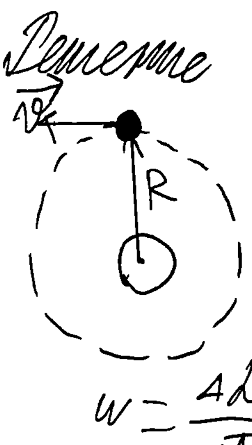
Дано

$\Delta\alpha = 30''$

$R = 1{,}5\ 10^8$ км

~~$t - ?$~~ $\Delta T - ?$

Решение



$$\Delta T = \frac{2\pi R}{v} \quad (1)$$

$$v = \omega R$$

$$\Delta T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (2)$$

$$\omega = \frac{\Delta\alpha}{\Delta T}$$

(~~[illegible]~~)

~~$\Delta T = \frac{2\pi\,\Delta T}{\Delta\alpha}$~~

$$v = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t}R$$

$$\Delta T = \frac{\Delta\alpha\ R}{v}$$

Ответ $\Delta T = \frac{\Delta\alpha\ R}{v}$.