Павлицкий ДС
М8О-206Б-19
Вариант 19

РГР №1

Механика

1.60

Дано:

$w_t = a$

$w_n = bt^4$

$t = 0$

$v = 0$

$W(S) - ?$

Решение:

$a = \frac{dv}{dt}$

$a\int_0^t dt = \int_0^v dv$

$v = at$

$v = \frac{dS}{dt} \qquad at = \frac{dS}{dt}$

$a\int_0^t t\,dt = \int_0^S dS$

$a\frac{t^2}{2} = S$

$t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$

$W_n = \frac{v^2}{R} = R = \frac{v^2}{W_n}$ – кривизна R траектории точки

$R = \frac{a^2 \cdot \frac{2S}{a}}{b\frac{4S^2}{a^2}} = 2aS : \frac{4bS^2}{a^2} = \frac{2aSa^2}{2 \cdot 4bS^2} = \frac{a^3}{2bS}$

$W = \sqrt{W_n^2 + W_\tau^2} = \sqrt{a^2 + b^2 \cdot \left(\frac{4S^2}{a^2}\right)^2} = a\sqrt{1 + \left(\frac{4bS^2}{a^3}\right)^2}$

Ответ: $W = a\sqrt{1 + \left(\frac{4bS^2}{a^3}\right)^2}$

1.30

Дано:

$x = A\cos(\omega t)\vec{i}$

$y = B\cos(\omega t + \varphi_0)\vec{j}$

$A, B, \varphi_0, \omega - const$

$y(x) - ?$

Решение:

Зависимость $y(x)$:

$$\left(\frac{x}{A}\right)^2 + \left(\frac{y}{B}\right)^2 = \cos^2(\omega t) + \cos^2(\omega t)$$

Радиус-вектор точки:

$$\vec{r}(t) = x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} = A\cos\omega t \cdot \vec{i} + B\cos\omega t \cdot \vec{j}$$

Найдём законы изменения скорости и уск. точки:

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}(t)}{dt} = A\omega\cos\omega t\,\vec{i} - B\omega\cos\omega t\,\vec{j}$$

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt} = +A\omega^2\cos\omega t \cdot \vec{i} - B\omega^2\cos\omega t\,\vec{j}$$

$$y = B\left(\frac{x}{A}\cos\varphi_0 - \frac{\sqrt{A^2 - x^2}}{A}\sin\varphi_0\right)$$

Ответ: $y(x) = B\left(\frac{x}{A}\cos\varphi_0 - \frac{\sqrt{A^2-x^2}}{A}\sin\varphi_0\right)$

1.90

Дано:

$\omega_1 = 3$ рад/с

$\omega_2 = 4$ рад/с

$\omega - ?$

$\varepsilon - ?$

Решение:

1) $\vec{\omega} = \vec{\omega}_1 + \vec{\omega}_2$; $\omega = \sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}$

2) Пусть за промежуток времени dt был совершён поворот на угол $d\varphi$.

Тогда:

$$\varepsilon = \frac{d\omega_1}{dt} \qquad d\omega_1 = \omega_1 d\varphi$$

Угол $d\varphi$ обусловлен угловой скоростью $\vec{\omega}_2$, поэтому $d\varphi = \omega_2 dt$.

В итоге:

$$\varepsilon = \frac{\omega_1 \omega_2 dt}{dt} = \omega_1\omega_2 = 12 \text{ рад/с}^2$$

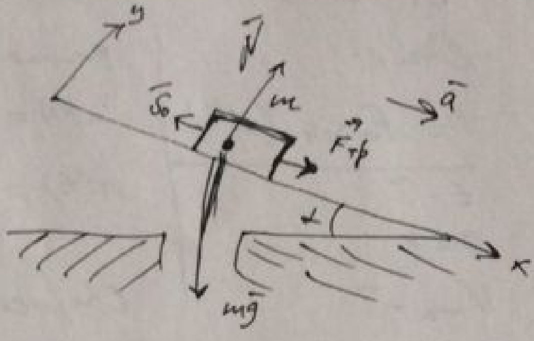
Ответ: $\varepsilon = \omega_1\omega_2 = 12$ рад/с ; $\omega = \sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2} = 5$ рад/с

2.29

Дано: v_0, k

α - ?

S - ?



Решение:

$F_{тр} + mg\sin\alpha = ma$

$N - mg\cos\alpha = 0$

$F_{тр} = kN$

$N = mg\cos\alpha$

$F_{тр} = kmg\cos\alpha$

$kmg\cos\alpha + mg\sin\alpha = ma$

$a = g(k\cos\alpha + \sin\alpha)$

$S = \frac{v_0^2}{2a}$

$S = \frac{v_0^2}{2g(k\cos\alpha + \sin\alpha)}$

$f'(\alpha) = -2gk\sin\alpha + 2g\cos\alpha = 0$

$k\sin\alpha = \cos\alpha$

$tg\,\alpha = \frac{1}{k}$

$\cos\alpha = \frac{k}{\sqrt{1+k^2}}$

$\sin\alpha = \frac{1}{\sqrt{1+k^2}}$

$S = \frac{v_0^2\sqrt{1+k^2}}{2g(k^2+1)} = \frac{v_0^2}{2g\sqrt{1+k^2}}$

Ответ: при $tg\,\alpha = \frac{1}{k}$

$S = \frac{v_0^2}{2g\sqrt{1+k^2}}$

2.49

Дано:

$F = F_0 \sin(\omega t)$

t - ?

S - ?

V_{max} - ?

Решение:

$a(t) = \frac{F(t)}{m}$

$a(t) = \frac{F_0 \sin(\omega t)}{m}$ — уск частицы по 2 закону Ньютона

Скорость частицы и ее уск с отношением:

$a(t) = \frac{dv}{dt}$

Откуда:

$v(t) = \int a(t)\,dt = \int \frac{F_0 \sin(\omega t)\,dt}{m} = -\frac{F_0 \cos \omega t}{(\omega m)} + C$

при $t = 0$ $\quad v(0) = 0$

$0 = \frac{-F_0}{\omega m} + C$

$C = \frac{F_0}{\omega m}$

$v(t) = F_0 \cdot \frac{1-\cos(\omega t)}{\omega m}$

Путь пройденный частицей:

$v(t) = \frac{dS}{dt}$

$S(t) = \int v(t)\,dt$

$S(t) = \int \frac{F_0 \cdot (1-\cos(\omega t)\,dt)}{\omega m} = F_0 \cdot \frac{(\omega t - \sin(\omega t))}{(\omega^2 m)} + C$

Так как $S(0) = 0$ то $C = 0$

$S(t) = F_0 \frac{(\omega t - \sin(\omega t))}{(\omega^2 m)}$

В момент остановки $v(t) = 0$, след. время движения частицы до первой остановки:

$F_0 \cdot \left(\frac{1-\cos(\omega t)}{\omega m}\right) = 0 \qquad t = \frac{\pi}{\omega}$

Путь пройденный за это время

$S\,\frac{\pi}{\omega} = F_0 \left(\frac{\left(\frac{\omega\pi}{\omega}\right) - \sin\left(\frac{\omega\pi}{\omega}\right)}{\omega^2 m}\right) = \frac{F_0\pi}{\omega^2 m}$

Скорость максимальна при $a(t) = 0$

$F_0 \frac{\sin \omega t}{m} = 0$

$\sin(\omega t) = 0$

$\cos \omega(t) = -1$

$V_{max} = \frac{2F_0}{\omega m}$

Ответ: $t = \frac{\pi}{\omega}$ $\qquad S = F_0 \cdot \frac{\pi}{(\omega^2 m)}$ $\qquad V_{max} = \frac{2F_0}{\omega m}$

2.59

Дано:

$v = v_0 - \beta l$

$F(v) - ?$

Решение:

$v = \frac{dl}{dt}$

$\frac{dl}{dt} = v_0 - \beta l \Rightarrow \frac{dl}{v_0 - \beta l} = dt \Rightarrow$

$\Rightarrow -\frac{1}{\beta} \ln|v_0 - \beta l| = t + C.$

При $t = 0.1 = 0 \Rightarrow C = -\frac{1}{\beta} \ln|v_0|.$

$-\frac{1}{\beta} \ln|v_0 - \beta l| = t - \frac{1}{\beta} \ln|v_0|$

$\ln|v_0 - \beta l| = \ln|v_0| - \beta t$

$1 - \frac{\beta l}{v_0} = e \cdot (-\beta t)$

$l = \frac{v_0}{\beta}\left(1 - (e - \beta t)\right)$

$v = \frac{dl}{dt} = v_0 \cdot e(-\beta t)$

$a = \frac{dv}{dt} = -\beta v_0 \cdot e(-\beta t)$

$F(t) = ma(t) = -m\beta v_0 \cdot e(-\beta t)$

т.к. $v = v_0 \cdot \exp(-\beta t)$ то $F(v) = -m\beta v$

Ответ: $F(v) = -m\beta v$

3.29.

Дано:

$m = 1$ кг

$v_0 = 1$ м/с

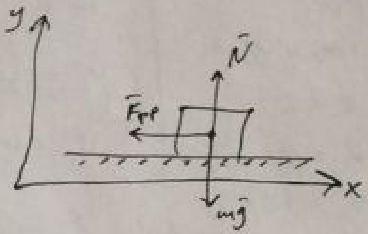
$f = \alpha x$

$\alpha = 10^{-1}$ м$^{-1}$

$v(x)$?

Решение:

2-й закон Ньютона для частицы в проекциях на оси X и Y:



$$\begin{cases} -F_{тр} = ma & (1) \\ N - mg = 0 & (2) \end{cases}$$

Из (2): $N = mg \Rightarrow F_{тр} = fN = \alpha x mg$

Из (1) имеем: $ma = -\alpha x mg$

$$a = -\alpha x g \qquad (3)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\alpha x g \qquad (4)$$

Введём вспомогательную функцию $v(x)$ и сделаем подстановку:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{dv}{dx} \cdot v$$

$$v \frac{dv}{dx} = -\alpha x g \qquad (5)$$

Интегрируя получим:

$$v\,dv = -\alpha x g\,dx$$

$$\frac{v^2}{2} = -\frac{\alpha x^2}{2} g + C$$

Найдем константу C из нач. условий:

При $x = 0$ $v = v_0$: $\frac{v_0^2}{2} = 0 + C \Rightarrow C = \frac{v_0^2}{2}$

$$v^2 = -\alpha x^2 g + v_0^2$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - \alpha x^2 g} = 0{,}87 \text{ м/с}$$

Ответ: $v = \sqrt{v_0^2 - \alpha x^2 g} = 0{,}87$ м/с

3.59

Дано:

m_1

$m_2 = \eta \cdot m_1$

$\eta = 2$

$\upsilon_1 = 2i + 3j$

$\upsilon_2 = 4i - 5j$

$\upsilon - ?$

$|\upsilon| - ?$

Решение:

$m_1 \upsilon_1 + m_2 \upsilon_2 = (m_1 + m_2)\upsilon$

$\eta = \frac{m_2}{m_1}$

$\upsilon_1 + \eta \upsilon_2 = (1+\eta)\upsilon \Rightarrow \vec{\upsilon} = \frac{\upsilon_1 + \eta \upsilon_2}{1+\eta}$

$\vec{\upsilon} = \frac{(2i+3j) + \eta(4i-5j)}{1+\eta} = \frac{(2+4\eta)i + (3-5\eta)j}{1+\eta}$

при $\eta = 2$:

$\vec{\upsilon} = \frac{10}{3}\vec{i} - \frac{7}{3}\vec{j}$

$\vec{\upsilon} = \sqrt{\upsilon_x^2 + \upsilon_y^2} = \sqrt{\left(\frac{10}{3}\right)^2 + \left(\frac{7}{3}\right)^2} \approx$ ~~...~~ 4 м/с

Ответ: $\upsilon = \sqrt{\upsilon_x^2 + \upsilon_y^2} \approx 4$ м/с ; $\vec{\upsilon} = \frac{10\vec{i} - 7\vec{j}}{3}$

4.57

Дано:

$D = 10$ см $= 10 \cdot 10^{-2}$ м

$m = 2$ кг

$n = 4$ об/с

$W_k - ?$

Решение:

$W_k = W_{k\,пост} + W_{k\,вр}$

$W_{k\,пост} = \frac{m\upsilon^2}{2}$

$W_{k\,вр} = \frac{J\omega^2}{2}$

$J = \frac{2mR^2}{5}$ – момент инерции шара

$V = \omega R$ – связь лин. и угл. скорости

$\omega = 2\pi n$

Тогда:

$W_k = \frac{m\upsilon^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2} = \frac{m\upsilon^2}{2} + \frac{2mR^2\upsilon^2}{2 \cdot 5R^2} = \frac{7}{10}m\upsilon^2$

$= \frac{7m\omega^2R^2}{10} = \frac{7}{10}\pi^2 n^2 D^2 m =$ ~~$\frac{7}{10}m\upsilon^2 = \frac{7m\omega^2R^2}{10} = \frac{7}{10}m\omega^2\frac{D^2}{4}$~~

$= \frac{7}{10} \cdot 3{,}14^2 \cdot 4^2 \cdot (10 \cdot 10^{-2}) \cdot 4 = 1.1$ Дж

Ответ: $W_k = 1.1$ Дж.

4.27

Дано:

$l = 4$ м

$\alpha = 30^\circ$

Решение:

$h = l \cdot \sin\alpha = 4 \cdot \sin 30^\circ = 2$

$E_p = mgh$ потенц. энергия

$E_k = \frac{m v^2}{2}$ эн поступ. движения.

$E_{вр} = \frac{I\omega^2}{2}$ эн. вращ. движения

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

Для диска радиусом R

$$I = \frac{mR^2}{2}$$

$$\omega = \frac{v}{2\pi R}$$ – один оборот = расст $2\pi R$

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{mR^2}{2} \cdot \left(\frac{v}{2\pi R}\right)^2$$

$$gh = \frac{v^2}{2}\; 1 + \frac{1}{8\pi^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2gh}{1+\frac{1}{8\pi^2}}} = \frac{2 \cdot 9.8 \cdot 2}{1+\frac{1}{8\pi^2}} \approx 6.22 \text{ м/с}$$

Ответ: $v = 6.22$ м/с

5.30

Дано:
H
h $T_h = T_H$

$\frac{H}{h}$ - ?

Решение:

$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ период колебания мат. маятника

если T_h равны значит $T_{маятника}$ равны.

$T_h = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_h}}$ $\Rightarrow$ $g_h = g_H$

$F = mg$ или $F = G\frac{mM}{r^2}$ отсюда

$g = \frac{GM}{r^2} = G\frac{4\pi(R-h)^3\rho}{3(R-h)^2}$ $\underset{(1)}{*}$

$(R-h)^3 = (R^3 - 3R^2h + 3Rh^2 - h^3)$

$(R-h)^3 = 1 - 3\frac{h}{R} + 3\frac{h^2}{R^2} - \frac{h^3}{R^3}$

Поскольку $h < R$, то $(R-h)^3 \approx R^3\left(1 - 3\frac{h}{R^3}\right)$

Аналогично: $(R-h)^2 = (R^2 - 2Rh + h^2)$

откуда $(R-h)^2 \approx R^2\left(1 - \frac{2h}{R}\right)$

Тогда из $\underset{(1)}{*}$ $g_h = G\frac{3\pi R\left(1 - \frac{3h}{R}\right)\rho}{4\left(1 - \frac{2h}{R}\right)}$ $\underset{(2)}{**}$

$g_H = G\frac{4\pi R^3\rho}{3(R+H)^2}$ $\underset{(3)}{***}$

Поскольку $H < R$, то $(R+H)^2 = \left[R\left(1 + \frac{H}{R}\right)\right]^2$

$(R+H)^2 \approx R^2\left(1 + 2\frac{H}{R}\right)$

из $\underset{(3)}{***}$ $g_h = G\frac{4\pi\rho R}{3\left(1 + 2\frac{H}{R}\right)}$ $\underset{(4)}{****}$

Поскольку $g_h = g_H$ то приравняв (2) и (4)

получим $G\frac{4\pi R\left(1 - 3\frac{h}{R}\right)\rho}{3\left(1 - \frac{2h}{R}\right)} = G\frac{4\pi\rho R}{3\left(1 + \frac{2H}{R}\right)}$

откуда $\frac{1 - \frac{3h}{R}}{1 - \frac{2h}{R}} = \frac{1}{1 + 2\frac{H}{R}}$ (5)

(5) можно записать в виде $1 - 3\frac{h}{R} + \frac{2h}{R} - \overset{0}{6\frac{h^2}{R^2}} = 1 - 2\frac{H}{R}$

Тогда $1 - \frac{h}{R} = 1 - \frac{2H}{R}$ отсюда $h = 2H$

Ответ: $h = 2H$

5.60

Дано:

$r_1 = 0,95 \cdot 10^4$ км $= 0,95 \cdot 10^7$ м

$r_2 = 2.4 \cdot 10^4$ км $= 2.4 \cdot 10^7$ м

T_1 - ?

T_2 - ?

Решение:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$m \cdot \frac{v^2}{R} = mg$$

$$g = \gamma \cdot \frac{M}{R^2}$$

$M = 6.21 \cdot 10^{23}$ - масса Марса

$$V = \sqrt{gr} = \sqrt{\gamma \frac{M}{r}}$$

Отсюда $T = \dfrac{2\pi r}{\sqrt{\gamma \frac{M}{r}}} = \dfrac{2\pi r^{3/2}}{\sqrt{\gamma M}}$

Для Фобоса:

$$T_1 = \frac{2\pi r_1^{3/2}}{\sqrt{\gamma M}} = 7,8 \text{ ч}$$

Для Деймоса:

$$T_2 = \frac{2\pi r_2^{3/2}}{\sqrt{\gamma M}} = 31,2 \text{ ч}$$

Ответ: $T_1 = 7,8$ ч. $T_2 = 31.2$ ч.

5.40 Дано:

$h_{min} = 183 км = 183 \cdot 10^3 м$

$h_{max} = 244 км = 244 \cdot 10^3 м$

$T - ?$

Решение:

Большая полуось орбиты Луны:

$R_Л = r_{З-Л} + R_З = 3{,}844 \cdot 10^8 + 6{,}378164 \cdot 10^6 =$

$= 3{,}90778 \cdot 10^8 м$

$T_Л = 27 суток\ 7 часов\ 43 мин =$

$= 2360580 с.$

Большая полуось орбиты спутника "Восток-2"

$$R_1 = \frac{h_{max} + h_{min}}{2} + R_З =$$

$$= \frac{244 \cdot 10^3 + 183 \cdot 10^3}{2} + 6{,}378164 \cdot 10^6 =$$

$$= 6{,}59166 \cdot 10^6 м$$

По 3 закону Кеплера:

$$\frac{T_1^2}{T_Л^2} = \frac{R_1^3}{R_Л^3}$$

Тогда:

$$T_2 = T_Л \sqrt{\frac{R_2^3}{R_Л^3}} = 5171{,}49 с = 86{,}19 мин$$

Ответ: $T_2 = 5171{,}49 с = 86{,}19 мин.$

6.30

Дано:

$T = 2c$

$A = 50_{мм} = 50 \cdot 10^{-3} м$

$\varphi = 0$

$x = 25$ мм $= 25 \cdot 10^{-3}$ м

$V - ?$

Решение:

$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ - ур. колеб

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ - цикл. частота

$t = \frac{1}{\omega} \arcsin\left(\frac{x}{A} - \varphi_0\right) = \frac{T}{2\pi} \arcsin\left(\frac{x}{A} - \varphi_0\right)$

первая произв. от смещения x.

$V = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0) =$

$= A\frac{2\pi}{T} \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{2\pi} \arcsin\left(\frac{x}{A} - \varphi_0\right) + \varphi_0\right) =$

$= A\frac{2\pi}{T} \cos\left(\arcsin\left(\frac{x}{A} - \varphi_0\right) + \varphi_0\right) =$

$= 50 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{2 \cdot 3.14}{2} \cos \arcsin\left(\frac{25 \cdot 10^{-3}}{50 \cdot 10^{-3}} - 0 + 0\right)$

$= 50 \cdot 10^{-3} \cdot 3{,}14 \cdot \cos 30^\circ = 0{,}136$ м/с

Ответ: $v = 0{,}136$ м/с $= 13{,}6$ см/с

6.40

Дано:

$A_1 = 3 см$

$A_2 = 5 см$

$A = 7 см$

ω_0

$\varphi_2 - \varphi_1 - ?$

Решение:

Амплитуда результ. колебания:

$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_{02} - \varphi_{01})} =$

$= A_1\sqrt{2 + 2\cos(\varphi_{02} - \varphi_{01})}$

Тк $A_1 = 3$ см $A_2 = 5$

то $\cos(\alpha_2 - \alpha_1) = \frac{A^2 - A_1^2 - A_2^2}{2A_1A_2} = \frac{7^2 - 3^2 - 5^2}{2 \cdot 3 \cdot 5} =$

$= \frac{15}{30} = \frac{1}{2}$

$\alpha_2 - \alpha_1 = \frac{\pi}{3} \approx 71^\circ$

Ответ: $\alpha_2 - \alpha_1 = \frac{\pi}{3} \approx 71^\circ$

7.26

Дано:

$T = 1$ ГэВ

m_p/m_e - ?

Решение:

$T = E - E_0 = mc^2 - m_0 c^2$

$m_e c^2 = m_{e0} c^2 + T$ - для электрона

$m_p c^2 = m_{p0} c^2 + T$ - для протона

тогда $\frac{m_p}{m_e} = \frac{m_{p0} c^2 + T}{m_{e0} c^2 + T}$

Энергия покоя электр. $m_{e0} c^2 = 0{,}511$ МэВ.

протона $m_{p0} c^2 = 938$ МэВ

тогда $\frac{M}{m_e} = \frac{938 + 1000}{0{,}511 + 1000} = 1{,}937$

Ответ: $\frac{M_p}{M_e} = 1{,}937$

7.46

Дано:

p

α-частица

U - ?

Решение:

Полная энергия частицы пропорциональна ее массе

Поэтому $E_p = \frac{1}{3} E_\alpha$

$eU + m_{0p} c^2 = \frac{1}{3}\left(2eU + m_{0\alpha} c^2\right)$

$\frac{1}{3} eU = \left(\frac{m_{0\alpha}}{3} - m_{0p}\right) c^2$

$U = \frac{(m_{0\alpha} - 3m_{0p}) c^2}{e}$

$U = 912$ МВ

Ответ: $U = 912$ МВ

7.56

Дано:

$R = 10 см = 0,1 м$

$B = 10 Тл$

$e = 1.6 \cdot 10^{-19} Кл$

$m_0 = 9.1 \cdot 10^{-31} кг$

$c = 3 \cdot 10^8 м/с$

$T - ?$

Решение:

$T = (m - m_0)c^2$ – кин. эн. электрона

на через действует сила Лоренца

$\vec{F} = q \cdot [\vec{v} \times \vec{B}]$ или $F = |e| \, v B \sin\alpha$

В камере Вильсона электрону сообщается норм. уск:

$|e| \, v B \sin\alpha = m \frac{v^2}{R}$

Выразим скорость (при $\alpha = 90°$)

$v = \frac{|e| BR}{m}$

Масса электр.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{e^2 B^2 R^2}{m^2 c^2}}} = \frac{m_0 mc}{\sqrt{m^2 c^2 - e^2 B^2 R^2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{m_0^2 m^2 c^2}{m^2 c^2 - e^2 B^2 R^2} \Rightarrow m_0^2 m^2 c^2 = m^2 (m^2 c^2 - e^2 B^2 R^2) \Rightarrow m_0^2 c^2 =$$

$$= m^2 c^2 - e^2 B^2 R^2 \quad m^2 c^2 = m_0^2 c^2 + e^2 B^2 R^2 \Rightarrow m = \sqrt{m_0^2 + \frac{e^2 B^2 R^2}{c^2}}$$

$$m = \sqrt{0,284 \cdot 10^{-54}} \approx 0,5342 \cdot 10^{-27} \approx 53,42 \cdot 10^{-29} кг$$

$$T = (m - m_0)c^2 = (53,42 \cdot 10^{-29} - 9,1 \cdot 10^{-31}) \cdot 9 \cdot 10^{16} = (53,42 - 9,1 \cdot 10^{-2}) \cdot$$

$$\cdot 9 \cdot 10^{-13} \approx 480 \cdot 10^{-13} Дж \approx 300 \cdot 10^6 эВ \approx 300 МэВ$$

Ответ: $T = 300$ МэВ