

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

**Вариант 09-01**

Шифр

(заполняется секретарём)

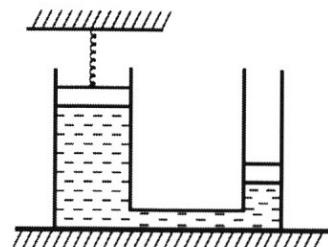
- 1.** Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12 \text{ м/с}$ .

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  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . 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.

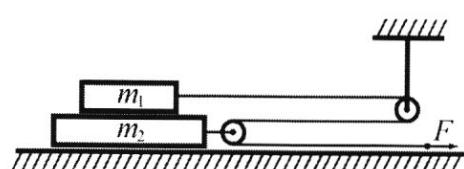
2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

- 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.

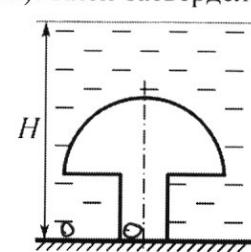


1) Найдите величину  $F_0$  горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний бруск скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний бруск, была равна нулю.

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

- 5.** Ко дну бассейна глубиной  $H=2,5 \text{ м}$  приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объем конструкции  $V = 8 \text{ дм}^3$ , площадь соприкосновения конструкции с дном через клей  $S = 20 \text{ см}^2$ . Плотность воды  $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ , атмосферное давление  $P_0 = 100 \text{ кПа}$ .

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



1) Найдите давление  $P_1$  вблизи дна.

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

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

 $\text{№} 1$ 

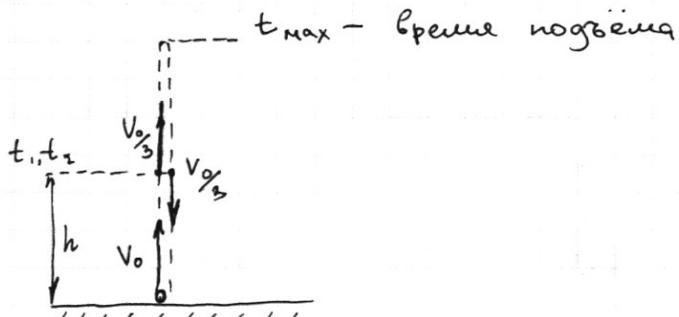
Дано:

$V_0 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$\begin{cases} t - ? \\ h - ? \end{cases}$

из  $V = V_0/3$



1)  $t_{\max}$  — время подъёма до максимальной точки, так же равно половине всего полёта, так как полёт симметричен.

$t_{\max} = \frac{V_0}{g} = 1,2 \text{ с}$

2) момента времени, когда  $V = V_0/3$ , будет 2 ( $t_1$  и  $t_2$ ). один, когда скорость направлена вверх, а второй, когда скорость направлена вниз.

$$\begin{aligned} t_{\max} - t_1 &= \frac{V_0}{3g} \Rightarrow t_1 = \frac{V_0}{g} - \frac{V_0}{3g} = \frac{2V_0}{3g} = \frac{2 \cdot 12}{3 \cdot 10} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,8 \text{ с} \\ t_2 &= 2t_{\max} - t_1 \Rightarrow t_2 = \frac{2V_0}{g} - \frac{2V_0}{3g} = \frac{4V_0}{3g} = \frac{4 \cdot 12}{3 \cdot 10} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1,6 \text{ с} \end{aligned}$$

из симметричности полёта

3) при этом  $h$  две одинаковые времён одно из симметрических начального полёта

$$h = \frac{V_0^2 - \frac{V_0^2}{9}}{2g} = \frac{8V_0^2}{18g} = \frac{8 \cdot 12 \cdot 12}{18 \cdot 10} = \frac{8 \cdot 2 \cdot 4}{10} = 6,4 \text{ м}$$

 Ответ:  $t_1 = 0,8 \text{ с}$ ;  $t_2 = 1,6 \text{ с}$ 

$h = 6,4 \text{ м.}$

ω°4

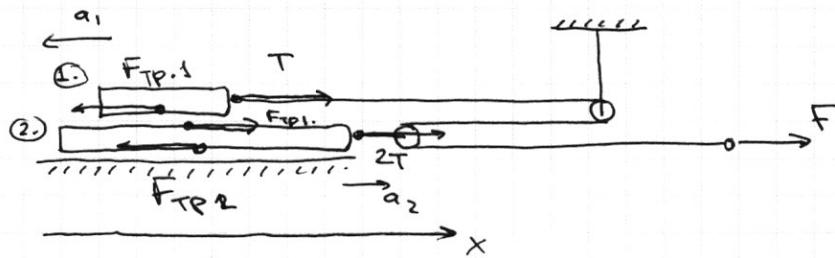
(дано:

$$\begin{cases} m_1 = 2m \\ m_2 = 3m \end{cases}$$

$\mu$

$F_0 - ?$

$F - ?$



из неизменности силы следует 2 факта

1.  $F = T$

2.  $2a_2 = a_1$  (коэффициент пропорциональности)

2) Рассмотрим 1ый пункт. Если  $F_{tp.1}$  (см. рисунок) рабоче 0, то это значит, что верхний бруск покится относительно нижнего  $\Rightarrow a_1 = a_2 = 0$

Однако бруска движется равномерно  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  на 2 фигурах:  $2T - F_{tp.2} = m \cdot 0 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 2T = F_{tp.2} \Rightarrow 2F_0 = (m_1 + m_2)g \cdot \mu$

$F_0 = \frac{(m_1 + m_2)g\mu}{2} = \frac{5mg\mu}{2} = 2,5mg\mu$

или если  $F_{tp.1} = 2mg\mu > F_0 \Rightarrow$  тело скользит

придет в движение с  $a > 0$

~~на 1-й фигуре:~~  
~~на 2-й фигуре:~~  
~~также  $F_{tp.2} = 3mg\mu$~~

$(T \leq F_{tp.1}) + (2F_0 \leq F_{tp.2})$

$\Rightarrow \begin{cases} F_0 \leq 2mg\mu \\ 2F_0 \leq 3mg\mu \end{cases} \Rightarrow$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Задача № 4~~

$$\omega = 4$$

Дано:

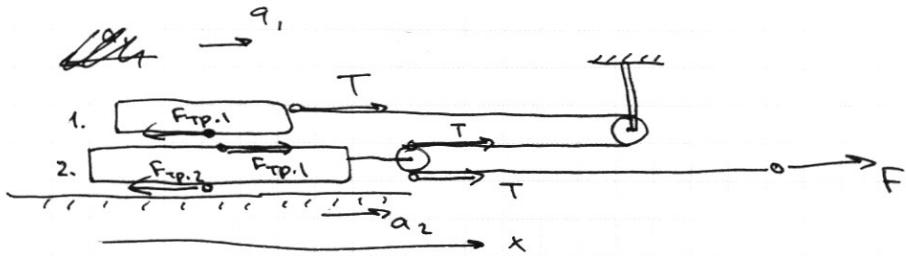
$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 3 \text{ кг}$$

$$\mu$$

$$F_0 - ?$$

$$F - ?$$



1) на ось X две П1.

$$F = T$$

$$3T = F_{\text{тр.2}} = 5m \cdot a \quad \leftarrow \text{на всю систему}$$

но  $a = 0$ , т.к. из кин. связи системы

$2a_2 = a$ , а т.к.  $F_{\text{тр.1}} = 0$ , то 1 гене не движется влево вправо от 1 гене

$$3T = F_{\text{тр.2}} \Rightarrow 3F_0 = 5mg \mu \Rightarrow F_0 = \frac{5}{3} mg \mu$$

$F_0 < F_{\text{тр.1 max}}$   $\Rightarrow$  б. в первом и 1 гене не подает.

2) на ось X две П2:

$$\begin{cases} 2T + F_{\text{тр.1}} - F_{\text{тр.2}} = 3ma_2 \\ T - F_{\text{тр.1}} = 2ma_1 \end{cases} \Rightarrow$$

$$8F_0 - 4F_{\text{тр.1}} - 4F_{\text{тр.2}} = 3F_0 - 3F_{\text{тр.1}}$$

$$5F_0 = F_{\text{тр.1}} + 4F_{\text{тр.2}} = 2mg \mu + 20mg \mu \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_0 = \frac{22}{5} mg \mu \quad — \quad \text{при другом } F_0 \text{ обже.}$$

с ускорением невозможно. из-за кин. связи системы.

$\omega = 2$

Дано:

$g, k, h$

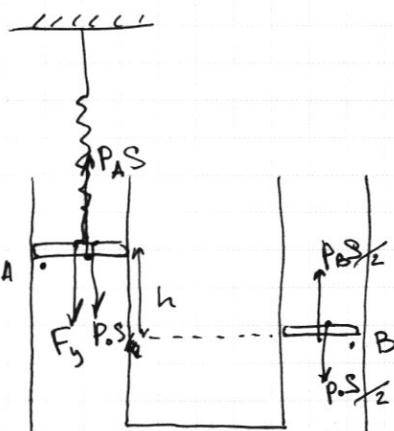
$S, g$

$P_0 - \text{атм.}$

$x - ?$

$m - ?$

1)



1) на лр. норме:

$$P_B \cdot \frac{S}{2} = P_0 \cdot \frac{S}{2} \Rightarrow P_B = P_0$$

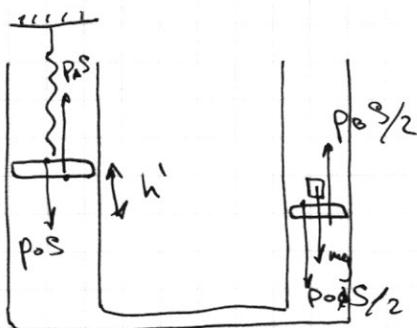
2) на н. норме:

$$P_A S = F_y + P_0 S$$

$$F_y = kx = S(P_A - P_0) = S(P_0 + \rho gh - P_0) = S\rho gh$$

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

3)



• из 3-ки касательности  
левый нормень записалось  
найдено  
и  $x \Rightarrow$  правый нормень  
найденное из:

$$y \frac{S}{2} = x \cdot S \Rightarrow y = 2x$$

$$\Rightarrow h' = h - x - y = h - 3x$$

(если  $h' < 0$ ,  $y$  нас просто  
мен. знак)

$$P_0 - (P_0 - (h - 3x)\rho gh) = \\ = P_0 - P_0 + \rho gh - \rho gh \cdot 3x$$

~~записано~~

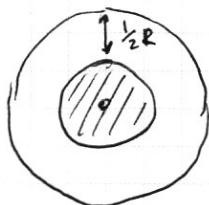
$$P_A S = P_0 S \Rightarrow P_A = P_0$$

$$P_B S/2 = mg + P_0 S/2$$

$$mg = \frac{S}{2} (P_0 - P_B) = \frac{S}{2} (P_0 - P_0 + \rho gh - \rho g 3x)$$

$$m = \frac{S \cdot \rho g (h - 3x)}{2g} = \cancel{\frac{S \rho g h - 3S \rho g \cdot \frac{S \rho g h}{k}}{2g}} = \frac{S \rho g h (1 - \frac{3S \rho g}{2g})}{2g} =$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

 $\omega = 3$ 


$$1) F_T = G \frac{m_3 m_F}{r^2} = g^* \Rightarrow$$

$$\Rightarrow g = G \frac{m_3}{r^2} = G \cdot \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \cdot \rho}{r^2} = \frac{4}{3}\pi R \rho G$$

$$g^* = G \frac{m_3}{(2r_3)^2} = \boxed{\frac{g}{4}} = \frac{\pi R \rho G}{3}$$

$$2) g^* \text{ на орбите} \Rightarrow g^* = \frac{g}{(1.5)^2}$$

$$g^* = \frac{v^2}{1.5R} = \frac{(\omega R)^2}{1.5R} = \omega^2 1.5R$$

$$\begin{cases} 2\pi R = vt \\ 2\pi R = \omega R t \\ t = \frac{2\pi}{\omega} \end{cases}$$

$$\frac{g}{1.5 \cdot 1.5} = \omega^2 \cdot 1.5 R \Rightarrow \omega = \frac{8g}{\sqrt{27} R}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi \sqrt{3R}}{\sqrt{8g}} = \frac{6\pi \sqrt{3R}}{2\sqrt{2g}} = \frac{6\pi \sqrt{3R}}{2\sqrt{\frac{2\pi R \rho G}{3}}} = \frac{6\pi \sqrt{3}}{2\sqrt{\frac{2}{3}\pi \rho G}}$$

 $\omega = 5$ 
Dано:

$$H = 2.5 \text{ м}$$

$$V = 8 \text{ м}^3$$

$$S = 20 \text{ м}^2$$

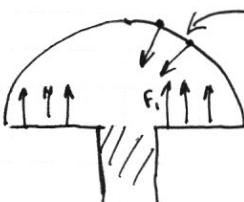
$$\rho = 15 \text{ кг/м}^3$$

$$p_0 = 100 \text{ кПа}$$

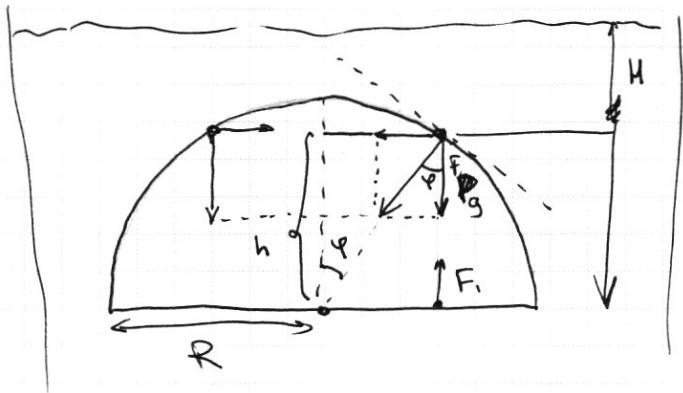
$$P_1 - ?$$

$$F - ?$$

$$1) P_1 = \rho g H + p_0 = \\ = 1000 \cdot 10 \cdot 2.5 + 100.000 = \\ = 25.000 + 100.000 = 125.000 \text{ Па}$$

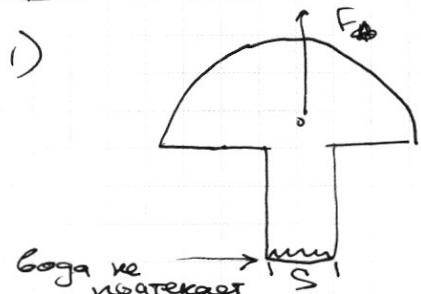
 $2)$  Все горизонтальные силы работают в  
силу симметрии и скомпенсируются


расчёты симметрии на подробнее поверхность.



$$\begin{aligned}
 F_p &= \rho(h-h)g \cdot \cos\varphi = \\
 &= \rho(H-\frac{R}{2}\cos\varphi)g \cdot \cos\varphi \\
 F &= F_r - F_p = \rho g H - ggH\cos\varphi + \rho R g \cos^2\varphi
 \end{aligned}$$

1)  $V = S \cdot h_0 + \frac{2}{3} \pi R^3$



Если бы конструкция была геометрически правильной, то на нее действовала бы приблизительно вдвое.

Сила Архимеда это же давление испытывает и „верхних“ сим давлением

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow F &= F_A - SP_1 = \rho V g - S(\rho g H + p_0) = \\
 &= \frac{8000 \text{ см}^3 \cdot 1/\text{cm}^3 \cdot 10 \text{ кг/с}^2}{1000} - 0,002 \cdot 125.000 \text{ Pa} =
 \end{aligned}$$

$$= 80 \text{ kN} - 20 \cdot 10^{-4} \cdot 125 \cdot 10^3 \text{ N} = 80 - 2 \cdot 125 \text{ N} =$$

$$= (80 - 250) \text{ N} = -170 \text{ N} \Rightarrow \text{сила } F \text{ направлена вниз}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

<input checked="" type="checkbox"/> черновик	<input type="checkbox"/> чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)	
Страница № _____ (Нумеровать только чистовики)	



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

ГЛАВА 1

ГЛАВА 2

ГЛАВА 3

ГЛАВА 4

ГЛАВА 5

ГЛАВА 6

ГЛАВА 7

ГЛАВА 8

ГЛАВА 9

ГЛАВА 10

ГЛАВА 11

ГЛАВА 12

ГЛАВА 13

ГЛАВА 14

ГЛАВА 15

ГЛАВА 16

ГЛАВА 17

ГЛАВА 18

ГЛАВА 19

ГЛАВА 20

ГЛАВА 21

ГЛАВА 22

ГЛАВА 23

ГЛАВА 24

ГЛАВА 25

ГЛАВА 26

ГЛАВА 27

ГЛАВА 28

ГЛАВА 29

ГЛАВА 30

ГЛАВА 31

ГЛАВА 32

ГЛАВА 33

ГЛАВА 34

ГЛАВА 35

ГЛАВА 36

ГЛАВА 37

ГЛАВА 38

ГЛАВА 39

ГЛАВА 40

ГЛАВА 41

ГЛАВА 42

ГЛАВА 43

ГЛАВА 44

ГЛАВА 45

ГЛАВА 46

ГЛАВА 47

ГЛАВА 48

ГЛАВА 49

ГЛАВА 50

ГЛАВА 51

ГЛАВА 52

ГЛАВА 53

ГЛАВА 54

ГЛАВА 55

ГЛАВА 56

ГЛАВА 57

ГЛАВА 58

ГЛАВА 59

ГЛАВА 60

ГЛАВА 61

ГЛАВА 62

ГЛАВА 63

ГЛАВА 64

ГЛАВА 65

ГЛАВА 66

ГЛАВА 67

ГЛАВА 68

ГЛАВА 69

ГЛАВА 70

ГЛАВА 71

ГЛАВА 72

ГЛАВА 73

ГЛАВА 74

ГЛАВА 75

ГЛАВА 76

ГЛАВА 77

ГЛАВА 78

ГЛАВА 79

ГЛАВА 80

ГЛАВА 81

ГЛАВА 82

ГЛАВА 83

ГЛАВА 84

ГЛАВА 85

ГЛАВА 86

ГЛАВА 87

ГЛАВА 88

ГЛАВА 89

ГЛАВА 90

ГЛАВА 91

ГЛАВА 92

ГЛАВА 93

ГЛАВА 94

ГЛАВА 95

ГЛАВА 96

ГЛАВА 97

ГЛАВА 98

ГЛАВА 99

ГЛАВА 100

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № \_\_\_\_\_  
(Нумеровать только чистовики)