

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

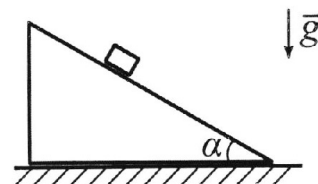
1. Шайба массой $m=0,2$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$, здесь $\vec{V}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, постоянная $T = 2$ с.

1. Найдите путь S , пройденный шайбой за время от $t=0$ до $t=4T$.
2. Найдите модуль F горизонтальной силы, действующей на шайбу.
3. Найдите работу A силы F за время от $t=0$ до $t=T$.

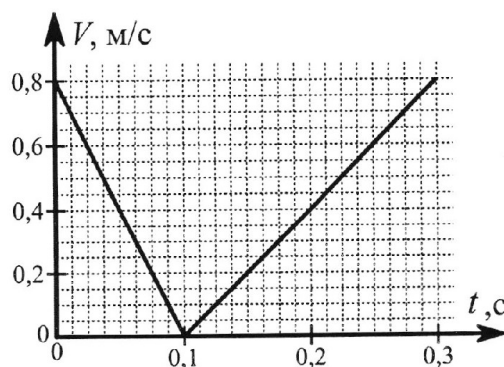
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

1. Найдите максимальную высоту H полета.
2. Найдите горизонтальную дальность S полета.
3. Найдите радиус R кривизны начального участка траектории.

3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до и после остановки происходит по одной и той же прямой. Масса шайбы $m = 0,2$ кг, масса клина $2m$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость клина образует с горизонтом.
2. Найдите модуль $F_{тр}$ наибольшей силы трения, с которой горизонтальная плоскость действует на клин в процессе движения шайбы по клину при $0 < t < 0,3$ с.
3. При каких значениях коэффициента μ трения скольжения клина по горизонтальной плоскости клин будет находиться в покое при $0 < t < 0,3$ с?





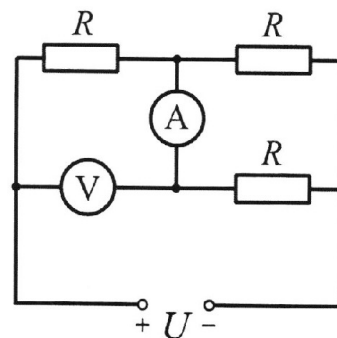
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В электрической цепи (см. схему на рис.) сопротивления трех резисторов одинаковы и равны $R = 100$ Ом. Цепь подключена к источнику постоянного напряжения $U = 30$ В. Сопротивление амперметра пренебрежимо мало по сравнению с R , сопротивление вольтметра очень велико по сравнению с R .



1 Найдите силу I тока, текущего через источник.

2 Найдите показание U_B вольтметра.

3 Какая мощность P рассеивается в цепи?

5. В калориметр, содержащий воду при температуре $t_1 = 10$ °С, помещают лед. Масса льда равна массе воды. После установления теплового равновесия отношение массы льда к массе воды $n = 9/7$.

1. Найдите долю δ массы воды, превратившейся в лед.

2. Найдите начальную температуру t_2 льда.

В теплообмене участвуют только лед и вода. Удельная теплоёмкость льда $c_{\text{л}} = 2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,36 \cdot 10^5$ Дж/кг, температура плавления льда $t_0 = 0$ °С.



1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$m = 0,2 \text{ кг}; \quad \vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right); \quad \vec{V}_0 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad T = 2 \text{ с}.$$

Заметим, что $\vec{V}(t)$ изменяется линейно $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ движение равноускоренное. Найдём ускорение $\vec{a}$.

$$\begin{cases} \vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) \\ \vec{V}(t) = \vec{V}_0 + \vec{a}t \end{cases} \Rightarrow \vec{a} = -\frac{\vec{V}_0}{T} = -\frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \text{ с}} = -2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\text{Ох: } a = -\frac{V_0}{T} = -\frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \text{ с}} = -2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

1. За время от $t=0$ до $t=4T=8 \text{ с}$ шайба успеет остано-
виться и развернуться ($V_k = V_0 + a \cdot 4T = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 8 \text{ с} = -12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$)

Шайба остановится через $t' = \frac{-V_0}{a} = \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 2 \text{ с}$.

$$\text{За это время шайба пройдет путь } S' = V_0 t' + \frac{1}{2} a t'^2 =$$

$$= 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 2 \text{ с} - \frac{1}{2} \cdot 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 4 \text{ с}^2 = 4 \text{ м}.$$

$$\text{После шайба пройдет } S'' = \left| \frac{1}{2} a (4T - t')^2 \right| = \frac{1}{2} \cdot 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 36 \text{ с}^2 =$$

$$= 36 \text{ м}$$

$$S = S' + S'' = 4 \text{ м} + 36 \text{ м} = 40 \text{ м}.$$

2. По 2-му з-ну Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\text{Ох: } F = ma = 0,2 \text{ кг} \cdot (-2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}) = -0,4 \text{ Н}.$$

$$|\vec{F}| = 0,4 \text{ Н}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

3. За время от $t=0$ до $t=T=2c=t'$ мячик остановился.

$$A_{\text{к}} = F \cdot s' = -0,4 \text{ Н} \cdot 4 \text{ м} = -1,6 \text{ Дж} \quad (\text{перемещение и действие } F \text{ противоположно направлению, отсюда } -)$$

Даны: $s = 4 \text{ м}$; $|\vec{F}| = 0,4 \text{ Н}$; $A_{\text{к}} = -1,6 \text{ Дж}$.



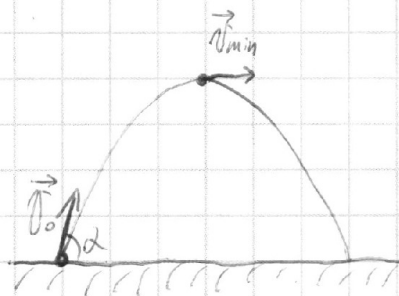
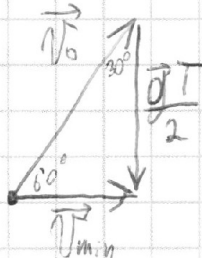
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Заметим, что сопр. воздуха мало $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ движение мяча происходит по параболе.



1. При таком движении макс. скорость достигается ~~в начале~~ в начале (или в конце, симметрично), а мин. скорость в вершине траектории движения, когда вектор скорости горизонтален.

Положа из треугольника скоростей $\Rightarrow$ один из углов его 30° , и к катет в 2 раза меньше гипотенузы ($\frac{v_{\max}}{v_{\min}} = 2$), а значит угол, под которым запустили мяч $2 = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$. Катет, отвечающий за изменение вектора скорости, равен $\frac{gT}{2}$, и к до вершины мяч долетает за $\frac{T}{2}$.

$$v_0 = \frac{\frac{gT}{2}}{\sin 2} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 4\text{с}}{2 \cdot \sin 60^\circ} = \frac{40 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\sqrt{3}} = \frac{40\sqrt{3}}{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$H = \frac{(v_0 \sin 2)^2}{2g} = \frac{(20 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 20 \text{ м}$$

$$2. S = (v_0 \cos 2) \cdot T = \frac{20\sqrt{3}}{3} \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 4\text{с} = \frac{80\sqrt{3}}{3} \text{ м}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☒

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

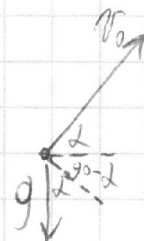
3. Для конкатены R
воспользуемся формулой

$\frac{v_0^2}{R} = a_n$, где a_n — нормальное ускорение в данный момент.

$a_n = g \cos \alpha = 10 \frac{м}{с^2} \cdot \frac{1}{2} = 5 \frac{м}{с^2}$

$$R = \frac{v_0^2}{a_n} = \frac{\left(\frac{40\sqrt{3}}{3} \frac{м}{с}\right)^2}{5 \frac{м}{с^2}} = \frac{1600}{15} м = \frac{320}{3} м = 106 \frac{2}{3} м.$$

Ответ: $H = 20 м$; $S = \frac{80\sqrt{3}}{3} м$; $R = 106 \frac{2}{3} м$.





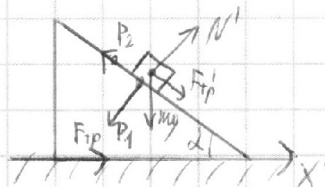
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

2. По 3-му з-му Ньютона

силы действующей с силой N' и $F_{тр}$ на шайбу $\Rightarrow$ шайба действует на клин с силами P_1 и P_2 соответственно.



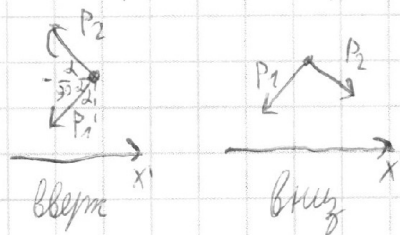
$$P_1 = N', P_2 = F_{тр} = \cancel{ma_1} - mg \sin \alpha = 0,2 \text{ кг} \left(8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{8}{15} \right) =$$

$$= 0,2 \cdot 8 \cdot \frac{1}{3} \text{ Н} = \frac{16}{30} \text{ Н} = \frac{8}{15} \text{ Н}$$

$$P_1 = N' = mg \cos \alpha = mg \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} =$$

$$= 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\sqrt{161}}{15} = \frac{2\sqrt{161}}{15} \text{ Н}$$

Заметим, что $F_{тр}$ направл. при движении шайбы вверх, т.е. проекции P_1 и P_2 на Ox' сонаправлены (когда выш. противоположнонаправлены)



$$\text{макс. } F_{тр} = P_1 \cos(90 - \alpha) + P_2 \cos \alpha$$

(клин покоится $\Rightarrow F_{тр}$ компенсирует P_1 и P_2)

$$F_{тр} = P_1 \sin \alpha + P_2 \cos \alpha = \frac{2\sqrt{161}}{15} \text{ Н} \cdot \frac{8}{15} + \frac{8}{15} \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{161}}{15} = \frac{8}{15} \cdot \frac{\sqrt{161}}{5} \text{ Н} =$$

$$= \frac{8\sqrt{161}}{75} \text{ Н}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

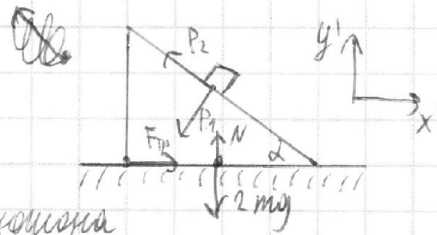
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

3. Вычислим минимальные необходимые коэф. трения μ при движении шайбы вверх и вниз и выведем из них максимальный.

Вверх:



По 2-му 3-му закону Ньютона

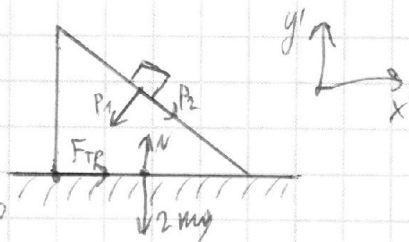
$$2mg + \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = 2m\vec{a}_k = 0$$

$$Ox': P_1 \sin \alpha + P_2 \cos \alpha = F_{\text{тр}}$$

$$Oy': N = P_1 \cos \alpha - P_2 \sin \alpha + 2mg = \frac{2\sqrt{161}}{15} \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{161}}{15} - \frac{8}{15} \text{ Н} \cdot \frac{8}{15} + 2 \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \left(\frac{2 \cdot 161}{225} - \frac{64}{225} + 4 \right) \text{ Н} = \frac{1158}{225} \text{ Н} = \frac{386}{75} \text{ Н}$$

$$\mu_1 = \frac{F_{\text{тр}}}{N} = \frac{\frac{8\sqrt{161}}{15}}{\frac{386}{75}} = \frac{8\sqrt{161}}{386} = \frac{4\sqrt{161}}{193}$$

Вниз:



По 2-му 3-му закону Ньютона

$$2mg + \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = 2m\vec{a}_k = 0$$

$$Ox': F_{\text{тр}} = P_1 \sin \alpha - P_2 \cos \alpha = \frac{2\sqrt{161}}{15} \text{ Н} \cdot \frac{8}{15} - \frac{8}{15} \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{161}}{15} = \frac{8\sqrt{161}}{225} \text{ Н}$$

$$Oy': N = P_1 \cos \alpha + P_2 \sin \alpha + 2mg = \left(\frac{2 \cdot 161}{225} + \frac{64}{225} + 4 \right) \text{ Н} = \frac{1286}{225} \text{ Н}$$

$$\mu_2 = \frac{F_{\text{тр}}}{N} = \frac{\frac{8\sqrt{161}}{225}}{\frac{1286}{225}} = \frac{8\sqrt{161}}{1286} = \frac{4\sqrt{161}}{643}$$

Ответ: $\sin \alpha = \frac{8}{15}$; $F_{\text{тр}} = \frac{8\sqrt{161}}{75} \text{ Н}$;

$$\mu \geq \frac{4\sqrt{161}}{193}$$

$$\mu_1 > \mu_2 \Rightarrow \text{подходит все } \mu \geq \mu_1$$

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

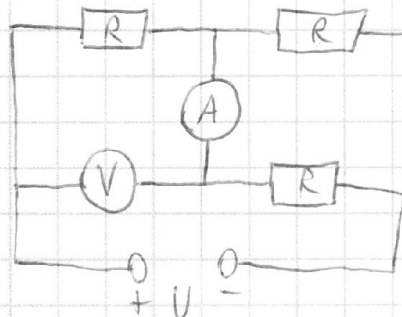
СТРАНИЦА
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$R = 100 \Omega; U = 30 \text{ В}; R_A \ll R;$$

$$R_V \gg R.$$

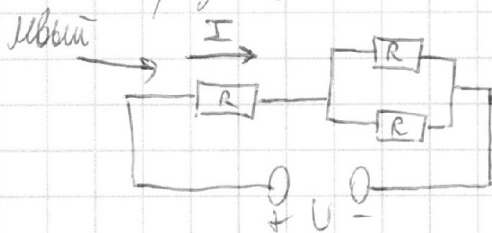


1. Заметим, что

$$R_A \ll R \ll R_V \quad (R_A - \text{сопр. амперметра}, \\ R_V - \text{сопр. вольтметра})$$

Следовательно приборы можно считать идеальными.

Значит можно считать, что вольтметр $\textcircled{V}$ перемычка, а через $\textcircled{V}$ ток не течет. Тогда экв. схема этой цепи:



$$\text{Экв. сопр. цепи } R_0 = R + \frac{R}{2} = 1,5R = 150 \Omega.$$

$$I = \frac{U}{R_0} = \frac{30 \text{ В}}{150 \Omega} = 0,2 \text{ А}$$

2. Показания $\textcircled{V}$ это напряжение на левом резисторе (см. рис.) $U_0 = IR = 0,2 \text{ А} \cdot 100 \Omega = 20 \text{ В}.$

3. Мощность P , рассеивающаяся в цепи, это произведение тока I на напряжение на ней U .

$$P = UI = 30 \text{ В} \cdot 0,2 \text{ А} = 6 \text{ Вт}.$$

Ответ: $I = 0,2 \text{ А}; U_0 = 20 \text{ В}; P = 6 \text{ Вт}.$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$C_b m t_1 + C_a m t_2 + \lambda m' = 0$$

$$\frac{m+m'}{m-m'} = n = \frac{9}{7}$$

$$7m + 7m' = 9m - 9m'$$

$$16m' = 2m$$

$$m' = \frac{m}{8}$$

$$C_b t_1 + C_a t_2 + \frac{\lambda}{8} = 0$$

$$t_2 = \frac{-\frac{\lambda}{8} - C_b t_1}{C_a} = \frac{-\frac{3,36 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{8} - 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 10^\circ\text{C}}{2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}} =$$

$$= \frac{-\frac{336000}{8} - 42000}{2100} ^\circ\text{C} = -40^\circ\text{C}$$

$$\frac{mg \sin \alpha + \mu N}{mg \sin \alpha - \mu N} = \frac{8}{\frac{8}{3}} = 3$$

$$mg \sin \alpha + \mu N = 3mg \sin \alpha - 3\mu N$$

$$mg \sin \alpha = 2\mu N$$

$$2 \cdot 161 - 64 + 4 \cdot 225 = 322 - 64 + 900 = 258 + 900 = 1158$$

$$322 + 64 + 900 = 386 + 900 = 1286$$

$$\begin{array}{r} 336000 \overline{) 3} \\ - 32 \\ \hline 16 \\ - 16 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ 336 \\ \times 125 \\ \hline 1680 \\ + 672 \\ \hline 4200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10 \\ 225 \\ - 64 \\ \hline 161 \end{array}$$

$$0,2 \cdot 8 \left(1 - \frac{10}{15}\right) = \frac{84000}{2100} = 40$$

$$= 0,2 \cdot 8 \cdot \frac{1}{3} \frac{16}{30} \text{ Н}$$

$$\begin{array}{r} 64 \\ 225 \end{array}$$

$$\left(1 - \frac{8}{15}\right)^2 \begin{array}{r} 161 \\ \times 2 \\ \hline 322 \\ - 64 \\ \hline 258 \end{array}$$

$$2mg \sin \alpha = \left(8 + \frac{8}{3}\right) \frac{\mu}{c^2} \cdot 0,2 \mu$$

$$2g \sin \alpha = \left(8 + \frac{8}{3}\right) \frac{\mu}{c^2}$$

$$g \sin \alpha = \left(4 + \frac{4}{3}\right) \frac{\mu}{c^2}$$

$$10 \frac{\mu}{c^2} \cdot \sin \alpha = \frac{16}{3} \frac{\mu}{c^2}$$

$$\sin \alpha = \frac{16}{30} = \frac{8}{15}$$