

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

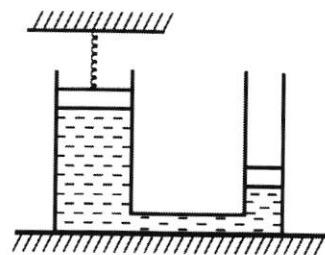
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарем)

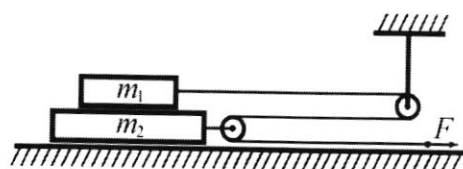
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
- Ускорение свободного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



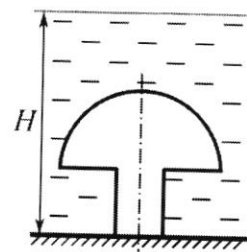
- 1) Найдите деформацию  $x$  пружины.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = 0,5R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная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



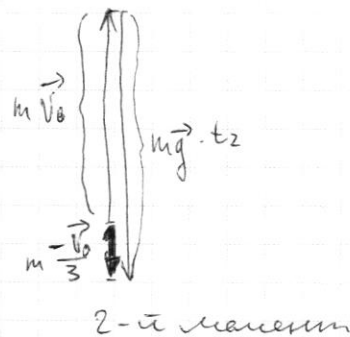
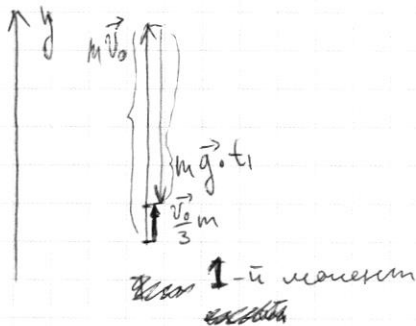
Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

- 1) Найдите давление  $P_1$  вблизи дна.
- 2) Найдите величину  $F$  силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.

- Возможно помнить, что т.к. камень сначала летит вверх, первая скорость, а затем вниз (после достижения макс. высоты), кабура её, то моментом, когда ск-ть камня была по модулю равна  $\frac{v_0}{3}$  было два (до достиг. макс. высоты, в к-ой ск-ть была 0 и после).



~~Важно помнить, что...~~

Запишем закон сохранения энергии для камня в

проекции на ось  $oy$  (с.п.к.с.):

$$(1) \quad \underbrace{\left(m \frac{v_0}{3}\right)}_{\substack{\uparrow \\ \text{конечный} \\ \text{импульс}}} - \underbrace{\left(m v_0\right)}_{\substack{\uparrow \\ \text{начальный}}} = -mgt_1 \Rightarrow \text{ответ: } t_1 = \frac{m \frac{2v_0}{3}}{mg} = \frac{2v_0}{3g} = \frac{2 \cdot 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,8 \text{ с}$$

$$(2) \quad \underbrace{\left(-m \frac{v_0}{3}\right)}_{\substack{\downarrow \\ \text{конечный} \\ \text{импульс}}} - \underbrace{\left(m v_0\right)}_{\substack{\downarrow \\ \text{начальный}}} = -mgt_2 \Rightarrow \text{ответ: } t_2 = \frac{m \frac{4}{3} v_0}{mg} = \frac{4v_0}{3g} = \frac{4 \cdot 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,6 \text{ с}$$

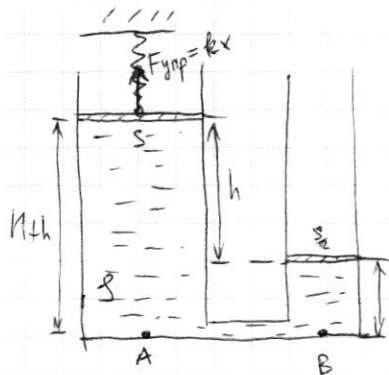


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



Задача 2.



1) Т.к. сосуды сообщаются, давления в м-ках

A и B одинаковы гидравлически:

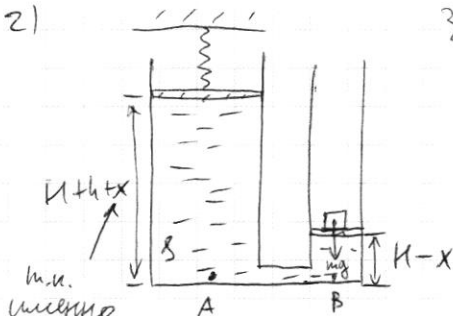
$$p_A = \rho g (H+h) - \frac{kx}{S} = p_B = \rho g H$$

откуда:

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

иначе  
H-уровень  
в левом  
в уровне  
сосуде в 1-ом а-е

2)



и.к.  
используя  
на уровне  
давлен  
поднима  
вверх левый  
поршень, тогда  
продви  
для недеформ.

Заменим такое же ур-ие для а-а,

когда поршень не деформирован:

$$p_A = \rho g (H+h+x) = p_B = \rho g (H-x) + \frac{mg}{S}$$

$$\rho g (H+h+x - H+x) = \frac{2mg}{S}$$

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

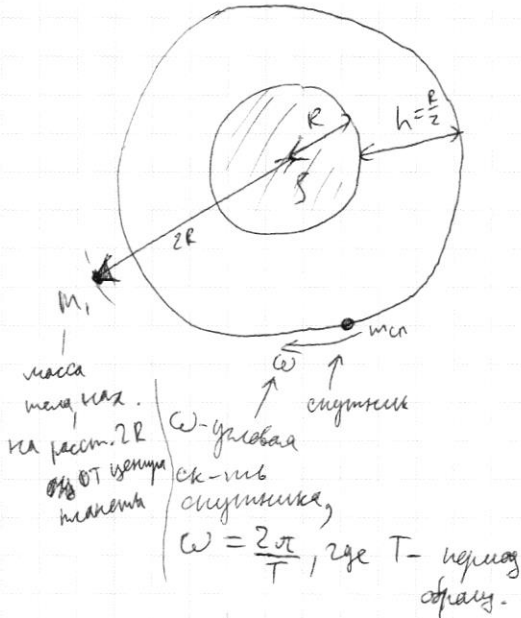
~~$$\rho g h S + 2\rho^2 g^2 h S^2 / k = 2mg$$~~

откуда:

$$\Rightarrow m = \frac{\rho h S}{2} \left( 1 + \frac{\rho g S}{k} \right)$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3.



$$1) F_{тяж_1} = m_1 g_1 = G \cdot \frac{m_1 M}{(2R)^2} = G \cdot \frac{m_1 \cdot \frac{4}{3}\pi R^2 \rho}{4R^2} =$$

$\uparrow$  сила тяжести  
 тела на  
 расстоянии  
 2R от  
 центра массы

$$= G \frac{m_1 \pi R \rho}{3}$$

$\Rightarrow g_1 = \frac{G \pi R \rho}{3}$

2) Запишем 2 закона Ньютона для  
спутника массой  $m_{сп}$ :

$$F_{тяж_{сп}} = m_{сп} a_n$$

$\uparrow$  центрострем.  
 уск-ие  
 спутника

$$G \cdot \frac{m_{сп} M}{(R+h)^2} = m_{сп} \cdot \omega^2 (R+h)$$

$$\frac{4}{3} G \pi R^2 \rho = \frac{4\pi R}{T^2} (R+h)$$

$$T^2 \cdot G R^2 \rho = 3\pi (R+h)$$

$$\text{Ищем: } T = \sqrt{\frac{3\pi \cdot 1,5R}{G R^2 \rho}} =$$

~~$$T = \sqrt{\frac{3\pi \cdot 1,5R}{G R^2 \rho}}$$~~

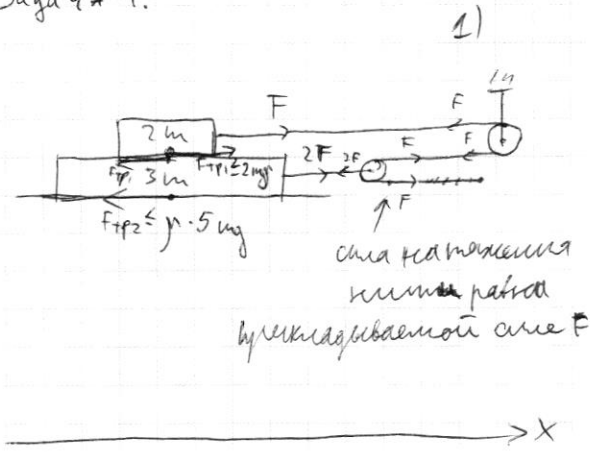
$$= \sqrt{\frac{9\pi}{2G R^2 \rho}}$$

~~$$G \cdot \frac{m_{сп} M}{(R+h)^2} = m_{сп} \cdot \omega^2 (R+h)$$

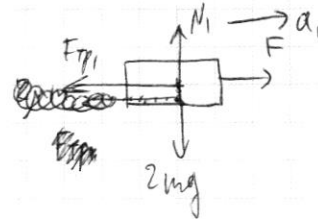
$$G \cdot \frac{4\pi R^2 \rho}{3 \cdot \frac{3}{2} R} = \frac{4\pi R}{T^2}$$

$$T^2 \cdot G R^2 \rho = \frac{3}{2} \pi$$~~

Задача 4.



Запишем силы, действующие на оба груза по отдельности (отн. земли)



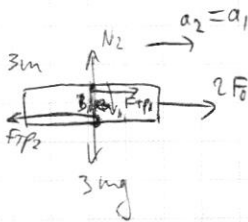
Третий верхний груз имеет ускорение  $a_1$ , тогда по 2 закону Ньютона:

Итак:

0 X:

$$2m a_1 = F_0 - F_{тр1} = F_0 \quad (\text{по укл.})$$

$$\Rightarrow a_1 = \frac{F_0}{2m} \quad (1)$$



Аналогично со 2 грузом, ускорение  $a_2$  должно совпадать с  $a_1$ , так как сила трения между грузами равна 0 так как они не движутся относительно друг друга.

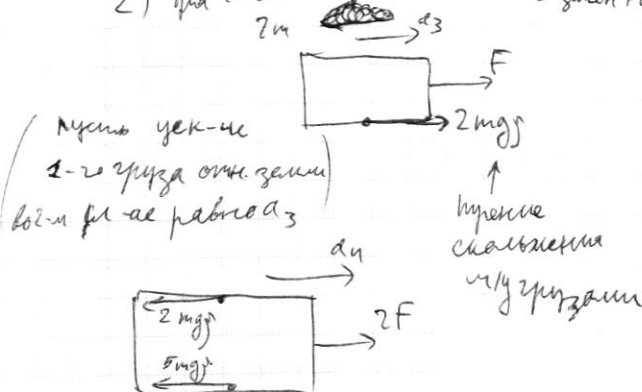
$$(2) \quad 3m a_1 = 2F_0 - F_{тр2} + F_{тр1} = 2F_0 - 5mg$$

$$(1)(2) \Rightarrow 3m \cdot \frac{F_0}{2m} = 2F_0 - 5mg$$

$$F_0 \left(2 - \frac{3}{2}\right) = 5mg$$

$$\Rightarrow F_0 = \frac{5mg}{\frac{1}{2}} = 10mg$$

2) Для 2-го груза запишем 2 закон Ньютона, действующие на оба груза:



0 X:

$$1\text{-й груз: } 2m a_3 = F + 2mg \quad (3)$$

$$2\text{-й: } 3m a_3 = 2F - 2mg - 5mg = 2F - 7mg \quad (4)$$

$$(3) \Rightarrow F = 2m(a_3 - g) \quad (5)$$

$$(4) \Rightarrow F = \frac{m}{2} (3a_3 + 7g) \quad (6)$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

(продолжение задачи 4)

~~$$\Rightarrow F = 2m(a_3 - g) = \frac{1}{2}m(3a_4 + 7g)$$~~

~~$$2a_3 - 2g = 1,5a_4 - 3,5g = 0$$~~

~~$$a_3 = \frac{1}{2}(1,5a_4 + 1,5g)$$~~

~~$$\Rightarrow \text{Как мы видим: сила } F \text{ зависит от } a_4$$~~

~~$$\Rightarrow \text{уравн (5)} \Rightarrow F_{\text{min}} \text{ достигается при } a_4 = 0$$~~

Т.к. по ур., верхний брусок скользит влево от  
нижнего,  $\Rightarrow a_3 \leq a_4$ , и.е.:

$$(5) \Rightarrow a_3 = \frac{F}{2m} + g$$

$$(6) \Rightarrow a_4 = \frac{1}{3}\left(\frac{2F}{m} - 7g\right)$$

$$\frac{F + 2mg}{2m} \leq \frac{2F - 7mg}{3m}$$

$$3F + 6mg < 4F - 14mg$$

$$F \geq 20mg \text{ ответ:}$$

$$\text{тогда } F_{\text{min}} = 20mg$$



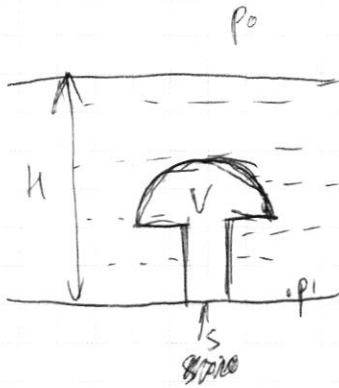


~~drag force~~

$$a_n = 0 \Rightarrow F = \rho_1 \rho_2 g V = 2 \rho_1 \rho_2 - 2 \rho_2 g V$$

$$3,5 \rho_2 g V = 2 \rho_1 \rho_2$$

$$\Rightarrow \rho_2 = \frac{7}{4} \rho_1$$



$$p_1 = p_0 + \rho g h$$

$$100 \text{ kPa} + 25$$



$$F_A = \rho g V$$



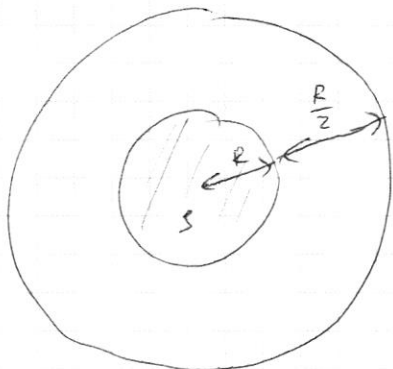
$$8 \text{ cm}^3 = (8 \text{ cm})^3 = (8 \cdot 10^{-2} \text{ m})^3 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$



$$\cancel{20 \text{ cm}^3} \Rightarrow 20$$

$$\begin{aligned} 20 \text{ cm}^2 &= 20 (20 \text{ cm})^2 = 20 (10^{-2} \text{ m})^2 \\ &= 20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$mg_1 = F = G \frac{mM}{(2R)^2} = G \cdot \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho \cdot m}{4R^2} =$$

$$= \frac{G \pi \rho m R}{3}$$

$$g_1 = G \frac{\pi R \rho}{3}$$

$$mg_1 = G \frac{mM}{6R^2}$$

$$K = G \cdot \frac{m^2}{r^2}$$

$$G = \frac{K \cdot r^2}{m^2} \cdot \frac{m}{m} \cdot \frac{m}{m} =$$

$$G \frac{mM}{R^2} = m \omega^2 R$$

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

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

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

$$\frac{K \cdot m}{c^2} \cdot \frac{m^2}{R^2} \cdot \frac{R^2}{m^2} \cdot \frac{m}{m} = \frac{1}{c^2}$$

$$c^2 \cdot \frac{K \cdot m^2}{R^2} \cdot R^2 \cdot \frac{m}{m} = 1$$

$$m \cdot \frac{m}{c^2} \cdot \frac{m}{m} = 1$$

$$\frac{K \cdot m^2}{R^2} \cdot \frac{R^2}{m^2} = \frac{1}{c^2}$$

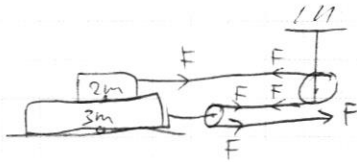
$$\frac{K \cdot m \cdot m}{c^2 \cdot m}$$

$$\sqrt{\frac{1}{\frac{K \cdot m^2}{c^2} \cdot \frac{c^2}{m^3}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{m \cdot c^2}{K^2 \cdot m \cdot m}}$$

$$\frac{1}{2} \left( 1 - \frac{1}{g} \right) = \frac{p}{2 \cdot g} = \frac{p}{18} = \frac{4}{9}$$

$$\frac{1}{2} \left( 1 + \frac{1}{g} \right) = \frac{10}{2 \cdot g} = \frac{10}{18} = \frac{5}{9}$$



$$\frac{2 \cdot 144}{9 \cdot 45} = \frac{288}{45} = \frac{576}{90} \cdot \frac{1}{2}$$

$$45 \cdot 4 = 40 \cdot 4 + 5 \cdot 4 = 160 + 20 = 180$$

$$\begin{array}{r} 288 \quad | \quad 45 \\ -225 \\ \hline 063 \\ -45 \\ \hline 180 \\ -180 \\ \hline \end{array}$$

$$50 \times 40 = 2000$$

$$\begin{array}{r} 514 \\ \times 45 \\ \hline 2570 \\ +2058 \\ \hline 23130 \end{array}$$

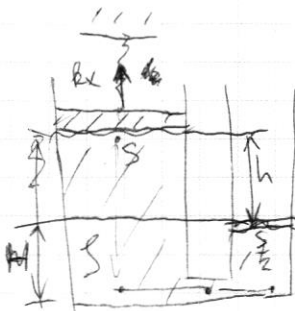
$$10^{-2} \frac{576}{3} = \frac{192}{100} = 1.92$$

$$\begin{array}{r} 11 \\ 288 \\ \times 2 \\ \hline 576 \end{array}$$

$$\frac{1}{5}$$

$$50 + 20 + 2 = 72$$

$$\begin{array}{r} 288 \quad | \quad 45 \\ -270 \\ \hline 180 \end{array}$$



$$\frac{5 \cdot 144}{2} = \frac{72}{9} = 8$$

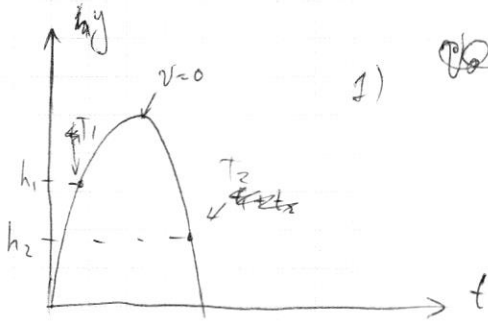
$$(h+h)sg - \frac{kx}{s} = sgh$$

$$\sum \frac{1}{2} kx + \frac{2sghs}{k} = \frac{2hs}{k}$$

$$kx = \frac{2hs}{k} + 2sghs$$

$$= \frac{2hs}{k} \left( 1 + \frac{2sgk}{k} \right)$$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~$v_0 = \frac{2v_0}{3} = \frac{2v_0}{3}$~~

$$gt_1 = v_0 \cdot (1 - \frac{1}{3}) \Rightarrow t_1 = \frac{2v_0}{3g}$$

$$g(t_2 - t_1) = v_0 \cdot \frac{1}{3}$$

$$gt_2 = \frac{v_0}{3} \Rightarrow t_2 = \frac{v_0}{3g} + t_1$$

$$2) h_1 = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = v_0 \cdot \frac{2v_0}{3g} - \frac{g \cdot \frac{4v_0^2}{9g^2}}{2} = \frac{v_0^2}{g} \left( \frac{2}{3} - \frac{2}{9} \right) = \frac{4v_0^2}{9g}$$

$$h_2 = v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$$

$$= \frac{4v_0^2}{9g}$$

$$h_2 = v_0 \cdot \frac{2v_0}{3g} + \frac{v_0}{3g}$$



$$\frac{12}{15} = \frac{4}{5} = \frac{8}{10} = 0.8$$

$$v_0 - gt_1 = \frac{v_0}{3}$$

$$gt_2 - v_0 = \frac{v_0}{3}$$

$$\frac{2 \cdot 4}{5} = \frac{8}{5} = \frac{16}{10} = 1.6$$

$$\begin{array}{r} 514 \\ \times 90 \\ \hline 4626 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 514 \\ + 36 \\ + 9 \\ + 155 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{24 \cdot 144}{9 \cdot 105} = \frac{288}{45} + \frac{514}{180}$$

$$\frac{288}{45} = \frac{225}{180} - \frac{45}{180}$$

$$\begin{array}{r|l} 288 & 45 \\ -225 & \\ \hline 063 & 1514 \\ -45 & \\ \hline 180 & \\ -180 & \\ \hline 0 & \end{array}$$

$$\frac{v_0^2}{g} \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{18} \right) = \frac{4v_0^2}{9g}$$

$$= \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{9-1}{18} = \frac{8v_0^2}{18g}$$

$$\begin{array}{r} 45 \\ \times 5 \\ \hline 225 \\ +20 \\ \hline 275 \end{array}$$