# Часть 1

Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21200200**

ID профиля: **873029**

Вариант 5

Чистовик  Вариант 11-05

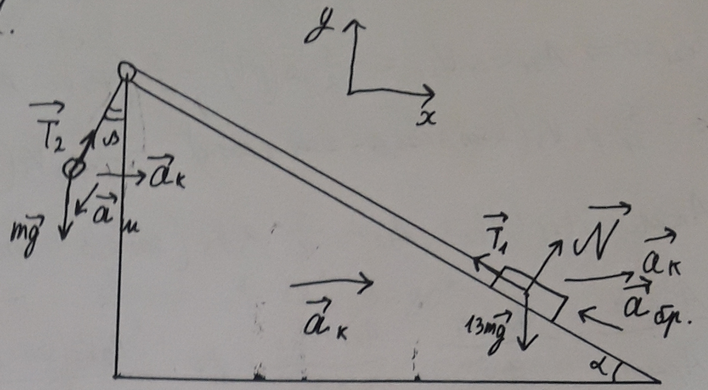
№1.

Дано: $\cos\alpha = \frac{12}{13}$; $\cos\beta = \frac{4}{5}$; $m$; $H$.

$a_{к.} = ?$

$a_{бр.} = ?$

$t = ?$




Решение.

1) По закону сложения ускорений, полное ускорение бруска равно $\vec{a}_к + \vec{a}_{бр.}$, а шарика — $\vec{a}_к + \vec{a}_ш$. Т.к. угол $\beta$ не изменяется, а шарик и блок связаны, то $\vec{a}_ш$ направлено вдоль нити.

2) Т.к. нить нерастяжима, $T_1 = T_2 = T$ и выполняется кинематическая связь $a_{бр.} = a_ш$

3) По второму закону Ньютона,

а) $\vec{N} + \vec{T_1} + 13m\vec{g} = (\vec{a}_к + \vec{a}_{бр.})\cancel{m}\cdot 13m$

$x: N\sin\alpha - T\cos\alpha = (a_к - a_{бр.}\cos\alpha)\cdot 13m$ (1)

$y: N\cos\alpha + T\sin\alpha - 13mg = a_{бр.}\sin\alpha\cdot 13m$ (2)

б) $\vec{T_2} + m\vec{g} = (\vec{a}_к + \vec{a}_ш)m$

$x: T\sin\beta = m(a_к - a_{бр.}\sin\beta)$ (3)

$y: T\cos\beta - mg = -m a_{бр.}\cos\beta$ (4)

4) (4): $m a_{бр.} = \frac{mg}{\cos\beta} - T$; $T = \frac{mg}{\cos\beta} - a_{бр.}\cdot m$

(3): $mg\,tg\beta - a_{бр.}\sin\beta\cdot m = m a_к - m a_{бр.}\sin\beta \Leftrightarrow mg\,tg\beta = m a_к \Leftrightarrow a_к = g\,tg\beta$

$a_к = 10\,м/с^2\cdot\frac{\sin\beta}{\cos\beta} = 10\,м/с^2\,\frac{\sqrt{1-\frac{16}{25}}}{\frac{4}{5}} = 10\,м/с^2\cdot\frac{\frac{3}{5}}{\frac{4}{5}} = 7{,}5\,м/с^2$

| $\sin^2\beta + \cos^2\beta = 1$
| $\sin\beta = \sqrt{1-\cos^2\beta}$, т.к.
| $0 < \beta < \frac{\pi}{2}$.

5) (1): $N\sin\alpha - \frac{mg\cos\alpha}{\cos\beta} + m a_{бр.}\cos\alpha = 13m a_к - 13m a_{бр.}\cos\alpha \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow N\sin\alpha - 13m\cdot a_к - \frac{mg\cos\alpha}{\cos\beta} = -14m a_{бр.}\cos\alpha \Leftrightarrow a_{бр.} = \frac{g}{14\cos\beta} + \frac{13a_к}{14\cos\alpha} - \frac{N\,tg\alpha}{14m}$

(2): $N\cos\alpha = 13mg - T\sin\alpha + a_{бр.}\sin\alpha\cdot 13m \Leftrightarrow N = \frac{13mg}{\cos\alpha} - \frac{mg\sin\alpha}{\cos\beta} + a_{бр.}m\sin\alpha +$

$+ a_{бр.}\cdot 13m\sin\alpha = \frac{13mg}{\cos\alpha} - \frac{mg\sin\alpha}{\cos\beta} + 14m a_{бр.}\sin\alpha$



21200200 (U873029 M1267018)

Чистовик

$$a_{бр.} = \frac{g}{14\cos\beta} + \frac{13a_к}{14\cos\alpha} - \frac{tg\alpha}{14m}\cdot\left(\frac{13mg}{\cos\alpha} - \frac{mg\sin\alpha}{\cos\beta} + 14ma_{бр.}\sin\alpha\right) \Leftrightarrow \left|\cdot(14\cos\alpha\cos\beta)\right.$$

$$\Leftrightarrow 14a_{бр.}\cos\alpha\cos\beta = g\cos\alpha + 13a_к\cos\beta - \cancel{\sin^2\alpha\cdot\frac{13g}{\cos\alpha}} - \sin\alpha\cos\beta\cdot\frac{13g}{\cos\alpha} +$$

$$+ \sin\alpha\cos\beta\cdot\frac{g\sin\alpha}{\cos\beta} - \sin\alpha\cos\beta\cdot 14a_{бр.}\sin\alpha \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow a_{бр.}\left(14\cos\beta(\cos\alpha + \sin^2\alpha)\right) = g\cos\alpha + 13a_к\cos\beta - 13g\cos\beta\, tg\alpha + g\sin^2\alpha$$

$$a_{бр.} = \frac{g\cos\alpha + 13a_к\cos\beta - 13g\cos\beta\, tg\alpha + g\sin^2\alpha}{14\cos\beta(\cos\alpha + 1 - \cos^2\alpha)}$$

$$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \sqrt{1-\left(\frac{12}{13}\right)^2} = \frac{5}{13}$$

$$tg\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{5}{12}$$

$$a_{бр.} = \frac{10м/с^2\cdot\frac{12}{13} + 13\cdot 7{,}5м/с^2\cdot\frac{4}{5} - 13\cdot 10м/с^2\cdot\frac{4}{5}\cdot\frac{5}{12} + 10м/с^2\cdot\frac{25}{169}}{14\cdot\frac{4}{5}\left(\frac{12}{13} + 1 - \frac{144}{169}\right)} =$$

$$= 3{,}78 м/с^2$$

б) Рассмотрим вертикальную проекцию ускорения шарика: $a_y = a_ш\cos\beta$. Т.к. в начальный момент времени шарик покоится, то справедлива формула $H = \frac{a_y t^2}{2} \Leftrightarrow \frac{2H}{a_ш\cos\beta} = t^2 \Leftrightarrow t = \pm\sqrt{\frac{2H}{a_{бр.}\cdot\cos\beta}}$, но т.к. $t > 0$, то $t = \sqrt{\frac{2H}{a_{бр.}\cos\beta}}$

$$t = \sqrt{\frac{2H}{3{,}78м/с^2\cdot\frac{4}{5}}} = 0{,}81\sqrt{\frac{H}{м/с^2}}$$

Ответ: $a_к = 7{,}5 м/с^2$; $a_{бр.} = 3{,}78 м/с^2$; $t = 0{,}81\sqrt{\frac{H}{м/с^2}}$.

# Чистовик

Дано: $\alpha = 15^\circ$; $\beta = 30^\circ$

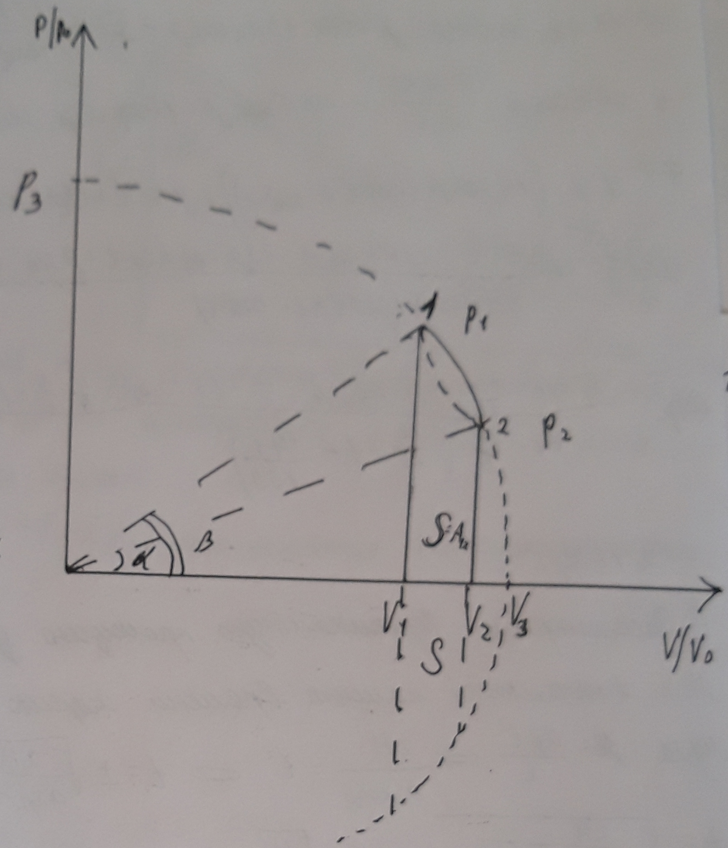
$Q_{21} \approx 0$; газ одноатомный

$\frac{T_1}{T_2} = ?$

$C = 0 \Rightarrow \gamma = ?$

$\frac{A_{сж.}}{A_{расш.}} = ?$

## N2.




### Решение.

1) Ур-ние Менделеева-Клапейрона:

$pV = \nu RT \Leftrightarrow T = \frac{pV}{\nu R}$

2) ~~ΔT~~ $U = \frac{i}{2}\nu RT = \frac{i}{2}pV$

Т.к. газ одноатомный, то $i = 3$.

3) $\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1V_1}{\nu_1 R_1} : \frac{p_2V_2}{\nu_2 R} = \frac{p_1V_1}{p_2V_2}$

4) Пусть при пресечении окружностью осей давления и объёма полученные точки будут равны: а) $p = p_3$; $V = 0$; б) $p = 0$; $V = V_3$. Тогда

$p_1 = p_3 \sin\beta$; $V_1 = V_3 \cos\beta$; $p_2 = p_3 \sin\alpha$; $V_2 = V_3 \cos\alpha$

$$\frac{p_1V_1}{p_2V_2} = \frac{p_3V_3}{p_3V_3}\cdot\frac{\sin\beta\cos\beta}{\sin\alpha\cos\alpha} = \frac{\sin 2\beta}{\sin 2\alpha} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3}$$

5) Работа газа при расширении $A_{12}$ есть площадь под графиком 12, которая равна полуразности круговых сегментов с углами $\beta$ и $\alpha$ (см. рис.), т.к. окружность симметрична относительно оси $V/V_0$.

$S_{сегм.} = \frac{r^2}{2}(\alpha - \sin\alpha)$

$$A_{12} = \frac{1}{2}\left(\frac{r^2}{2}(2\beta - \sin 2\beta) - \frac{r^2}{2}(2\alpha - \sin 2\alpha)\right) = \frac{r^2}{4}(2\beta - 2\alpha + \sin 2\alpha - \sin 2\beta) = \frac{p_3V_3}{4}(2\beta - 2\alpha + \sin 2\alpha - \sin 2\beta)$$ (3)

т.к. $p_3$ и $V_3$ – радиусы окружности.

Чистовик.

б) Первый закон термодинамики: $Q = A + \Delta U$

$Q_{21} = 0 \Rightarrow A_{21} = -\Delta U_{21} = -\frac{3}{2}\Delta(pV) = -\frac{3}{2}(p_1V_1 - p_2V_2) = -\frac{3}{2}p_3V_3(\sin\beta\cos\beta - \sin\alpha\cos\alpha) =$

$= -\frac{3}{4}p_3V_3(2\sin\beta\cos\beta - 2\sin\alpha\cos\alpha) = -\frac{3}{4}p_3V_3(\sin 2\beta - \sin 2\alpha)$

$A_{полн.} = A_{21} + A_{12} = A_{12} - \frac{3}{4}p_3V_3(\sin 2\beta - \sin 2\alpha)$

$\frac{A_{полн.}}{A_{расш.}} = \frac{A_{полн.}}{A_{12}} = \frac{A_{21}+A_{12}}{A_{12}} = 1 + \frac{-\frac{3}{4}p_3V_3(\sin 2\beta - \sin 2\alpha)}{\frac{p_3V_3}{4}\cancel{(2\beta - 2\alpha + \sin\alpha - \sin\beta)}(2\beta - 2\alpha + \sin 2\alpha - \sin 2\beta)} =$

$= 1 - \frac{3(\sin 2\beta - \sin 2\alpha)}{2\beta - 2\alpha + \sin 2\alpha - \sin 2\beta}$

$\frac{A_{полн.}}{A_{расш.}} = \cancel{1 - \frac{3\sin 60^\circ - \sin 30^\circ}{\frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{12} + \sin 15^\circ - \sin 30^\circ}} = 1 - \frac{3\sin 60^\circ - 3\sin 30^\circ}{\frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{6} + \sin 30^\circ - \sin 60^\circ} = 0{,}226$

Ответ: $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{3}$; $\frac{A_{полн.}}{A_{расш.}} = 0{,}226$.

# Часть 2

Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21200200**

ID профиля: **873029**

Вариант 5

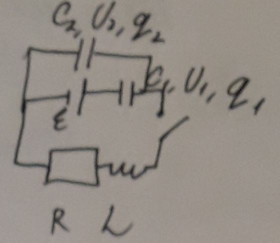
# Чистовик №3.

Дано: $C_1 = C$; $C_2 = 2C$; $I_0$; $\mathcal{E}$; $R$; $L$

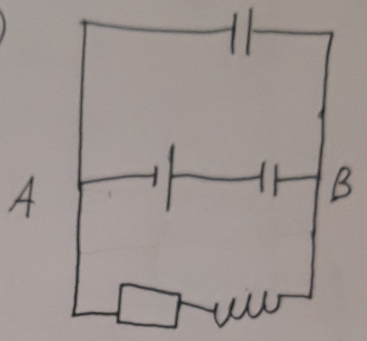
$\frac{\Delta I}{\Delta t} = ?$

$Q = ?$

$I_1 = ?$

1) 



2) 



Решение.

1) При разомкнутом ключе конденсаторы имеют равный заряд т.к. соединены последовательно, а сумма их напряжения равна $\mathcal{E}$. $C = \frac{q}{U} \Leftrightarrow CU = q$

$$\begin{cases} q_1 = q_2 \\ U_1 + U_2 = \mathcal{E} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} C_1 U_1 = C_2 U_2 \\ U_1 + U_2 = \mathcal{E} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} CU_1 = 2CU_2 \\ U_1 + U_2 = \mathcal{E} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} U_1 = U_2 \cdot 2 \\ \mathcal{E} = 3U_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} U_1 = \frac{2\mathcal{E}}{3} \\ U_2 = \frac{\mathcal{E}}{3} \end{cases}$$

2) Как только ключ замыкают, напряжение на участке AB равно напряжению $U_2 = \frac{\mathcal{E}}{3}$ из-за параллельного соединения. Т.к. ток через катушку увеличивается постепенно, то в начальный момент времени $\mathcal{E}_i = U_2$, иначе ~~по закону Кирхгофа~~ произойдёт резкий скачок силы тока.

$$\mathcal{E}_i = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{L \Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\mathcal{E}_i}{L} = \frac{U_2}{L} = \frac{\mathcal{E}}{3L}$$

3) $Q = W_1 + W_2$ по закону сохранения энергии

$$Q = \frac{q^2}{2C} + \frac{q^2}{2 \cdot 2C} = (CU_1)^2 \cdot \left(\frac{2+1}{4C}\right) = \frac{3C^2 \cdot 4\mathcal{E}^2}{4C \cdot 9} = \frac{\mathcal{E}^2 C}{3}$$

Ответ: $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{3}{\mathcal{E}L}$; $Q = \frac{\mathcal{E}^2 C}{3}$.

1

21200200 (U873029 M1267019)

$\frac{\ldots}{3mR}$; $V_2 = V_0 - \frac{2B^2d^3}{3mR}$.

# Чистовик №4.

Дано: $m, d, V_0, R, B$

$b = 2d$; $H = d/3$

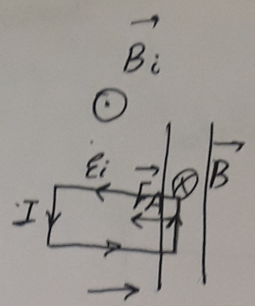
---

$a_0 = ?$

$V_1 = ?$

$V_2 = ?$

---




Решение.

1) $\varepsilon_i = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \left|\frac{\Delta(BS\cos\alpha)}{\Delta t}\right| = \frac{B_0 S}{\Delta t}$

$\frac{\Delta S}{\Delta t} = d \cdot \frac{\Delta b}{\Delta t} = dV_0 \Rightarrow \varepsilon_i = \frac{BdV_0}{\cancel{\Delta t}}$

$I = \frac{\varepsilon_i}{R} = \frac{BV_0 d}{R}$

2) т.к. $\Delta\Phi > 0$, то по правилу Ленца $\vec{B_i} \uparrow\downarrow \vec{B}$. Тогда по правилу буравчика ток в рамке течёт против часовой стрелки, и сила Ампера, действующая на правую сторону, направлена влево по правилу левой руки.

$F_A = BIl\sin\alpha = B \cdot \frac{BV_0 d}{R} \cdot d = \frac{B^2V_0d^2}{R}$

$F_A = ma$ – второй закон Ньютона

$a = \frac{F_A}{m} = \frac{B^2V_0d^2}{mR}$

3) В общем случае $a = \frac{B^2vd^2}{mR}$, где $v$ – скорость рамки в данный момент времени. Тогда ~~$a\Delta t = \frac{B^2d^2}{mR} v\Delta t$. Т.к. $\Delta V = \Delta$~~

$a\Delta t = \frac{B^2d^2}{mR} v\Delta t \Leftrightarrow \Delta V = \frac{B^2d^2}{mR} v\Delta t$

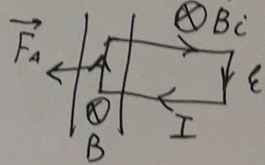
$\Delta x = v\Delta t \Rightarrow \Delta V = \frac{B^2d^2}{mR}\Delta x \Leftrightarrow$ ~~$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{B^2d^2}{mR}\frac{\Delta x}{\Delta t} \Leftrightarrow V' = \frac{B^2d^2}{mR}x' \Rightarrow V = \frac{B^2d^2}{mR}x$~~

где $\Delta x$ – расстояние от правой стороны до левого края магнитного поля. $\Delta x = \frac{d}{3} \Rightarrow \Delta v = \frac{B^2d^2}{mR} \cdot \frac{d}{3} = \frac{B^2d^3}{3mR}$; $V_1 = V_0 - \Delta v = V_0 - \frac{B^2d^3}{3mR}$

2

Чистовик

4) Пока левая сторона рамки не вошла в поле, площадь контура, пронизываемого полем, постоянна, и $\varepsilon_i = 0$. Когда левая сторона входит в поле, площадь рамки уменьшается, и по правилу Ленца $\vec{B_i} \uparrow\uparrow \vec{B}$. Тогда по правилу буравчика индукционный ток направлен по часовой стрелке, и сила Ампера в левой стороне рамки направлена влево по правилу левой руки. Тогда $a = \frac{B^2 v d^2}{mR}$ и $\vec{a} \uparrow\downarrow \vec{v}$.



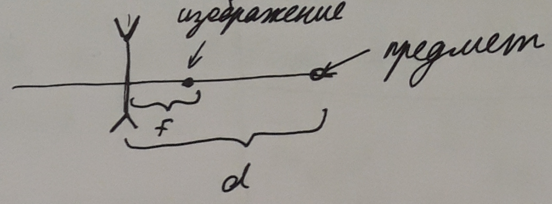

Т.к. $\Delta v \sim \Delta x$, а $\Delta x_1 = \Delta x_2 = \frac{d}{3}$, то и $\Delta v_1 = \Delta v_2$

$$V_2 = V_1 - \Delta v = V_0 - \frac{2B^2 d^3}{3mR}.$$

Ответ: $a = \frac{B^2 V_0 d^2}{mR}$; $V_1 = V_0 - \frac{B^2 d^3}{3mR}$; $V_2 = V_0 - \frac{2B^2 d^3}{3mR}$.

Чистовик

№5.




Дано: $d_1 = 25$ см; $d_2 = 50$ см

$\frac{D_1}{D_2} = 2$

$x = ?$

$D_1 = ?$

$D_3 = ?$

Решение.

1) По формуле тонкой линзы, $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, где $\frac{1}{F} = D$ - оптическая сила линзы. Для мнимого изображения и рассеивающей линзы $f$ и $D$ отрицательны. Для удалённых предметов $d >> f$, и слагаемым $\frac{1}{d}$ можно пренебречь. ~~Пусть F расстояние, на котором человек~~

$\frac{1}{-f} = -D_1 \Leftrightarrow D_1 = \frac{1}{F}$

$\frac{1}{d_1} - \frac{1}{f} = -D_2 \Leftrightarrow \frac{1}{d_1} - 2D_2 = -\cancel{1}D_2 \Leftrightarrow \frac{1}{d_1} = D_2 \Leftrightarrow D_2 = \frac{1}{25 см} = \frac{1}{0,25 м} = 4$ дптр

$D_1 = 2D_2 = 8$ дптр

Предметы на расстоянии $F$ человек будет видеть так же, как ~~предметы~~ удалённые предметы в очках с оптической силой $D_1$, значит, он сможет читать текст на расстоянии $x = F$.

$x = F = \frac{1}{D_1} = \frac{1}{2D_2} = \frac{1}{8 дптр} = 12,5$ см

2) $\frac{1}{d_2} - \frac{1}{f} = -D_3 \Leftrightarrow D_3 = \frac{1}{f} - \frac{1}{d_2} = \frac{1}{12,5 см} - \frac{1}{50 см} = \frac{3}{50 см} = 6$ дптр

Ответ: $x = 12,5$ см; $D_1 = 8$ дптр; $D_3 = 6$ дптр

4

Черновик

$\frac{B^2 V_0 d^2}{mR}$

$W = \frac{\left(\frac{2}{3} C\mathcal{E}\right)^2}{2C}$ $\quad U = \frac{2}{3}\mathcal{E}$

$W_2 = \frac{\left(\frac{2}{3} C\mathcal{E}\right)^2}{4C}$

$W = \frac{\frac{2}{3}(\mathcal{E})^2}{4C} = \frac{C\mathcal{E}^2}{9}$

$\frac{q_1}{C} + \frac{q_2}{2C} = \mathcal{E}$

$\boxed{2\mathcal{E} = 3\mathcal{E}}$

$\frac{2\mathcal{E}}{3L}$

$\frac{1}{f} = D_{дал}$

$\frac{B \Delta S}{t} = B d V_0 = \mathcal{E}_i$

$\frac{1}{25\,см} - 2\frac{1}{12\,см} = -D_{бл}$ $\quad 3 D_{бл}$

$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{B d V_0}{R}$

$v(t)$

$V = V_0 - at = V_0\left(1 - t\frac{B^2 d^2}{mR}\right)$

$x(t) = V_0\left(t - \frac{t^2 B^2 d^2}{2mR}\right)$

$x(t) = \frac{vt}{2} + \frac{V_0 t}{2} = \frac{t}{2}(V + V_0) = \frac{h}{3}$

$\Delta V = a\Delta t$

$a\frac{B^2 d^2}{mR}$

$a = a\boxed{\frac{B^2 d^2}{2mR}}$

$a = \frac{2mR}{B^2 d^2}$

$a \sim V(t)\frac{V_0}{V(t)}$

$\Delta V \sim V$

$\frac{\Delta a}{\Delta t} = a\frac{B^2 d^2}{mR}\Delta V \Delta t$

$\mathcal{E}_i = U_2$