

K||f2 8 ♡ ♠  
óÿ || 88

s ♠  
7P||<sup>a</sup>||T

88 ♡ 6f ♣  
6 ♣ 8 ♡ ||J

2 ♣ ||E|| z ||+ç ♡<sup>2</sup> ||Üÿ  
|| 8

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

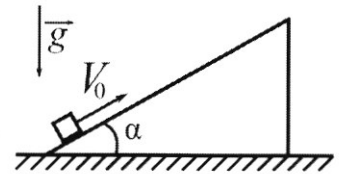
Шифр

(заполняется секретарём)

1. Фейерверк массой  $m = 1 \text{ кг}$  стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через  $T = 3 \text{ с}$  разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Суммарная кинетическая энергия осколков сразу после взрыва  $K = 1800 \text{ Дж}$ . На землю осколки падают в течение  $\tau = 10 \text{ с}$ .

- 1) На какой высоте  $H$  взорвался фейерверк?
- 2) В течение какого промежутка времени  $\tau$  осколки будут падать на землю? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол  $\alpha$  такой, что  $\cos \alpha = 0,6$ . Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают некоторую начальную скорость  $V_0$  (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину и поднимается на максимальную высоту



$H = 0,2 \text{ м}$ . Масса клина в два раза больше массы шайбы. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

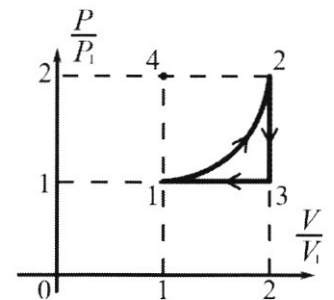
- 1) Найдите начальную скорость  $V_0$  шайбы.
- 2) Найдите скорость  $V$  клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

3. По внутренней поверхности проволочной сферы равномерно движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Сила, с которой модель действует на сферу, в два раза больше силы тяжести, действующей на модель. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

- 1) Найдите ускорение  $a$  модели.
- 2) Вычислите минимальную допустимую скорость  $V_{\text{MIN}}$  равномерного движения модели по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 45^\circ$ . Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы  $\mu = 0,8$ , радиус сферы  $R = 1 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 4. Считать заданными давление  $P_1$  и объём  $V_1$ .

- 1) Какое количество  $Q$  теплоты подведено к газу в процессе расширения?
- 2) Найдите работу  $A$  газа за цикл.
- 3) Найдите КПД  $\eta$  цикла.



5. Заряд  $Q > 0$  однородно распределен по сфере радиуса  $R$ . В первом опыте на расстоянии  $3R$  от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом  $q > 0$ .

- 1) Найдите силу  $F_1$ , действующую на заряженный шарик.

Во втором опыте заряд  $q$  однородно распределяют по стержню длины  $R$ , стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии  $3R$  от центра.

- 2) Найдите силу  $F_2$ , с которой заряженный стержень действует на заряженную сферу.

Все силы, кроме кулоновских, считайте пренебрежимо малыми. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Явлениями поляризации пренебрегите.

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

- 1) Т.к. взрыв в высшей точке траектории, то  
его скорость равна нулю в момент взрыва:

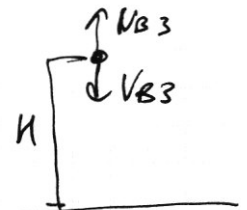
$$v_0 - gT = 0 \Rightarrow v_0 = gT$$

$$H = v_0 T - \frac{gT^2}{2} = \frac{gT^2}{2} = \frac{10 \frac{м}{с} \cdot 9 \frac{с^2}{2}}{2} = \underline{45 \text{ м}}$$

ответ:  $H = 45 \text{ м}$ .

2)  $K = \frac{m v_{B3}^2}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow v_{B3} = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$



предметок времени  $t$  - время  
осколка  
после падения скорости, полет вверх равно  
после падения осколка, полет вверх равно  
это первый и последний упавшие осколки.

$$\Rightarrow t = t_B - t_m$$

$$H = v_{B3} t_m + \frac{g t_m^2}{2} = \frac{g t_B^2}{2} - v_{B3} t_B \Rightarrow$$

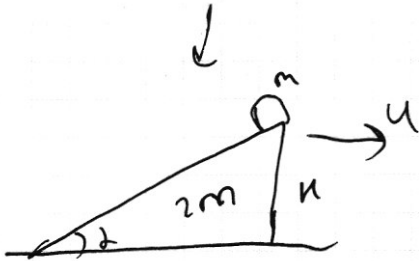
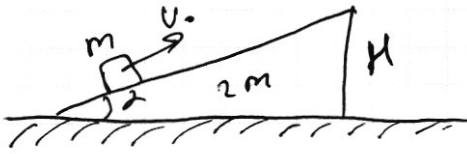
$$\Rightarrow H = v_{B3} t_n + \frac{g t_n^2}{2} \Rightarrow t_n = \frac{-v_{B3} \pm \sqrt{v_{B3}^2 + 2gH}}{g}$$

$$= \frac{-\sqrt{\frac{2K}{m}} \pm \sqrt{\frac{2K}{m} + 2gH}}{g} = \frac{-60 \frac{м}{с} + 10 \sqrt{45} \frac{м}{с}}{10 \frac{м}{с^2}} = 4.5$$

$$= (-6 + \sqrt{45}) \text{ с} = (3\sqrt{5} - 6) \text{ с} = \underline{0.7 \text{ с}}$$

ответ:  $3\sqrt{5} - 6 \approx 0.7 \text{ с}$ .

N2



$$1) \text{ЗСЭ: } \frac{m v_0^2}{2} = m g H + \frac{3 m u^2}{2}$$

$$\text{ЗСУ: } m v_0 \cos \alpha = 3 m u$$

$$\Rightarrow u = \frac{v_0 \cos \alpha}{3} = 0,2 v_0$$

$$v_0^2 = 2 g H + 3 u^2 =$$

$$= 2 g H + 3 \cdot \frac{v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}{9} =$$

$$= 2 g H + \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{3}$$

$$v_0^2 \left(1 - \frac{\cos^2 \alpha}{3}\right) = 2 g H \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{6 g H}{3 - \cos^2 \alpha}} =$$

$$= 5 \sqrt{\frac{2}{11}} \frac{m}{c}$$

$$2) u = v_0 \frac{\cos \alpha}{3} = \sqrt{\frac{2}{11}} \frac{m}{c}$$

В СО клина со скоростью u.

$$\text{ЗСЭ: } m g H = \frac{2 m v_2^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2}$$

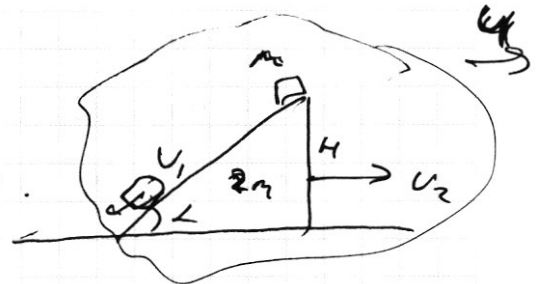
$$\text{ЗСУ: } 2 m v_2 = m v_1 \cos \alpha$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 2 g H = 2 v_2^2 + v_1^2 \\ v_1 = \frac{2 v_2}{\cos \alpha} = \frac{10}{3} v_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_2 = 3 \sqrt{\frac{g H}{59}} = 3 \sqrt{\frac{2}{59}} \frac{m}{c}$$

$$\Rightarrow \text{полная скорость клина } v_2 + u = \left( \sqrt{\frac{2}{11}} + 3 \sqrt{\frac{2}{59}} \right) \frac{m}{c}$$

$$\text{ответ: } \left( \sqrt{\frac{2}{11}} + 3 \sqrt{\frac{2}{59}} \right) \frac{m}{c}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3

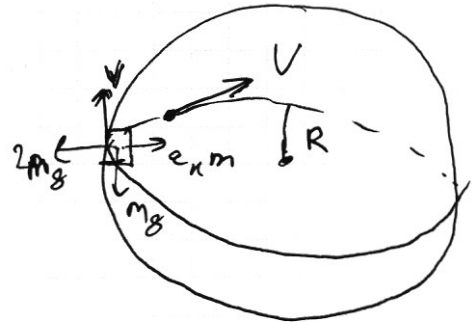
$$1) a = \sqrt{a_n^2 + g^2}$$

$$a_n m = 2mg \Rightarrow a_n = 2g$$

$$a = \sqrt{(2g)^2 + g^2} = \sqrt{5}g =$$

$$= 10\sqrt{5} \frac{m}{c^2} \approx 22 \frac{m}{c^2}$$

ответ:  $a = 10\sqrt{5} \frac{m}{c^2} \approx 22 \frac{m}{c^2}$



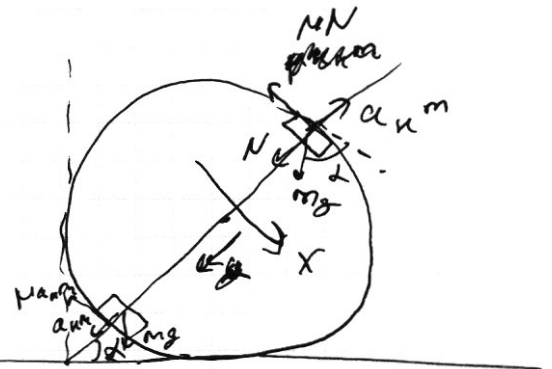
2) ИЗНХ: ~~мг cos α~~ ~~μN~~ ~~μmg cos α~~

$$a_n = \frac{v_{min}^2}{R}$$

$$a_n = \frac{v_{min}^2}{R} = \frac{g \cos \alpha}{\mu}$$

$$v_{min} = \sqrt{g R \cos \alpha \mu}$$

$$a_n = \frac{v_{min}^2}{R}$$



рассмотрим случай, когда N минимально, то есть верхний момент: ИЗНХ:  $x: mg \cos \alpha = \mu N$

$$y: N = a_n m - mg \cos \alpha$$

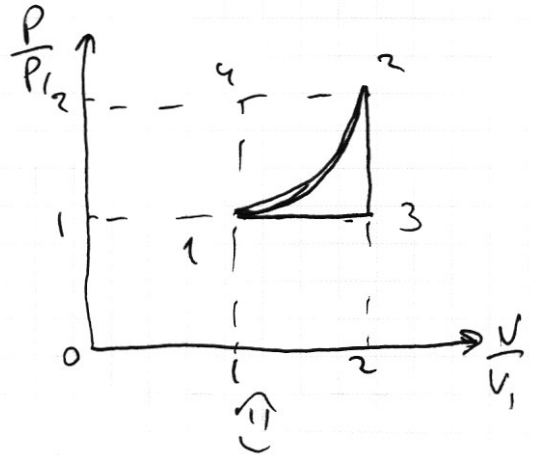
$$mg \cos \alpha = \mu a_n m - \mu mg \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_n = g \cos \alpha \frac{(1 + \mu)}{\mu} = \frac{v_{min}^2}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{min} = \sqrt{\frac{g R \cos \alpha (1 + \mu)}{\mu}} = 3 \sqrt{\frac{5}{2\sqrt{2}}} \frac{m}{c} \approx 3,5 \frac{m}{c}$$

ответ:  $v_{min} = 3 \sqrt{\frac{5}{2\sqrt{2}}} \frac{m}{c} \approx 3,5 \frac{m}{c}$

1) Т.к.  $P_1$  и  $V_1$  известны, то  
 так как  $\frac{P_2}{P_1}$  и  $\frac{V_2}{V_1}$  можно выразить как  
 $P_1$  и  $V_1$ , ответ будет таким.  
 Тогда график не изменится.

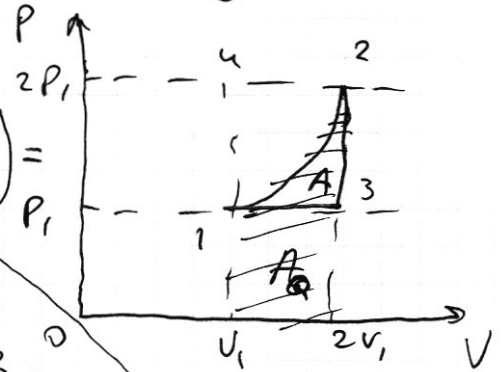


$$Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + A =$$

$$= \frac{3}{2} (4P_1 V_1 - P_1 V_1) + A =$$

$$= \frac{3}{2} P_1 V_1 + P_1 V_1 + (P_1 V_1 - \frac{\pi}{4} P_1 V_1) =$$

$$= P_1 V_1 (\frac{13}{2} - \frac{\pi}{4}) \approx 5,75 P_1 V_1$$



ответ:  $Q = P_1 V_1 (6,5 - \frac{\pi}{4}) \approx 5,75 P_1 V_1$

2)  $A = P_1 V_1 (1 - \frac{\pi}{4}) \approx \frac{0,86 P_1 V_1}{4} \approx 0,2 P_1 V_1$  (по формуле, по условию, знаменца)  
 ответ:  $A = P_1 V_1 (1 - \frac{\pi}{4}) \approx 0,2 P_1 V_1$  (считать работу)

3)  $\eta = \frac{A}{Q_k} = \frac{A}{Q} = \frac{P_1 V_1 (1 - \frac{\pi}{4})}{P_1 V_1 (6,5 - \frac{\pi}{4})} = \frac{4 - \pi}{26 - \pi} \approx$   
 $\approx \frac{1}{28}$

ответ:  $\eta = \frac{4 - \pi}{26 - \pi} \approx \frac{1}{28}$

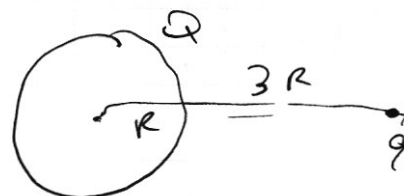
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

1) Т.к. сфера заряжена однородно, то

$$F_1 = \frac{kqQ}{(3R)^2} = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 \cdot 9R^2} =$$

$$= \frac{qQ}{36\pi\epsilon_0 R^2}$$



2) Ответ:  $F_1 = \frac{qQ}{36\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{kQq}{9R^2}$

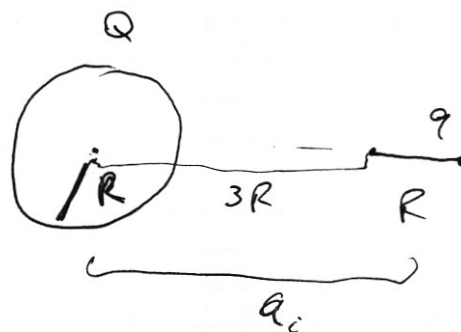
$$F_i = \frac{kQq_i}{a_i^2}$$

$$F_2 = \sum_i F_i = \frac{kQq}{(xR)^2}$$

$$\frac{1}{x^2} = \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} \Rightarrow x = \frac{12}{5}$$

$$F_2 = \frac{kQq \cdot 25}{144R^2}$$

ответ:  $F_2 = \frac{25kQq}{144R^2}$



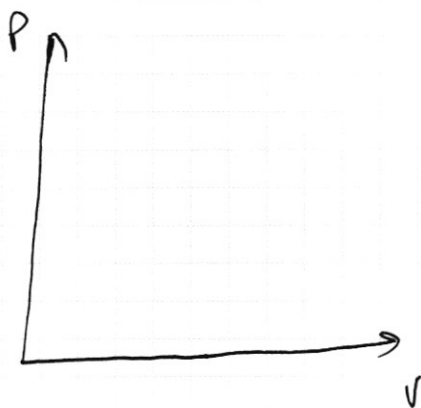




### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$R = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2$$

$$1 = \left(\frac{5}{2} - 1\right)^2 + \left(\frac{16}{3} - 2\right)^2$$



$$Q = \frac{3}{2} \int R dt + A =$$

$$= \frac{3}{2} \left( \dots \right)$$

$$1 - \frac{\pi R^2}{4} = 1 - \frac{\pi}{4}$$

$$\frac{0.86}{4} \approx 0.215$$

$$\frac{0.86}{22.86} \approx 0.0376$$

$$F = \frac{k Q q}{(3R)^2} = \frac{k Q q}{9R^2}$$

$$F_i = \frac{k Q q_i}{a^2}$$

$$\sum F_i = \frac{k Q q}{a^2}$$

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{16} = \frac{1}{x^2}$$

$$\frac{25}{144} = \frac{1}{x^2}$$

$$x = \frac{12}{5}$$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

$$v_0^2 = 2gh + \frac{3v_0^2 \cos^2 \alpha}{9} =$$

$$3 \cdot 0,04 v_0^2 = 0,12 v_0^2$$

$$0,88 v_0^2 = 2gh$$

$$= 2gh + \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{3}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{0,88}}$$

$$v_0^2 \left(1 - \frac{\cos^2 \alpha}{3}\right) = 2gh$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{6gh}{3 - \cos^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 0,2}{3 - 0,36}} = \frac{m}{c} \sqrt{\frac{12}{2,64}} =$$

$$= \frac{m}{c} \sqrt{\frac{4}{0,88}} = \frac{m}{c} \sqrt{\frac{1}{0,22}} =$$

$$= \frac{m}{c} \sqrt{\frac{100}{22}} = \sqrt{\frac{500}{11}} =$$

$$= 5 \sqrt{\frac{2}{11}}$$

$$2v_2 = v_1 \cos \alpha$$

$$v_1 = \frac{2v_2}{\cos \alpha} = \frac{2v_2}{0,6} =$$

$$= \frac{2v_2 \cdot 10}{3} =$$

$$= \frac{20}{3} v_2$$

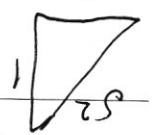
$$\frac{100}{9} v_2^2 + 2v_2^2 = 2gh$$

$$\left(1 + \frac{50}{9}\right) v_2^2 = gh$$

$$= 5gh$$

$$\frac{59}{9} v_2^2 = gh$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{9gh}{59}} = 3 \sqrt{\frac{gh}{59}}$$



$$g \cos \alpha = \mu a_n - \mu g \cos \alpha$$

$$a_n = g \cos \alpha (1 + \mu)$$

$$a_n = g \cos \alpha (1 + \mu)$$

$$\mu g \cos \alpha = \mu a_n - \mu g \cos \alpha$$

$$g \cos \alpha + \mu g \cos \alpha = \mu a_n$$

$$a_n = \frac{g \cos \alpha}{\mu} + g \cos \alpha =$$

$$= g \cos \alpha \left(1 + \frac{1}{\mu}\right) =$$

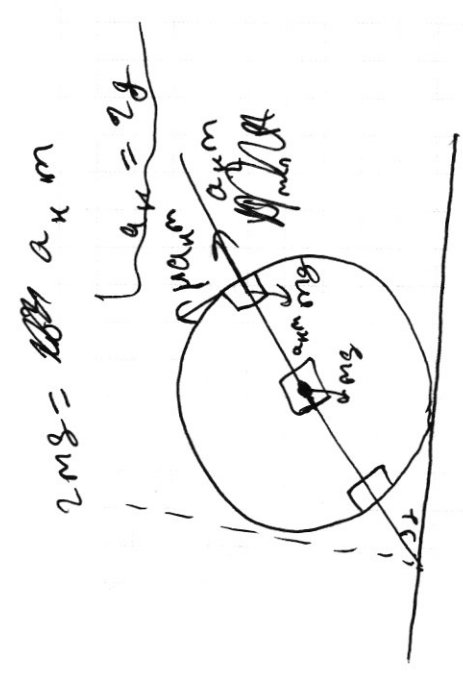
$$= 3 \sqrt{\frac{252}{5}}$$

$$= 3 \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 5}{5}} =$$

$$= 3 \sqrt{\frac{4 \cdot 2}{1}} =$$

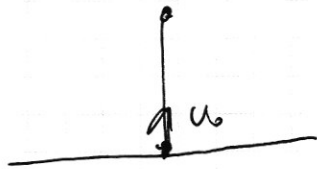
$$= \frac{2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2}}{18} =$$

$$= \frac{2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2}}{18 \cdot 2 \cdot 0,07} =$$



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$K = \frac{gT^2}{2} - V_{B3}T$$



$$V_0 T - \frac{gT^2}{2} = K$$

$$V_0 - gT = 0$$

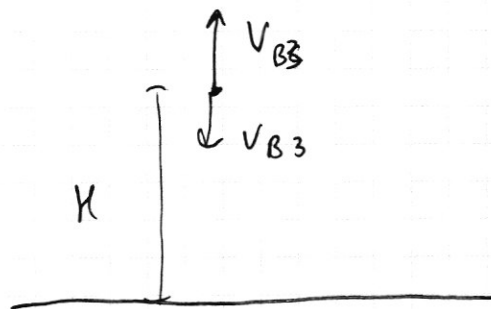
$$V_0 = gT$$

$$gT^2 - \frac{gT^2}{2} = K = \frac{gT^2}{2} = \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot 9c^2}{2} = 45m$$

$$K = \frac{m V_{B3}^2}{2} \Rightarrow V_{B3} = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

$$K = V_{B3} t_m + \frac{g t_m^2}{2}$$

$$K = \frac{g t_B^2}{2} - V_{B3} t_B$$



$$K = V_{B3} t_n + \frac{g t_n^2}{2} = 8$$

$$\frac{g t_n^2}{2} + V_{B3} t_n - K = 0$$

$$t_n = \frac{-V_{B3} \pm \sqrt{V_{B3}^2 - 2gK}}{g}$$

$$\sqrt{\frac{3600 \text{ k.m}}{m}} = 60 \frac{m}{c}$$

$$V_{B3} t_m + \frac{g t_m^2}{2} = \frac{g t_B^2}{2} - V_{B3} t_B$$

$$V_{B3} (t_m + t_B) = \frac{g}{2} (t_B^2 - t_m^2) = \frac{g}{2} (t_B - t_m) (t_B + t_m)$$

$$V_{B3} = \frac{gT}{2} = \sqrt{\frac{2K}{m}} = 6 + 3\sqrt{5}$$

3600  $\frac{m^2}{c^2} + 900 \frac{m^2}{c^2}$   
4500  
616  
212  
1212  
1112