Место для скобы

004120

Шифр

ОТКРЫТАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ МЕЖВУЗОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ВУЗОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ «ОРМО»

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ
заключительного этапа

1.	Предмет	ФИЗИКА
2.	Вариант	2
3.	Класс	10
4.	Фамилия	ДЬЯЧКОВСКИЙ
	Имя	МИХАИЛ
	Отчество	АФАНАСЬЕВИЧ
5.	Дата рождения	Число: 27; Месяц: 01; Год: 2004
6.	Страна	РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
7.	Регион *(пр: Томская обл., Алтайский край)*	респ. САХА (ЯКУТИЯ)
8.	Вид муниципального образования *(пр: село, город, пгт, деревня)*	ГОРОД
9.	Населенный пункт *(пр: Томск, Кемерово, Псков)*	ЯКУТСК
10.	Полное наименование образовательного учреждения, в котором Вы обучаетесь	ГБНОУ „РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ЛИЦЕЙ-ИНТЕРНАТ" С УИОП

Даю согласие на обработку моих персональных данных и информирование меня посредством sms и e–mail о моих результатах и всех дальнейших мероприятиях, связанных с олимпиадой

Личная подпись Дья

Шифр 004120

Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области (ОРМО)

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
96		Енюл Д.М.	

5 задача

Введём систему координат, связанную с точкой броска.
Уравнения движения:

$$\begin{cases} v_y = v_{1y} - gt \\ v_x = v_{1x} \\ y = v_{1y}t - \frac{gt^2}{2} \\ x = v_{1x}t \end{cases}$$

В ~~точке~~ момент приземления $y=0$:

$v_{1y}t - \frac{gt^2}{2} = 0 \ | : t \rightarrow$ корень $t=0$ – момент броска, а не приземления

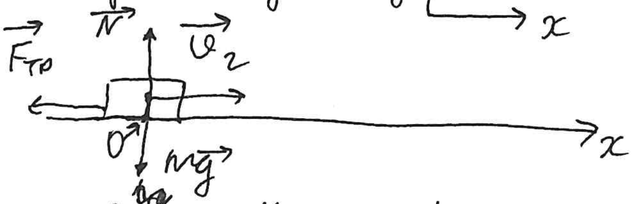
$v_{1y} = \frac{gt}{2} \Leftrightarrow t = \frac{2v_{1y}}{g}$; $v_{1y} = v_1 \sin\alpha$; $t = \frac{2v_1 \sin\alpha}{g}$;

8

$v_{1x} = v_1 \cos\alpha$

$L = v_1 \cos\alpha \cdot \frac{2v_1 \sin\alpha}{g} = \frac{v_1^2 \sin 2\alpha}{g}$, благодаря тому, что тело „небольшое" мы пренебрегаем его размерами и решаем кинематическую задачу, как для мат. точки.

Случай льда:



II 3-н Ньютона:

~~Ox~~: Oy: $N - mg = 0$

$N = mg$

Ox: $-F_{тр} = ma_x$

По Закону Кулона – Амонтона: $F_{тр} \leq \mu N$. Лёд покоится, а тело движется относительно Земли $\Rightarrow F_{тр} = F_{тр.скольж.} = \mu N$

1	2	3	4	5
18	20	20	20	18

$-\mu mg = ma_x \Rightarrow a_x = -\mu g$

96

$v_x = v_2 + a_x t = v_2 - \mu g t$; при остановке $v_x = 0$:

$v_2 - \mu g t = 0 \Leftrightarrow v_2 = \mu g t$; $t = \frac{v_2}{\mu g}$

6

$x = v_2 t + \frac{a_x t^2}{2} = \frac{v_2^2}{\mu g} - \frac{\mu g \cdot \frac{v_2^2}{(\mu g)^2}}{2} = \frac{v_2^2}{2\mu g} = L$ – по усл.

4

$\frac{v_2^2}{2\mu g} = \frac{v_1^2 \sin 2\alpha}{g}$; $\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 = \frac{1}{2 \cdot \mu \cdot \sin 2\alpha} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \mu \cdot \sin 2\alpha}}$

5 задача (прод.)

$\frac{v_1}{v_2} \approx 25,39$ Ответ: $v_1 > v_2$ в 25,39 раз

4 задача.

Запишем уравнения Менделеева-Клапейрона для идеального газа:

$p_1V_1 = \nu R T_C$, $p_1 V_2 = \nu R T_D$, $p_2 V_1 = \nu R T_B$, $p_2 V_2 = \nu R T_A$

$T_C = \frac{p_1 V_1}{\nu R}$, $T_D = \frac{p_1 V_2}{\nu R}$, $T_B = \frac{p_2 V_1}{\nu R}$, $T_A = \frac{p_2 V_2}{\nu R}$

I з-н термодинамики:

$Q = \Delta U + A$, ΔU – изменение внутр. энергии, для ид. газа имеет место: $U = U(T)$ => вид изменения U не важен для ΔU, важны лишь $T_{нач.}$ и $T_{кон.}$ Выберем изохорическое изменение => $A = 0$, а $\Delta U = \frac{i}{2}\nu R \Delta T$, где i – число степеней свободы молекул ид. газа.

$A \to D$: $D \to C$:

$Q_{AD} = \frac{i}{2}\nu R(T_D - T_A)$; $Q_{DC} = \frac{i}{2}\nu R(T_C - T_D) + p_1(V_1 - V_2)$

По условию:

$A \to D \to C$:

$-|Q_1| = \frac{i}{2}(T_C - T_A)\nu R + p_1(V_1 - V_2) = \frac{i}{2}(p_1V_1 - p_2V_2) + p_1V_1 - p_1V_2 =$

$= \frac{2+i}{2}p_1V_1 - \frac{i}{2}p_2V_2 - p_1V_2$

Дл. $A \to B \to C$:

$-|Q_2| = \frac{i}{2}\nu R(T_C - T_A) + p_2(V_1 - V_2)$

$\frac{i}{2}\nu R(T_C - T_A) = -|Q_1| - p_1(V_1 - V_2)$

$-|Q_2| = -|Q_1| - p_1(V_1 - V_2) + p_2(V_1 - V_2) =$

$= -|Q_1| + (V_1 - V_2)(p_2 - p_1)$

$|Q_2| = |Q_1| + (p_2 - p_1)(V_2 - V_1)$

Место для скобы

Шифр 004120

4 задача (прод.)

$Q_1 < 0$ и $Q_2 < 0$ – моя ~~интерпрет~~ интерпретация условия

$A \to D \to C$:

$$Q_1 = \frac{i}{2}\nu R(T_C - T_A) + p_1(V_1 - V_2)$$

$$\frac{i}{2}\nu R(T_C - T_A) = Q_1 - p_1(V_1 - V_2)$$ 8

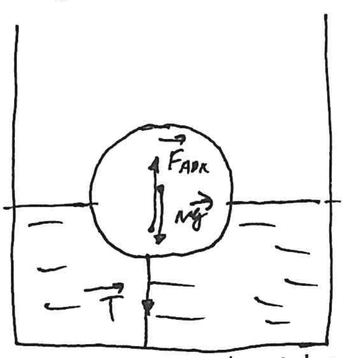
$A \to B \to C$:

$$Q_2 = \frac{i}{2}\nu R(T_C - T_A) + p_2(V_1 - V_2) = Q_1 - p_1(V_1 - V_2) + p_2(V_1 - V_2) =$$

$$= Q_1 + (p_2 - p_1)(V_1 - V_2)$$

Ответ: $Q_2 = Q_1 + (p_2 - p_1)(V_1 - V_2)$ 4

3 задача.



II 3-н Ньютона:

Ox: $T + mg - F_{Apx} = 0$

4 $T = \frac{F_{Apx}}{2}$ (по условию)

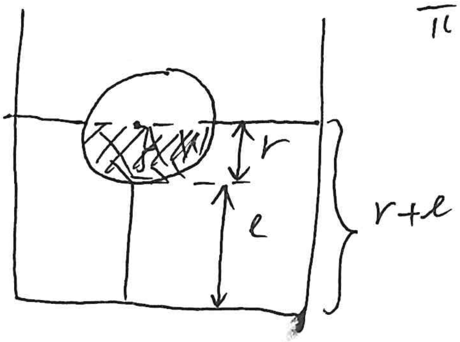
$mg = \frac{F_{Apx}}{2}$

Пусть ρ – плотность шара, V – объём шара

$F_{Apx} = 4\rho V' g$, где V' – погруженный объём

$\rho V g = \frac{4\rho V' g}{2} \Leftrightarrow V = 2V' \Rightarrow V' = \frac{V}{2}$ – шар погружен наполовину. 4

Пусть l – длина нити в натянутом состоянии:



$$\pi R^2 \cdot (r + l) = \frac{1}{2}\cdot\frac{4}{3}\pi r^3 + V_ж$$

$$\pi R^2 (r + l) = \frac{2}{3}\pi r^3 + V_ж$$ 8

$$V_ж = \pi R^2 (r + l) - \frac{2}{3}\pi r^3$$

4

Ответ: $V_ж = \pi R^2 (r + l) - \frac{2}{3}\pi r^3$, где l – длина нити в натянутом состоянии.

Место для скобы

Шифр

2 задача

Заметим, что $t_л$ и t_a – это температуры ~~парообразования азота и~~ плавления льда и парообразования азота соответственно.

Будем считать, что $t_в = const$. При плавлении льда и парообразовании азота – фазовых переходах температура неизменна => мощность теплоты, подводимой к сосудам, постоянна.

$N_л = \eta\, k \Delta t_1$; $N_A = \eta\, k \Delta t_2$, где η – КПД ~~нагрева~~ теплообмена,

k – коэффициент пропорциональности $N \sim \Delta t$, $\Delta t_1 = t_в - t_л$, $\Delta t_2 = t_в - t_a$

$N_л \tau_2 = Q_л$; $Q_л = \lambda m_2$; $\eta k (t_в - t_л) \tau_2 = \lambda m_2$

$$\eta k = \frac{\lambda m_2}{(t_в - t_л)\tau_2};$$

$N_A \tau_1 = Q_A$; $Q_A = r \cdot m_a$, где $m_a = V_1 \cdot \rho_a$

$\eta k (t_в - t_A) \tau_1 = r V_1 \rho_a$

$$\rho_a = \frac{\eta k (t_в - t_a)\tau_1}{r V_1} = \frac{\frac{\lambda m_2}{(t_в - t_л)\tau_2}(t_в - t_a)\tau_1}{r V_1} =$$

$$= \boxed{\frac{\lambda}{r} \cdot \frac{t_в - t_a}{t_в - t_л} \cdot \frac{\tau_1}{\tau_2} \cdot \frac{m_2}{V_1}}$$

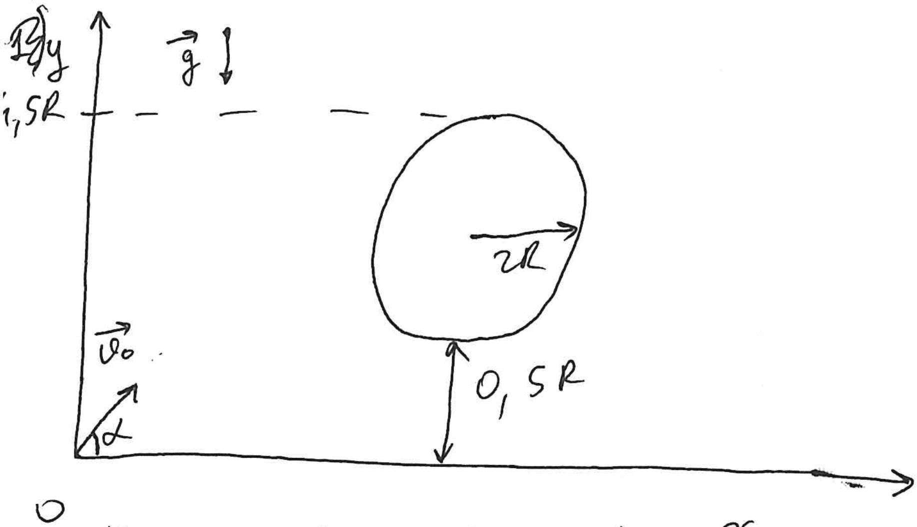
$$\rho_a = \frac{0{,}33 \cdot 10^6}{199 \cdot 10^3} \cdot \frac{20 - (-195)}{20 - 0} \cdot \frac{24}{22{,}5} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-3}}{10^{-3}} =$$

$$= \frac{0{,}33 \cdot 10^3}{199} \cdot \frac{215}{20} \cdot \frac{24}{22{,}5} \cdot 4 \approx 76 \text{ кг/м}^3$$

Место для скобы

1 задача

Шифр



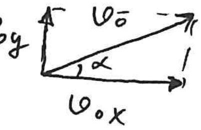
Введём систему координат, связанную с точкой броска
Уравнения движения:

$$\begin{cases} y = v_{0y} t - \dfrac{g t^2}{2} & (1) \\ x = v_{0x} t & (2) \end{cases}$$

4

Выразим t из (2): $t = \dfrac{x}{v_{0x}}$ подставим в (1):

$$y = \frac{v_{0y}}{v_{0x}} \cdot x - \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{v_{0x}^2},$$



$v_{0y} = v_0 \sin\alpha$

$v_{0x} = v_0 \cos\alpha$

$$y = \frac{v_0 \sin\alpha}{v_0 \cos\alpha} \cdot x - \frac{g}{2} \cdot x^2 \cdot \frac{1}{v_0^2 \cos^2\alpha} = tg\,\alpha \cdot x - \frac{g}{2v_0^2} \cdot x^2 \cdot \frac{1}{\cos^2\alpha}$$

Основное тригонометрическое тождество:

$\cos^2\alpha + \sin^2\alpha = 1 \quad | : \cos^2\alpha \Rightarrow 1 + tg^2\alpha = \dfrac{1}{\cos^2\alpha}$

$$y = -\frac{g}{2v_0^2}(1 + tg^2\alpha)x^2 + tg\,\alpha \cdot x$$

Вспомним геометрический смысл ~~касательной~~ производной - тангенс угла наклона касательной. По условию мы касаемся вершины шара (т.к. ~~иначе~~ в других точках касание невозможно) => касательная параллельна Ox => => производная в этой точке равна нулю => точка максимума по свойству производной.

$$(y)'_x = -\frac{g}{v_0^2}(1 + tg^2\alpha)x + tg\,\alpha = 0$$

$$\frac{g}{v_0^2}(1 + tg^2\alpha)x = tg\,\alpha \Leftrightarrow x = \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{tg\,\alpha}{1 + tg^2\alpha}$$

$y = 4,5R$ 4, но с другой стороны:

$$y = -\frac{g}{2v_0^2}(1 + tg^2\alpha) \cdot \left(\frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{tg\,\alpha}{1 + tg^2\alpha}\right)^2 + tg\,\alpha \cdot \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{tg\,\alpha}{1 + tg^2\alpha} =$$

$$= -\frac{v_0^2}{2g} \cdot \frac{tg^2\alpha}{1 + tg^2\alpha} + \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{tg^2\alpha}{1 + tg^2\alpha} = \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{tg^2\alpha}{\frac{1}{\cos^2\alpha}}\left(1 - \frac{1}{2}\right)$$

Место для скобы

Шифр

1 задача (прод.)

$$y = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g} \nearrow 9Rg = v_0^2 \sin^2\alpha$$

Из курса механики мы знаем, что для данной задачи траекторией движения камня должна быть полуокружность =>

$$y^2 + (x - 4,5R)^2 = (4,5R)^2 \Leftrightarrow y^2 = (4,5R)^2 - (x - 4,5R)^2 = (4,5R - x + 4,5R) \cdot (4,5R + x - 4,5R) = x \cdot (9R - x)$$

$\to y = 4,5R$ в max

$$(4,5R)^2 + (x - 4,5R)^2 = (4,5R)^2 \Rightarrow x = 4,5R, \quad \frac{L}{2} = 4,5R$$

~~t_{n}~~ Из уравнение движения:

$$0 = v_{0y} t_n - \frac{g t_n^2}{2} \Big| : t_n \quad \frac{g t_n}{2} = v_{0y}; \quad t_n = \frac{2 v_0 \sin\alpha}{g}$$

$$L = v_0 \cos\alpha \cdot \frac{2 v_0 \sin\alpha}{g}; \quad \frac{L}{2} = \frac{v_0^2 \sin\alpha \cos\alpha}{g} = 4,5R$$

$$4,5Rg = v_0^2 \sin\alpha \cos\alpha; \ (3)$$

8

$$9Rg = v_0^2 \sin^2\alpha \ (4)$$

$(4) : (3)$

$$\frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{v_0^2 \sin\alpha \cos\alpha} = \frac{9Rg}{4,5Rg} = 2 \Leftrightarrow \operatorname{tg}\alpha = 2$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} 2 \approx 63,43^\circ$$

2

Ответ: $\alpha = 63,43^\circ$