

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

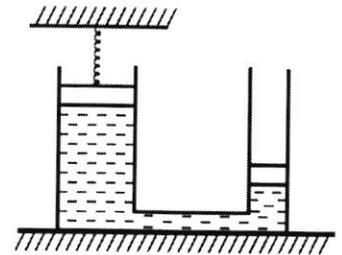
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

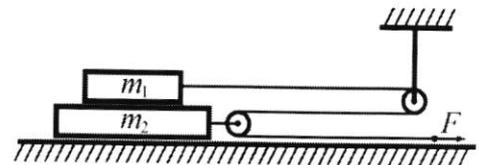
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
- Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которых налита жидкость плотности  $\rho$ . 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  $g$ .

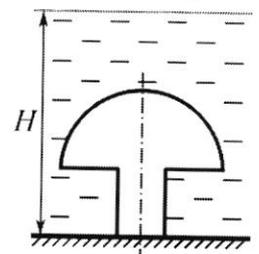


- 1) Найдите деформацию  $x$  пружины.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = 0,5R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная 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.

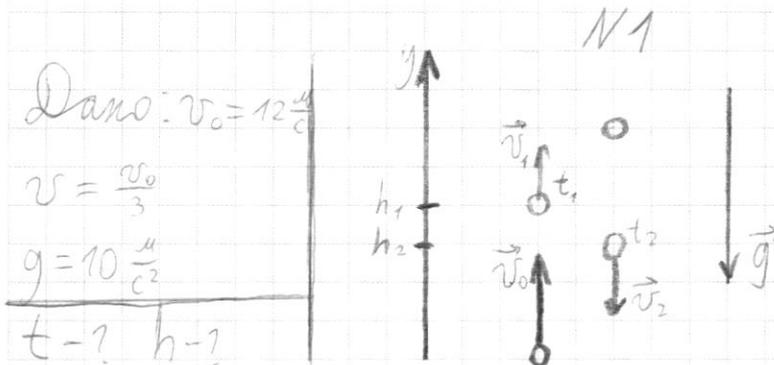
4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков  $m_1 = 2m$ ,  $m_2 = 3m$ . Коэффициент трения скольжения нижнего бруска по столу и верхнего бруска по нижнему равен  $\mu$ . Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



- 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  $V = 8$  дм<sup>3</sup>, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей  $S = 20$  см<sup>2</sup>. Плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>, атмосферное давление  $P_0 = 100$  кПа. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.
- 1) Найдите давление  $P_1$  вблизи дна.
  - 2) Найдите величину  $F$  силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\vec{v}_1$  - скорость при подъёме  
 $\vec{v}_2$  - скорость при спуске  
 $v_1 = v_2 = v$

$v = \frac{v_0}{3} \Rightarrow v = \frac{12 \frac{м}{с}}{3} = 4 \frac{м}{с}$

$t_1$  - время после старта, когда скорость равна  $v$  при подъёме  
 $t_2$  - время после старта, когда скорость равна  $v$  при спуске  
 $h_1$  - высота от точки старта, когда скорость равна  $v$  при подъёме  
 $h_2$  - высота от точки старта, когда скорость равна  $v$  при спуске

1)  $y: v_y = v_{0y} + g_y t \Rightarrow v_y = v_0 - gt$

1сл. (подъём)  $v = v_0 - gt_1$

$t_1 = \frac{v_0 - v}{g} \Rightarrow t_1 = \frac{12 \frac{м}{с} - 4 \frac{м}{с}}{10 \frac{м}{с^2}} = 0,8 с$

2сл. (спуск)  $v = |v_0 - gt_2|$   $v_0 - gt_2 < 0$

$v = gt_2 - v_0$

$t_2 = \frac{v_0 + v}{g} \Rightarrow t_2 = \frac{12 \frac{м}{с} + 4 \frac{м}{с}}{10 \frac{м}{с^2}} = 1,6 с$

2)  $y = y_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2} = h$   $y_0 = 0$

1сл. (подъём)  $h_1 = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2}$

$h_1 = 12 \frac{м}{с} \cdot 0,8 с - \frac{10 \frac{м}{с^2} \cdot (0,8 с)^2}{2} = 8,8 м$

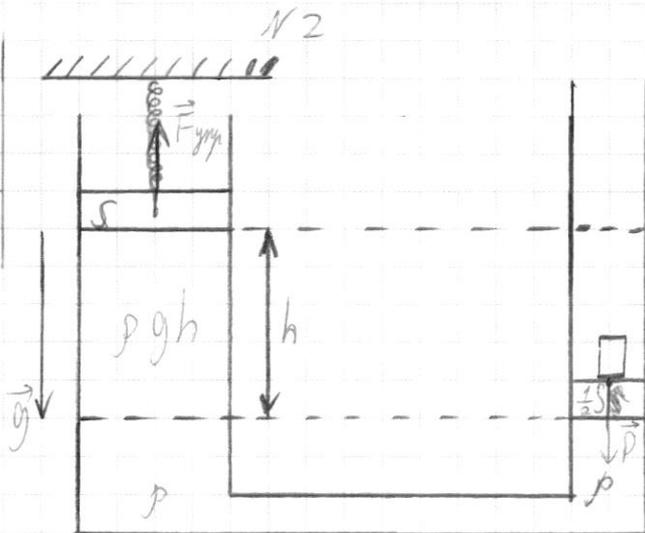
2сл. (спуск)  $h_2 = v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$

$h_2 = 12 \frac{м}{с} \cdot 1,6 с - \frac{10 \frac{м}{с^2} \cdot (1,6 с)^2}{2} = 6,4 м$

Ответ:  $t_1 = 0,8 с$ ;  $t_2 = 1,6 с$ ;  $h_1 = 8,8 м$ ;  $h_2 = 6,4 м$ .

см. на обороте.

Dano:  
 $\rho; k; S_1 = S; S_2 = \frac{S}{2}; g$   
 Kaitumi:  $x = ?$   
 $m = ?$



$F_{упр}$  - сила упругости, с которой пружина действует на левый поршень

$$F_{упр} = kx$$

$\rho gh$  - разность давлений

$$F = \rho \rho gh = \frac{F_{упр}}{S}$$

$$F_{упр} = \rho gh S$$

$$\rho gh S = kx$$

$$x = \frac{\rho gh S}{k}$$

$$2) \frac{F_{упр}}{F_2} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{S}{\frac{1}{2}S} = 2$$

$$F_{упр} = 2F_2$$

$$F_2 = mg$$

$$\rho gh S = 2mg$$

$$m = \frac{\rho gh S}{2g} = \frac{\rho h S}{2}$$

Отвеч: 1)  $x = \frac{\rho gh S}{k}$  2)  $m = \frac{\rho h S}{2}$

$F_2$  - сила, с которой пружина действует на правый поршень

Dano:  
 $R; h = 0,5R; \rho; g$   
 $g = ?; T = ?$

$$1) \rho = \frac{M}{V}$$

$M$  - масса маневра  
 $V$  - объем маневра

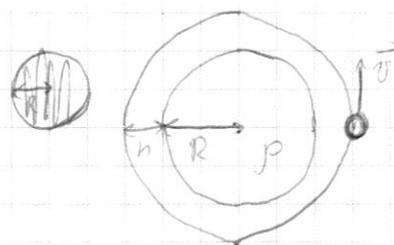
$$M = \rho V \quad V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$M = \frac{4}{3} \rho \pi R^3$$

$$F_{тяг} = G \frac{M m}{(2R)^2} = mg$$

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

$F_{тяг}$  - сила тяготения  
 $v$  - скорость спутника



$$2) \text{ первая космическая скорость } v = \sqrt{G \frac{M}{R+h}} \Rightarrow v = \sqrt{G \frac{M}{R+0,5R}} = \sqrt{\frac{2GM}{1,5R}}$$

$$= \sqrt{G \frac{M}{1,5R}}$$

$$v = \sqrt{G \frac{M}{1,5R}} = \frac{2\pi(R+h)}{T} = \frac{2\pi \cdot 1,5R}{T} = \frac{3\pi R}{T} \Rightarrow T = \frac{3\pi R}{\sqrt{G \frac{M}{1,5R}}}$$

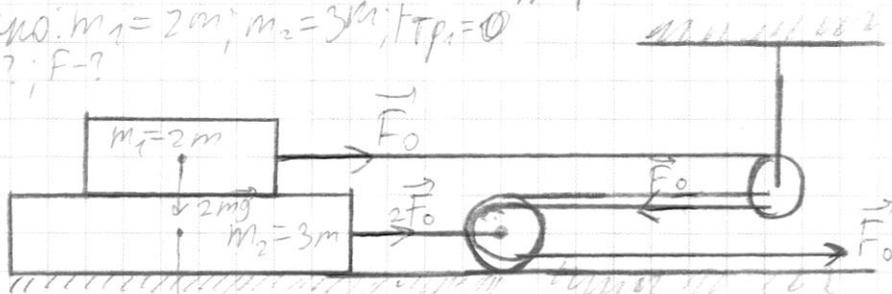
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 3 (продолжение)

$$T = \frac{3\pi R}{\sqrt{0.4\pi R^3}} = \frac{3\pi R}{\frac{2\sqrt{0.4}\pi R^2}{\sqrt{3}\sqrt{R}}} = \frac{3\sqrt{3}\sqrt{\pi}}{2\sqrt{0.4}} = \frac{3\sqrt{3}\sqrt{\pi}}{2\sqrt{0.4}}$$

Ответ: 1)  $g = G \frac{\rho \pi R^2}{3}$ ; 2)  $T = \frac{3\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{G\rho}}$

Дано:  $m_1 = 2m$ ;  $m_2 = 3m$ ;  $F_{тр1} = 0$   
 $F_0 = ?$ ;  $F = ?$



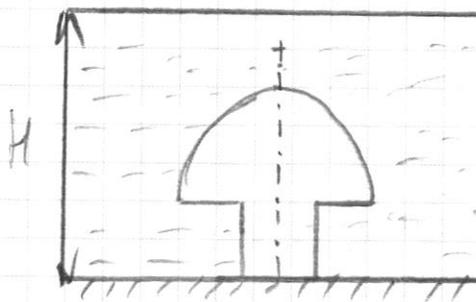
1)  $\downarrow 5mg$   
 $F_{тр1} = 0$   
 $F_{тр2} = 5\mu mg$

$F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m}$   
 $F_{тр1} = 0 \Rightarrow \frac{F_0}{2m} = \frac{2F_0 - 5\mu mg}{3m}$   
 $3F_0 = 4F_0 - 5\mu mg$   
 $F_0 = 5\mu mg$

Ответ: 1)  $F_0 = 5\mu mg$

Дано:  $H = 2.5 \text{ м}$   
 $V = 8 \text{ дм}^3 = 0.008 \text{ м}^3$   
 $S = 20 \text{ см}^2 = 0.002 \text{ м}^2$   
 $\rho = 1 \text{ т/м}^3 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$   
 $P_0 = 100 \text{ кПа}$ ;  $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
 $P_1 = ?$ ;  $F = ?$

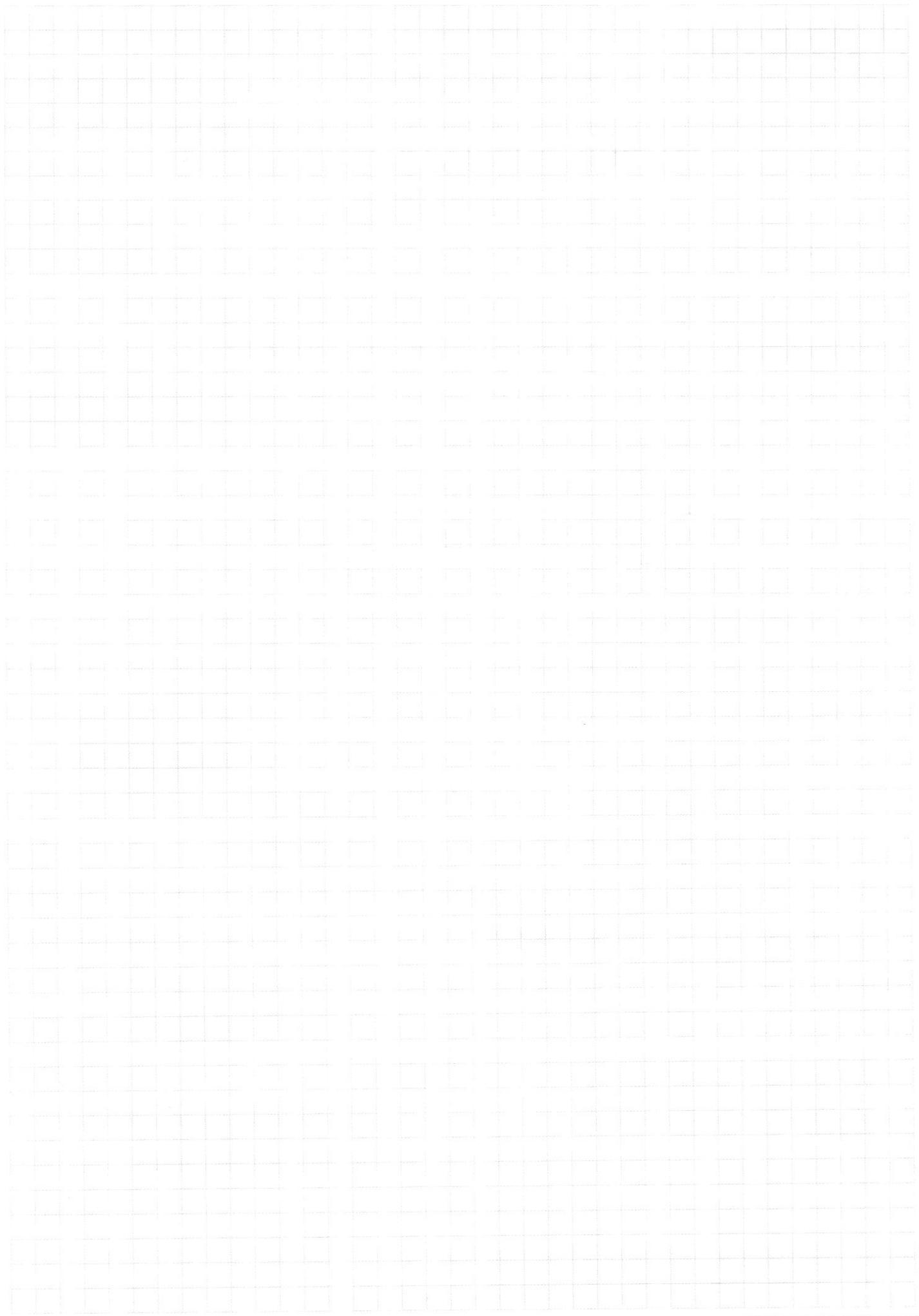
N 5



1) давление воды  $\rho g H$

$$P_1 = \rho g H + P_0 \Rightarrow P_1 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2.5 \text{ м} + 100000 \text{ Па} = 125000 \text{ Па} = 125 \text{ кПа}$$

Ответ: 1)  $P_1 = 125 \text{ кПа}$



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)



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)



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)

$$pghS = kx$$

$$x = \frac{pghS}{k}$$

масса груза стала неограниченной:  $F_{упр} = 2mg$

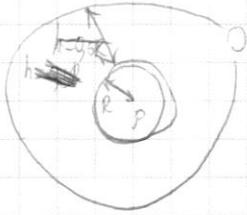
$$pghS = 2mg$$

$$m = \frac{pghS}{2g} = \frac{p h S}{2}$$

N3

$$R; h = 0.5R; \rho; G; 2R, R_2 = 2R$$

g-? T-?



$$1) \rho = \frac{M}{V}$$

$$M = \rho V$$

M - масса планеты; V - объем планеты

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$M = \rho \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \rho \pi R^3$$

$$F_{Тяг} = G \frac{Mm}{R^2}$$

~~не считаем~~

$F_{Тяг}$  - сила тяжести

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

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

$$2) v = \sqrt{GM \frac{1}{R+h}}$$

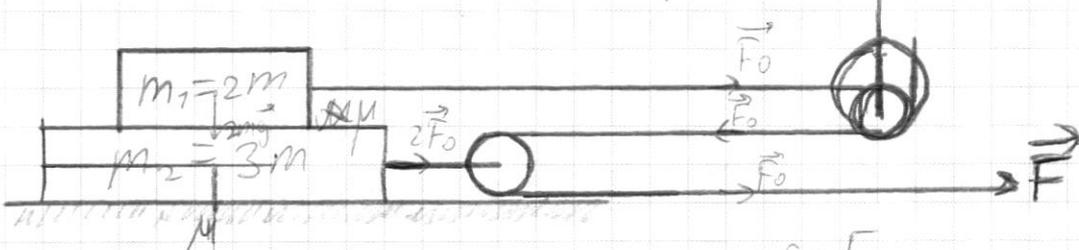
v - скорость спутника  
R - угловое расстояние между  
центром

$$a = \frac{v^2}{R+h} = \frac{F}{m} = \frac{GMm}{m(R+h)^2} = \frac{GM}{(R+h)^2}$$

$$v^2 = \frac{GM(R+h)}{R^2} \Rightarrow v = \sqrt{G \frac{M}{R}} = \frac{2\pi R}{T}$$

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R}{\sqrt{GM}} = \frac{2\pi R}{\sqrt{G \frac{4}{3} \rho \pi R^3}} = \frac{2\pi R}{R \sqrt{\frac{4}{3} \rho \pi G}} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{4}{3} \rho \pi G}}$$

N4



$$F_0 = a = \frac{F}{m}$$

$$\begin{array}{r} 0000 \\ 0000 \\ 0000 \\ + 10000 \\ \hline \end{array}$$

$$1) F_{Тр1} = \mu 2mg = 0$$

$$F_{Тр2} = \mu 5mg$$

$$F_{Тр1} = 0 \Rightarrow a_1 = a_2$$

$$\frac{F_0}{2m} = \frac{2F_0 - \mu 5mg}{3m}$$

$$3F_0 = 4F_0 - \mu 10mg$$

$$-F_0 = -\mu 10mg \Rightarrow F_0 = 10 \mu mg$$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_0 = 12 \frac{m}{c}$$

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

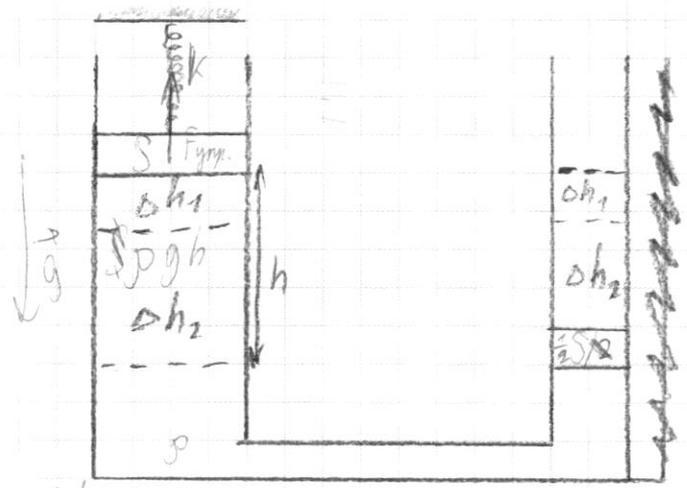
$$g = 10 \frac{m}{c^2}$$

$$t = ? \quad h = ?$$

1)  $\vec{v} = \vec{v}_0 - g t$   
 $y: v_y = v_{0y} - g t \Rightarrow v_y = v_0 - g t$   
 $t_1 = \frac{v_0 - v}{g} \Rightarrow t_1 = \frac{12 \frac{m}{c} - 4 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{8 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}} = 0,8 c$

2)  $v = |v_0 - g t| \quad v = g t - v_0$   
 $t = \frac{v + v_0}{g} = \frac{4 \frac{m}{c} + 12 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{16 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}} = 1,6 c$

2)  $y = v_0 t - g \frac{t^2}{2} = h \quad y_0 = 0$   
 $h = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$   
 1)  $h_1 = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 12 \frac{m}{c} \cdot 0,8 c - \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot (0,8 c)^2}{2} = 9,6 m - 5 \cdot 0,16 = 9,6 - 0,8 = 8,8 m$   
 2)  $h_2 = v_0 t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = 12 \frac{m}{c} \cdot 1,6 c - \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot (1,6 c)^2}{2} = 1,6(12 - 5 \cdot 1,6) = 1,6(12 - 8) = 1,6 \cdot 4 = 6,4 m$



$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} = \frac{\rho g h_2}{\rho g h_1}$$

$$F_1 S_2 = F_2 S_1$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$F = \rho g h S$$

$F_{упр} = k \Delta x$   $F_{упр} = \rho g h S$   
 $\Delta x = \Delta h_1$   $F_{упр}$  - сила с которой поршень действует на левый поршень  
 $h = \Delta h_1 + \Delta h_2$   
 $h = \Delta h_1 + \Delta h_2$

$\Delta h_1$  - разница изначальной и конечной высоты левого поршня  
 $\Delta h_2$  - разница изначальной и конечной высоты правого поршня