

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

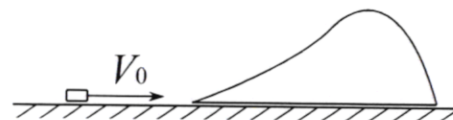
Шифр 15-006

(заполняется секретарём)

## Вариант 11-04

✓ 1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарика, чтобы он, двигаясь по окружности, совершил полный оборот в вертикальной плоскости? Принять  $g=10 \text{ м/с}^2$ .

✓ 2. Небольшая монета массой  $m$  скользит по гладкому горизонтальному столу со скоростью  $v_0$  к неподвижной незакрепленной горке массой  $4m$  (см. рис.). Монета въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.



✓ 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?

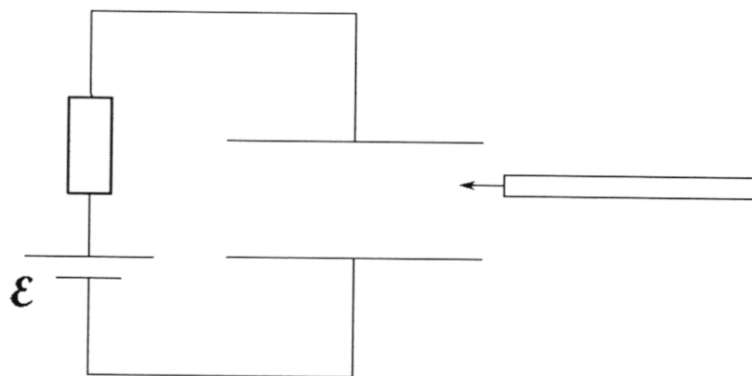
2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

✓ 3. Теплоизолированный сосуд объемом  $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  разделен перегородкой на две части с различными объемами. В первой части находится гелий при температуре  $127^\circ \text{C}$  в количестве  $\nu_1 = 0,1$  моль. Во второй части находится гелий при температуре  $7^\circ \text{C}$  в количестве  $\nu_2 = 0,4$  моль. Перегородка прорывается.

1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?

2) Найти конечное давление в сосуде.

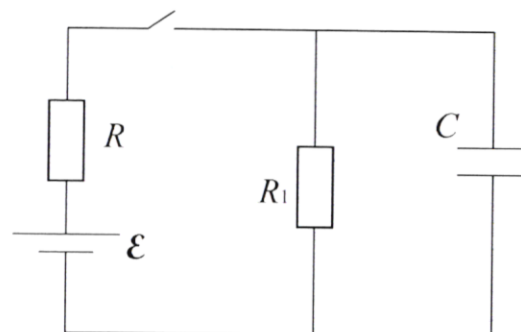
4. Плоский воздушный конденсатор емкостью  $C_0$  подсоединен через резистор к источнику с ЭДС  $\varepsilon$  (см. рис.). В конденсатор вводят параллельно обкладкам незаряженную проводящую пластину и располагают ее напротив обкладок. Форма поверхности пластины совпадает с формой поверхности обкладок. Толщина пластины в 3 раза меньше расстояния между обкладками.



1) Найти емкость конденсатора с пластиной.

2) Какой заряд пройдет через резистор после начала введения пластины?

5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в  $R$ ,  $R_1=4R$ . Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать  $C$ ,  $\varepsilon$ ,  $R$ .



✓ 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.

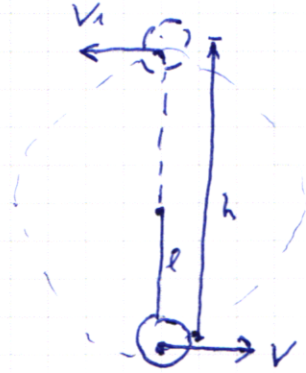
2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.

3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1  
Дано:  
 $l = 0.18 \text{ м}$   
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
-----  
 $V = ?$



1) По ЗСЭ:

$$mgh + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$V^2 = 2gh + v_1^2$$

2)  $a_n = g$  для наивысшей точки

$$\frac{v_1^2}{h} = g$$

$$v_1^2 = gh, \text{ откуда}$$

$$V = \sqrt{3gh} \quad h = 2l$$

$$V = \sqrt{6gl} = \sqrt{6 \cdot 10 \cdot 0.18} = \sqrt{108} \approx 3,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $3,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

w2

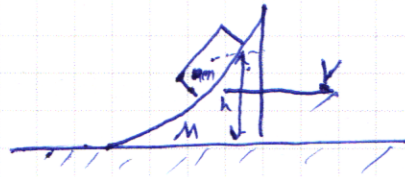
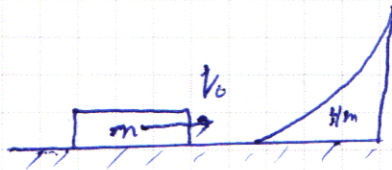
Dano:

$m, v_0$

$M = 4m$

1) T-?

2) P-?



1) По 3CЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{MV^2}{2}$$

По 3CЧ.

$$mv_0 = V(m+M)$$

$$V = \frac{mv_0}{m+M}$$

$$mV_0^2 = 2mgh + \frac{m^2 M v_0^2}{(m+M)^2}$$
 . П.к.  $M = 4m$ , то

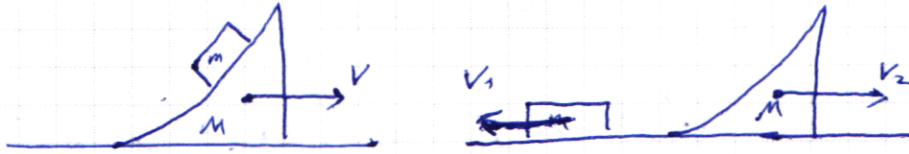
$$v_0^2 = 2gh + \frac{4v_0^2}{25}$$

$$h = \frac{v_0^2 - \frac{4v_0^2}{25}}{2g}$$

$$h = \frac{21v_0^2}{50g}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)



По ЗСН:

$$(m+M)V = mV_1 + MV_2$$

$$V = \frac{mV_1 + MV_2}{m+M} = \frac{V_1 + 4V_2}{5}$$

$$V = \frac{V_0}{5}$$

$$V_2 = \frac{V_0 - V_1}{4}$$

По ЗСЭ:

$$mgh + \frac{Mv^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{MV_2^2}{2}$$

$$2gh + 4V^2 = V_1^2 + 4V_2^2$$

$$\frac{21}{25}V_0^2 + 4\frac{V_0^2}{25} = V_1^2 + 4V_2^2$$

$$V_0^2 = V_1^2 + 4V_2^2 \quad (\text{ложно})$$

$$V_0^2 = V_1^2 + \frac{(V_0 - V_1)^2}{4}$$

~~$$3V_0^2 = 5V_1^2 - 2V_0V_1$$~~

$$3V_0^2 = 5V_1^2 - 2V_0V_1$$

~~$$\sqrt{D} = V_0 \cdot 2\sqrt{10}$$~~

$$\sqrt{D} = V_0 \cdot 8$$

~~$$V_{12} = \left| \frac{2V_0 - V_0 \cdot 2\sqrt{10}}{6} \right|$$~~

$$V_1 = \left| \frac{2V_0 - 8V_0}{10} \right|$$

~~Анализ~~

$$V_1 = \left| \frac{V_0(4 - \sqrt{10})}{3} \right|$$

$$V_1 = \frac{3}{5}V_0$$

№3

$$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$T_1 = 127^\circ\text{C} = 400 \text{ K}$$

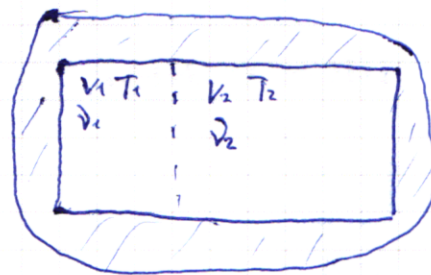
$$T_2 = 7^\circ\text{C} = 280 \text{ K}$$

$$\nu_1 = 0,1 \text{ моль}$$

$$\nu_2 = 0,4 \text{ моль}$$

1) T-?

2) P-?



1) т.к. сосуд теплоизолирован,  
то  $\Delta Q = 0$ .

т.к. объем сосуда не меняется, то  $A = 0$ .

Следовательно

$$U = U_1 + U_2$$

$$\frac{3}{2}(\nu_1 + \nu_2)RT = \frac{3}{2}\nu_1RT_1 + \frac{3}{2}\nu_2RT_2$$

$$(\nu_1 + \nu_2)T = \nu_1T_1 + \nu_2T_2$$

$$T = \frac{\nu_1T_1 + \nu_2T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,5} =$$

$$= 304 \text{ K} = \boxed{31^\circ\text{C}}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2) \quad PV = \nu RT \quad \nu = \nu_1 + \nu_2$$

$$P = \frac{(\nu_1 + \nu_2)RT}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304}{6,31 \cdot 10^{-3}} = \frac{304 \cdot 10^3}{2} = 152 \text{ кПа}$$

Ответ: 1)  $31^\circ\text{C}$  2)  $152 \text{ кПа}$

№5

Дано:

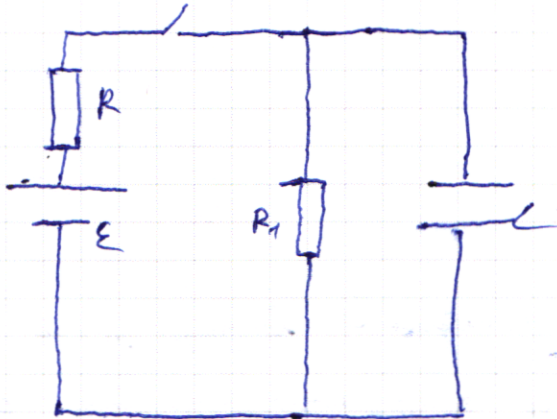
$$R_1 = 4R$$

$\mathcal{E}, R$

$$1) I - ?$$

$$2) U - ?$$

$$3) Q - ?$$



1) Так как необходимо найти ток сразу после замыкания ключа, то можно считать, что

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + R_1} = \frac{\mathcal{E}}{5R}$$

w4

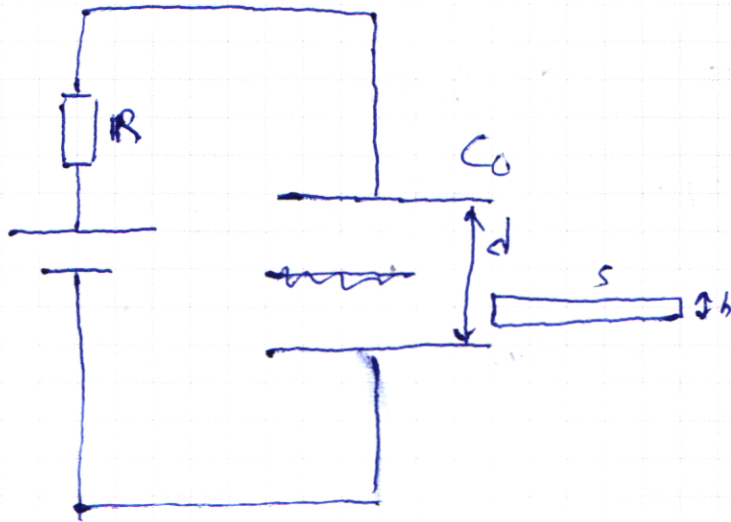
Dato:

$C_0, \epsilon, d$

$$h = \frac{d}{3}$$

1)  $C = ?$

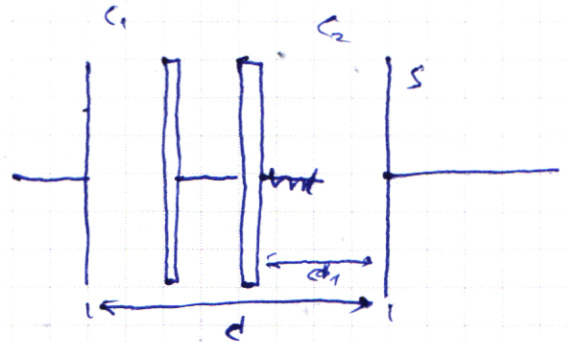
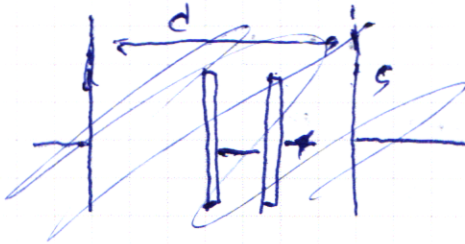
2)  $q = ?$



$$1) C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$S = \frac{d \cdot C_0}{\epsilon \epsilon_0}$$

Конденсатор с пластиной внутри можно представить в виде двух последовательно соединенных конденсаторов.



Получим

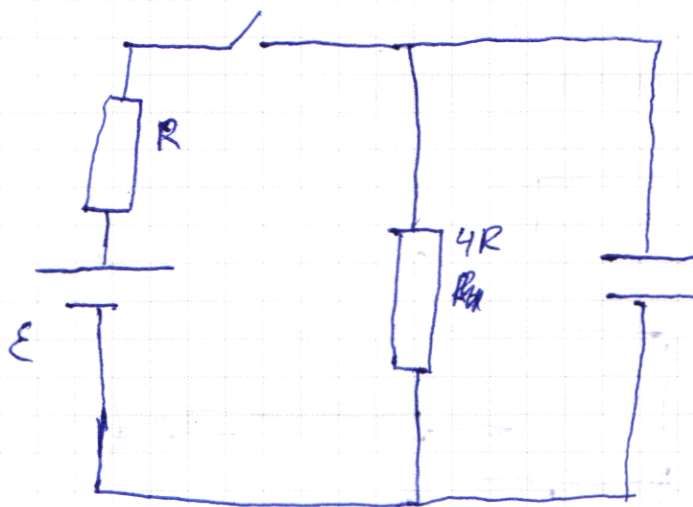
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{d_1}{\epsilon \epsilon_0 S} + \frac{d - d_1 - h}{\epsilon \epsilon_0 S} = \frac{d - h}{\epsilon \epsilon_0 S}$$

Отсюда  $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d - h}$

$$C = \frac{d \cdot C_0}{d - h}$$



W5



C, E R

$$\begin{array}{r} \times 12 \\ 5 \\ \hline 60 \end{array}$$

$$1) I = \frac{\varepsilon}{R + 4R} = \frac{\varepsilon}{5R}$$

2) ,

$$5V_1^2 - 2V_0V_1 - 3V_0^2$$

$$D = 4V_0^2 + 4 \cdot 3 \cdot 5 V_0^2 = V_0^2 (4 + 4 \cdot 3 \cdot 5)$$

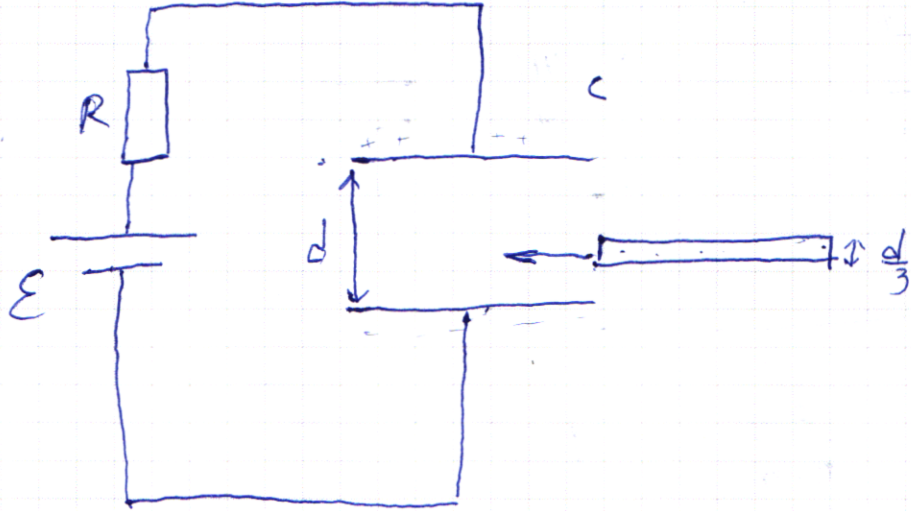
$$V_1 = \frac{2V_0 - 8V_0}{15} =$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\mu$   
 $C_0$   
 $\varepsilon$   
 $f = \frac{d}{s}$   


---

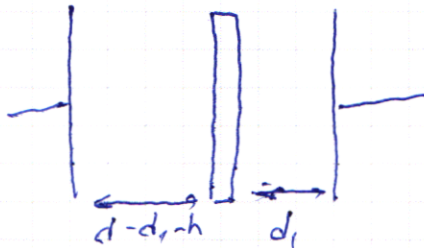
 1)  $C = ?$   
 2)  $q = ?$



~~$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$~~

~~$C_0 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$~~

$S = \frac{d \cdot C_0}{\varepsilon \varepsilon_0}$



$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d_1} + \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d - d_1}$

$$2) T = 304 \text{ K}$$

$$v_1 = 0,1$$

$$v_2 = 0,4$$

$$V = 8,31 \cdot 10^3$$

$$pV = \nu RT \quad \nu = \nu_1 + \nu_2$$

$$p = \frac{(\nu_1 + \nu_2)RT}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304}{8,31 \cdot 10^3}$$

$$0,5 \cdot 304 \cdot 10^3 = 152 \cdot 10^3$$

$$9. \frac{mV_0(1-v_1)}{3}$$

$$V_0^2 = v_1^2 + 4v_2^2$$

$$V_0^2 = v_1^2 + 4v_2^2$$

$$mV_0 =$$

$$\begin{cases} V_0^2 = v_1^2 + 4v_2^2 \\ V_0 = v_1 + 4v_2 \end{cases}$$

$$v_2 = \frac{V_0 - v_1}{4}$$

$$V_0^2 = v_1^2 + \frac{(V_0 - v_1)^2}{4}$$

$$4V_0^2 = 4v_1^2 + V_0^2 - 2V_0v_1 + v_1^2$$

$$3V_0^2 = 3v_1^2 - 2V_0v_1$$

$$3x^2 - 2V_0x - 3V_0^2$$

$$b = 4V_0^2 + 25 \cdot 4V_0^2 =$$

$$mV_0 = mV_1 + 4mV_2$$

$$D = 4V_0^2 + 3 \cdot 3 \cdot 4V_0^2$$

$$D = V_0^2(4 + 36)$$

$$(v_1 + 4v_2)^2 = v_1^2 + 4v_2^2$$

$$v_1^2$$

$$D = 4V_0^2 + 3 \cdot 4 \cdot 3V_0^2$$

$$\sqrt{D} = 72V_0$$

$$v_1 = \frac{2V_0 \pm 72V_0}{6}$$

$$v_1 = \frac{3}{4}V_0$$

$$V_0^2 = v_1^2 + \frac{(V_0 - v_1)^2}{4}$$

$$4V_0^2 = 4v_1^2 + V_0^2 - 2V_0v_1 + v_1^2$$

$$3V_0^2 = 3v_1^2 - 2V_0v_1$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

$$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$T_1 = 400 \text{ К}$$

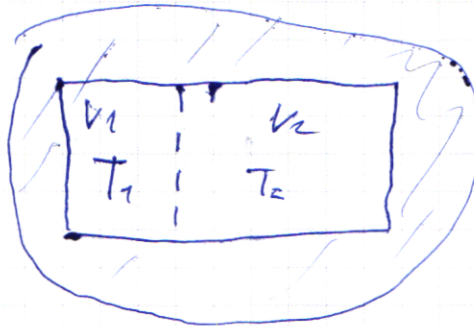
$$\nu_1 = 0,1 \text{ моля}$$

$$T_2 = 280 \text{ К}$$

$$\nu_2 = 0,4 \text{ моля}$$

1)  $T = ?$

2)  $P = ?$



$$\Delta U = 0$$

$$\nu_1 + \nu_2 = \nu$$

$$U = \frac{3}{2} \nu R T$$

$$\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$$

~~$$\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 = \frac{3}{2} \nu_2 R T_2$$~~

$$\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T$$

$$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = (\nu_1 + \nu_2) T$$

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,5} =$$

$$= (40 + 112) : 2 = 304 \text{ К} = 31^\circ \text{C}$$

№3

10

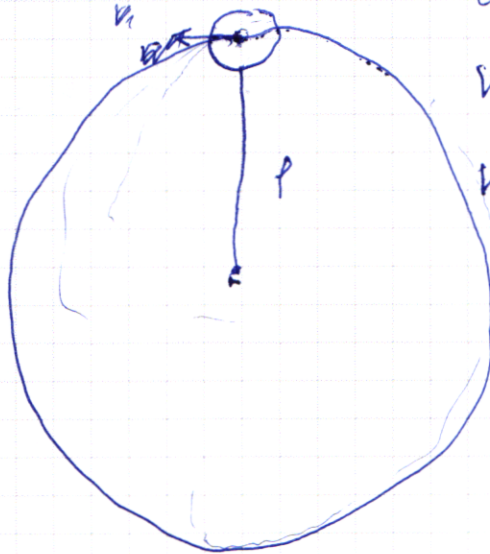
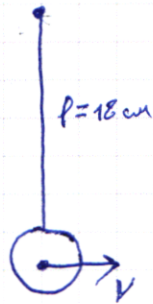
$$\begin{array}{r} + 280 \\ 0,4 \\ \hline 112 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 304 \\ 292 \\ \hline 12 \end{array}$$

28  
4  
5

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

21



~~$$\frac{v^2}{2r} = g$$~~

~~$$v = \sqrt{2gh}$$~~

~~$$v = \sqrt{2rge}$$~~

~~$$h = 2r$$~~

~~$$r = 0,18$$~~

~~$$mg = \frac{mv^2}{r}$$~~

*[Handwritten signature]*

$$a_{\text{об}} = \frac{v^2}{2r}$$

$$\frac{v^2}{2r} = g$$

$$m \cdot \frac{v^2}{2} = m \cdot g \cdot 2r + \frac{mv^2}{2}$$

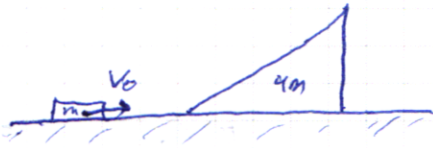
$$\begin{array}{r} 3.1 \\ \times 3.1 \\ \hline 93 \\ 991 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ 32 \\ \hline 64 \\ 96 \\ \hline 1024 \end{array}$$

$$273 + 124 = 400$$

$$273 + 127 = 280$$

W2



$$1) \quad \frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{4mv_1^2}{2}$$

$$\frac{m^2 \cdot 4m v_0^2}{25m^2 \cdot 2}$$

$$mv_0 = 5mV \quad v_2 = \frac{v_0}{5}$$

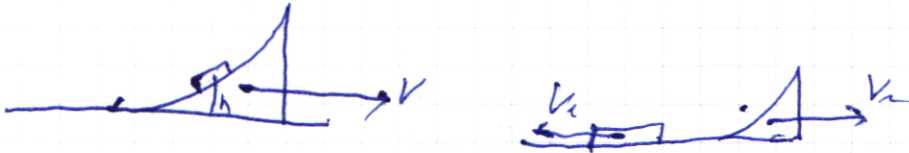
$$v_0^2 = 2gh + \frac{4v_0^2}{25}$$

$$v_1^2 + \frac{(v_0 - v_1)^2}{4}$$

$$h = \frac{v_0^2 - \frac{4}{25}v_0^2}{2g}$$

$$h = \frac{21v_0^2}{50g}$$

2)



$$(m+M)v = mv_1 + Mv_2$$

$$mgh + \frac{Mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{Mv_2^2}{2}$$