

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

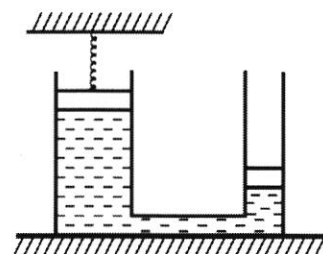
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.

1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?

2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которых налита жидкость плотности ρ . На свободных поверхностях жидкости находятся лёгкие поршни. Зазоров между стенками сосудов и поршнями нет. Левый поршень соединён пружиной жёсткости k с верхней опорой. Разность уровней жидкости в сосудах равна h . Площадь сечения левого поршня S , правого $S/2$. Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения g .



1) Найдите деформацию x пружины.

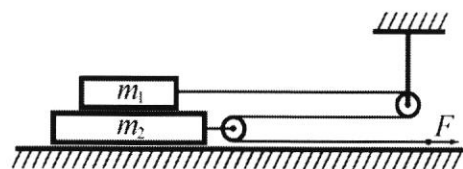
2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная G . Объём шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

1) Найдите ускорение g свободного падения на расстоянии $2R$ от центра планеты.

2) Найдите период T обращения спутника.

4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 2m$, $m_2 = 3m$. Коэффициент трения скольжения нижнего бруска по столу и верхнего бруска по нижнему равен μ . Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



1) Найдите величину F_0 горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.

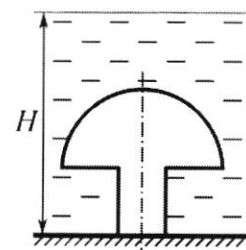
2) Найдите величину F минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

5. Ко дну бассейна глубиной $H=2,5$ м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции $V = 8$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей $S = 20$ см². Плотность воды $\rho = 1$ г/см³, атмосферное давление $P_0 = 100$ кПа.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

1) Найдите давление P_1 вблизи дна.

2) Найдите величину F силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Дано: Решение:

$$v_0 = 12 \frac{m}{c} \quad v_k = v_0 - g t \quad t = \frac{v_0 - v_k}{g} = \frac{2 v_0}{3g} = \frac{2 \cdot 12}{3 \cdot 10} = 0,8 \text{ сек}$$

$$v_k = \frac{v_0}{3}$$

$$h = v_0 t - \frac{g t^2}{2} = 12 \cdot 0,8 - \frac{10 \cdot 0,8^2}{2} = 9,6 - \frac{6,4}{2} = 6,4 \text{ м}$$

h - ? Ответ: 0,8 сек; 6,4 м.

№2.

$$F_{\text{упр}} = k x \quad \frac{F_{T1} - F_{\text{упр}}}{S} = \frac{2 F_{T2}}{S} \quad F_{T1} - k x = 2 F_{T2}$$

$$F_{T1} = \rho g V_1 = \rho g S (h + x) \quad F_{T2} = \rho g V_2 = \rho g \frac{S}{2} x$$

$$x = \frac{F_{T1} - 2 F_{T2}}{k} = \frac{\rho g S h + \rho g S_0 x - \rho g S_0 x}{k} = \frac{\rho g S h}{k}$$

$$2) \frac{F'_{T1}}{S} = \frac{2(F'_{T2} + m)}{S} \quad F'_{T1} = 2F'_{T2} + 2m \quad 2m = F'_{T1} - 2F'_{T2}$$

$$F'_{T1} = \rho g S (h' + x') \quad F'_{T2} = \rho g S x' / 2 \quad m = \frac{F'_{T1} - 2F'_{T2}}{2} = \frac{\rho g S h'}{2}$$

$$h' = h + l_{\text{ноги}} + l_{\text{руки}} \quad l_{\text{ноги}} = x = \frac{\rho g S h}{k} \quad l_{\text{руки}} = l_{\text{руки}}$$

$$S x = \frac{S}{2} x' \quad x' = 2x \quad h' = h + \frac{3 \rho g S h}{k}$$

$$m = \frac{\rho g S}{2} \left(h + \frac{3 \rho g S h}{k} \right)$$

Ответ: $x = \frac{\rho g S h}{k}$; $m = \frac{\rho g S}{2} \left(h + \frac{3 \rho g S h}{k} \right)$

№3.

$$F_r = m a_{yc}$$

$$F_r = \frac{m \mu}{(R + 0,5R)^2}$$

$$a_{yc} = \frac{v^2}{R}$$

$$G \frac{m \mu}{3,25 R^2} = \frac{v^2}{R} m$$

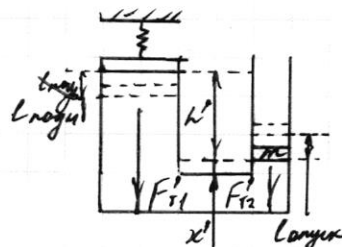
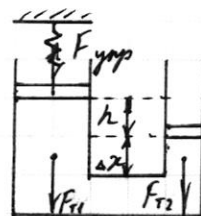
$$\frac{G \mu}{3,25 R} = v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{G \mu}{3,25 R}}$$

$$T = \frac{t}{N} \neq$$

$$2 \pi \cdot 1,5 R N = 25 t$$

$$N = \frac{15 t}{3,25 R}$$



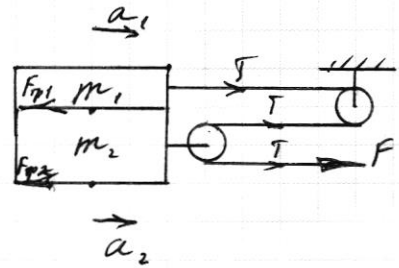
$$F = G \frac{m \mu}{(2R)^2} = mg \quad \frac{G \mu}{4R^2} = g = \frac{G}{4R^2} \cdot \rho \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{G}{4R^2} \rho \frac{4}{3} \pi R^3 = \rho \frac{G R \pi}{3}$$

$$\tau = \frac{3\pi R}{\nu} = \frac{1,5\sqrt{R} \pi R \cdot 3}{\sqrt{G \mu}} = \frac{4,5\sqrt{R} \pi R}{\sqrt{G \rho V}} = \frac{4,5\pi R \sqrt{R}}{\sqrt{G \rho \frac{4}{3} \pi R^3}} = \frac{4,5\pi R \sqrt{R}}{\sqrt{G \cdot R \cdot 2\sqrt{R} \pi \rho/3}} = \frac{4,5\pi}{\sqrt{G \cdot 2\sqrt{R} \pi \rho/3}}$$

Ответ: $\rho \frac{G R \pi}{3} = g; \frac{4,5\sqrt{R} \pi G \cdot 3}{G \rho} \sqrt{\rho}$

№ 4

1) $a_1 = a_2$, т.к. нет трения, что значит, что они движутся вместе



$$F_{\text{оп2}} = (m_1 + m_2)g \mu = 5mg \mu$$

$$m_1 a_1 = T = F_0 \quad m_2 a_2 = 2T - 5mg \mu$$

$$a_1 = \frac{F_0}{m_1} \quad \frac{m_2}{m_1} \cdot F = 2F_0 - 5mg \mu \quad 5mg \mu = 0,5 F_0 \quad F_0 = 10mg \mu$$

$$2) a_2 > a_1$$

$$m_1 a_1 = T + m_1 g \mu \quad m_2 a_2 = 2T - 5mg \mu - 2mg \mu = 2T - 7mg \mu$$

$$a_1 = \frac{T + mg \mu}{2m} \quad a_2 = \frac{2T - 7mg \mu}{3m}$$

$$\frac{2T - 7mg \mu}{3m} > \frac{T + 2mg \mu}{2m} \quad 4T - 14mg \mu > 3T + 6mg \mu \quad T > 20mg \mu$$

Ответ: $F_0 = 10mg \mu; F > 20mg \mu.$

№ 5

Дано: Решение:

$$H = 2,5 \text{ м} \quad p_1 = \frac{F}{S} + p_0 = \frac{\rho g V}{S} + p_0 = \frac{\rho g H S}{S} + p_0 = \rho g H + p_0 = 1000 \cdot 10 \cdot 2,5 + 100 \text{ кПа} = 2,5 \text{ МПа} + 100 \text{ кПа}$$

$$V = 8 \text{ м}^3$$

$$S = 20 \text{ см}^2$$

$$\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$p_0 = 100 \text{ кПа}$$

$$p_1 = ?$$

$$F = ? \quad \text{Ответ: } 102,5 \text{ кПа};$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

$$F_A = \rho g V \quad F_{\text{ар}} =$$

$$F_A = \rho g V_1$$

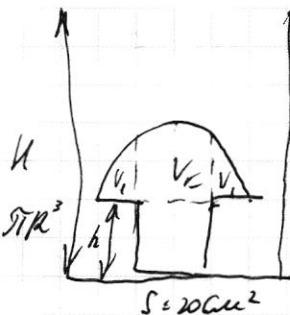
$$V_K = \frac{1}{2} \pi R^2 h = \frac{2}{3} \pi R^3$$

$$V_H = S \cdot h = 8000 - \frac{2}{3} \pi R^3$$

$$F_{\text{внК}} = (H - h - \frac{2}{3} \pi R^3 / S) \rho g$$

$$h = \frac{8000 - \frac{2}{3} \pi R^3}{S}$$

$$F_{\text{внК}} = (H - \frac{8000 - \frac{2}{3} \pi R^3}{S} - \frac{2}{3} \pi R^3 / S) \rho g = (H - \frac{8000}{S} + \frac{2}{3} \frac{\pi R^3}{S} - \frac{2}{3} \pi R^3 / S) \rho g$$



№ 1

Дано: Решение:

$$v_0 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad v_K = v_0 - g t$$

$$t = \frac{v_0 - v_K}{g} = \frac{2 v_0}{3 g} = \frac{2 \cdot 12}{3 \cdot 10} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ сек}$$

$$v_K = \frac{v_0}{3}$$

$$h = v_0 t - \frac{g t^2}{2} = 12 \cdot 0,8 - \frac{10 \cdot 0,8^2}{2} = 9,6 - \frac{6,4}{2} = 6,4 \text{ м}$$

h - ? Ответ: 0,8 сек; 6,4 м.

№ 2

$$1) \rho = \frac{F}{S}$$

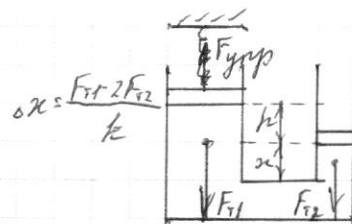
$$\frac{F_{11} - F_{\text{упр}}}{S} = \frac{2 F_{12}}{S}$$

$$F_{11} - k \Delta x = 2 F_{12}$$

$$F_{11} = \rho g V_1 = \rho S (h + x) g$$

$$F_{12} = \rho V_2 = \rho S x g$$

$$\Delta x = \frac{\rho S h g}{k} - \frac{\rho S x g}{k} = \frac{\rho S h g}{k}$$



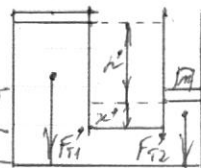
$$2) \frac{F_{11}}{S} = \frac{2(F_{12} + m)}{S}$$

$$F_{11}' = 2 F_{12}' + 2m$$

$$2m = F_{11}' - 2 F_{12}'$$

$$h' = h + \frac{2 \rho g S h}{k} = h'$$

$$m = \frac{F_{11}' - 2 F_{12}'}{2} = \frac{\rho g S (h' x') - 2 \rho g S x' / 2}{2} = \frac{\rho g S h'}{2}$$



$$= \frac{\rho g S}{2} \left(\frac{h}{k} + \frac{2\rho g S h}{k} \right) - \frac{\rho g S h}{2k} (k + 2\rho g S)$$

Небольшая разность в вычислениях h' :

~~$$h' = h + b_{\text{вын}} + b_{\text{погр}} \quad b_{\text{вын}} = x \quad S_{\text{вын}} = S_{\text{погр}} \quad S_0 x = \frac{S}{2} x^2 \quad x^2 = 2.5x$$~~

$$F_{H1} = \rho g S (h' + x') \quad F_{H2} = \rho g S x'^2$$

~~$$h' = h + \frac{3\rho g S h}{k}$$~~

~~$$m = \frac{F_{H1} - 2F_{H2}}{k} = \frac{h + \frac{3\rho g S h}{k}}{k} \cdot \rho g S - m = \frac{\rho g S h^2}{k}$$~~

~~$$x' = h + \frac{\rho g S h}{k} + \frac{2\rho g S h}{k}$$~~

$$m = \frac{\rho g S}{k} \left(h + \frac{3\rho g S h}{k} \right)$$

$$\tau = \frac{t}{N} = \frac{2\pi R t}{v t} = \frac{2\pi R}{v}$$

Объем: $\frac{\rho S h t}{k}$

$N = \text{оборотов}$

$$2\pi R N = v t$$

$$N = \frac{v t}{2\pi R}$$

$$V_k = 8000 \text{ г/м}^3$$

3

$$F_c = m a_{yc}$$

$$F_c = G \frac{m \mu}{(R + 0,5R)^2}$$

$$a_{yc} = \frac{v^2}{R}$$

$$G \frac{m \mu}{2,25R^2} = \frac{v^2}{R} m$$

$$\frac{G \mu}{2,25R} = v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{G \mu}{2,25R}}$$

$$F = \frac{G m \mu}{4R^2} = mg$$

$$\frac{G \mu}{4R^2} = g = \frac{G}{4R^2} \cdot \rho g V = \frac{G}{4R^2} \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{\rho G R \pi}{3}$$

$$\tau = N = 2\pi R N = v t$$

Период обращения

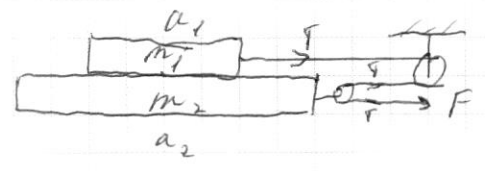
$$\tau = \frac{t}{N} = \frac{t \cdot 2\pi R}{v t} = \frac{2\pi R}{v}$$

$$N = \frac{v t}{2\pi R}$$

$$\tau = 2\pi R$$

Объем: $\frac{\rho G R \pi}{3}$

4.



$$1) a_1 = a_2$$

$$F_{сп1} = 0$$

$$F_{сп2} = 5mg \mu$$

$$m_1 a_1 = F$$

$$2F - m_2 a_2 = 2F - 5mg \mu$$

$$a_1 = \frac{F}{m_1}$$

$$\frac{m_2 \cdot F}{m_1} = 2F - 5mg \mu$$

$$\frac{3m \cdot F}{2m} = \frac{4F}{2} - 5mg \mu$$

$$\frac{F}{2} = 5mg \mu$$

$$F = 10mg \mu$$

$$2) a_2 > a_1$$

$$m_1 a_1 = F + m_1 g \mu$$

$$m_2 a_2 = 2F - 5mg \mu - 2mg \mu = 2F - 7mg \mu$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Дано: Решение:

$$v_0 = 12 \frac{m}{s} \quad v_2 = v_0 - g t \quad v_2 = \frac{2v_0}{3} = g t \quad \frac{2v_0}{3} = g t \quad t = \frac{2v_0}{3g} = \frac{2 \cdot 12}{2 \cdot 10} = 0,8 \text{ сек}$$

1) $v_0/3$

$$h = v_0 t - \frac{g t^2}{2} = 12 \cdot 0,8 - \frac{10 \cdot 0,8^2}{2} = 9,6 - \frac{10 \cdot 0,64}{2} = 9,6 - 3,2 = 6,4$$

Ответ: 0,8 сек; 6,4 м.

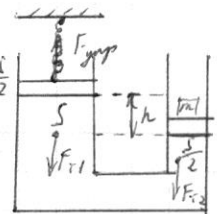
№2.

$$\rho = \frac{F}{S}$$

$$\frac{F_{T1} - F_{\text{выр}}}{S} = \frac{2F_{T2}}{S}$$

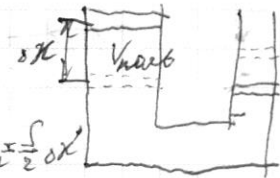
$$F_{T1} - F_{\text{выр}} = 2F_{T2} \quad V_1 = V_2 S \quad V_2 = x \cdot \frac{1}{2}$$

$$\rho g V_1 - k \Delta x = 2 \rho g V_2$$



$$\Delta x = \frac{\rho g V_1 - 2 \rho g V_2}{k} = \frac{\rho g (V_1 - 2V_2)}{k}$$

$$= \frac{\rho g ((x+h)S - 2x \cdot \frac{S}{2})}{k} = \frac{\rho g (Sx + hS - xS)}{k} = \frac{\rho g h S}{k}$$



2) m ?

$$F_{\text{выр}} = 0$$

$$V_{\text{наиб}} = V_{\text{выт}}$$

$$V_{\text{наиб}} = S \Delta x = \frac{S}{2} \cdot V_{\text{выт}} = \frac{S}{2} \Delta x'$$

$$F_{T1}' = F_{T2}' \quad \frac{F_{T1}'}{S} = \frac{(F_{T2}' + m)g}{S} \quad F_{T1}' = (F_{T2}' + m)g \quad \rho g V_1 = (\rho g V_2 + m)g$$

N - сила

$$\rho g S \cdot N = \rho g \frac{S}{2} N' \cdot 2 + 2m$$

$$N + N' = 2x + h$$

$$\rho g S (2x + h - N') = 2 \rho g \frac{S}{2} N' + 2m$$

$$2m = \rho g S \cdot 2x + \rho g S h - \rho g S N' - \rho g S N' = \rho g S (N + N') - 2 \rho g S N'$$

$$\frac{F_{T1}'}{S} = \frac{2(F_{T2}' + m)}{S}$$

$$F_{T1}' = 2F_{T2}' + 2m$$

$$2m = F_{T1}' - 2F_{T2}'$$

$$m = \frac{F_{T1}' - 2F_{T2}'}{2}$$

$$h' = \rho g S h / k + h = \frac{\rho g S h + k h}{k} = \frac{h(\rho g S + k)}{k}$$

$$F_{T1}' = S(h' + x') \quad F_{T2}' = \frac{S}{2} \cdot x'$$

$$m = \frac{S h' + S x' - S x'}{2} = \frac{S h'}{2} = \frac{S h (\rho g S + k)}{2k}$$

Ответ: $\frac{\rho g h S}{k}$; $\frac{S h (\rho g S + k)}{2k}$

3

$$F = G \frac{m \mu}{(R + 0,5R)^2} = G \frac{m \mu}{1,5^2 R^2} \quad F_r = mg \quad G \frac{\mu}{2,25 R^2} = g \quad T = \frac{g}{N}$$

$$F_{yc} = \frac{v^2}{R} \quad \frac{v^2}{R} = G \frac{m \mu}{2,25 R^2} \quad \frac{v^2}{R} = G \frac{m \mu}{2,25 R^2} \quad v = \sqrt{\frac{G m \mu}{2,25 R}}$$

$$F_r = F_{yc} \cdot a_{ycm} \quad F_r = G \frac{m \mu}{2,25 R^2} \quad a_{yc} = \frac{v^2}{R} \quad G \frac{m \mu}{2,25 R^2} = \frac{v^2}{R}$$

$$v = \sqrt{\frac{G \mu}{2,25 R}} \quad F = G \frac{m \mu}{1,5 R^2} = mg \quad F = \frac{G m \mu}{4 R^2} = mg \quad g = \frac{G \mu}{4 R^2}$$

$$= G \cdot \frac{4}{3} \pi R^2 \rho \cdot \frac{1}{4 R^2} = \frac{4 G \pi R^2 \rho}{12 R^2} = \frac{G \pi \rho}{3}$$

$$p = \frac{F}{S} + p_0 = \frac{\rho g V}{S} + p_0 = \frac{\rho g h S}{S} + p_0 = \rho g h + p_0$$

$$1 \cdot 10 \cdot 250 \pm 100 \text{ кПа} = 102,5 \text{ кПа}$$



Ответ: $\frac{G \pi \rho}{3}$

4

$$F_{sp1} = 0 \Rightarrow a_1 = a_2$$

$$m_1 a_1 = T \quad m_2 a_2 = 2T - m_2 a_1$$

$$2m a_1 = T \quad 3m a_1 = 2T \quad 2T = m a_2 - F_{sp}$$

$$a_1 = \frac{T}{2m} \quad 2T = 3m a_1 - 5m \mu g$$

$$4m a_1 = 3m a_1 - 5m \mu \quad m a_1 = -5m \mu \quad 2T = 3m \cdot \frac{T}{2m} - 5m \mu g \quad \frac{4T}{2} - \frac{3T}{2} = -5m \mu g$$

$$\frac{T}{2} = -5m \mu g \quad F = -10m \mu g$$

$$2) a_2 > a_1$$

$$m_1 a_1 = T - m_1 g \mu \quad m a_1 = T - 2m g \mu$$

$$m_2 a_2 = 2T - (m_1 + m_2) g \mu \quad 3m a_2 = 2T - 5m g \mu$$

$$\frac{2T - 5m g \mu}{3m} > \frac{T - 2m g \mu}{2m} \quad 4T - 10m g \mu > 3T - 6m g \mu \quad T > 4m g \mu$$

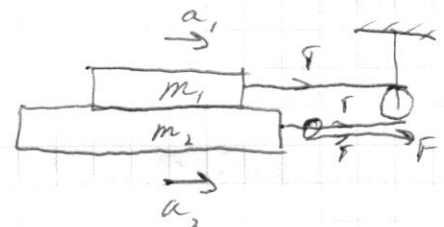
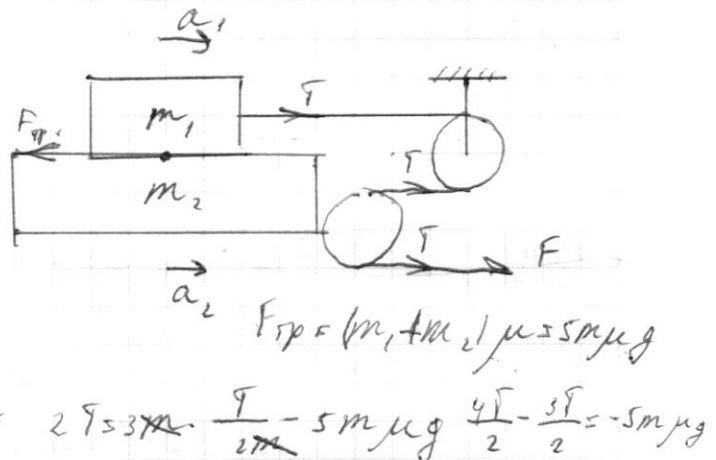
Ответ: $F_0 = 10m \mu g$; $T = 4m g \mu$

5

$$\frac{2T - 4m g \mu}{3m} > \frac{9 + m \cdot 2g \mu}{2m}$$

$$4T - 14m g \mu > 3T + 6m g \mu$$

$$T > 20m g \mu$$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

| |
|--|
| |
|--|

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

| |
|--------------------------------------|
| ШИФР (заполняется секретарём) |
|--------------------------------------|

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)