



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА**

вариант № 5

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

**Олимпиада школьников «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!»
по ФИЗИКЕ (11 класс)**

ОТРАЩЕНКО АЛЕКСЕЙ ИВАНОВИЧ

Дата: 20 мая 2020 г.

ИТОГИ ПРОВЕРКИ:

№	1	2	3	4	Σ
В	5	5	3	5	98
З	20	20	20	20	

Апелляция: не подавалась

Итоговая оценка: 98 (девяносто восемь)

Учитовки, Imp. 1

Задача 1:

Вопрос: Пусть есть тело сферическим радиусом r . Тогда, его координата центра тяжести, $x = A \sin(\omega t + \phi_0)$, где A - амплитуда колебаний, ϕ_0 - нач. фаза. Т.е. $\frac{dx}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \phi_0) = v$. Т.е. скорость по фазе "запаздывает" на $\frac{\pi}{2}$; а амплитуда скорости и координаты $v_{max} = A\omega$. Т.е. $\frac{dv}{dt} = A\omega^2 \cos(\omega t + \phi_0 - \frac{\pi}{2}) = -A\omega^2 \sin(\omega t + \phi_0) = -a$. Т.е. сила упругости $F_{упр} = -m \cdot a = -m \cdot A\omega^2 \sin(\omega t + \phi_0) = -F_{max} \sin(\omega t + \phi_0)$. Т.е. сила упругости $F_{упр}$ и сила тяжести $F_{тяж}$ направлены в противоположные стороны. $F_{max} = A \cdot \omega^2$.

Задача 2:

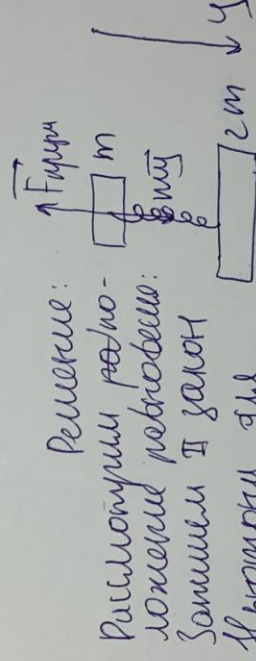
Дано:

$m, M = 2m$

A, ω, g

Найти:

F_{max}
 F_{min}



Решение:

Рассмотрим равновесие:

Силы тяжести:

Силы упругости:

Силы тяжести:

Силы упругости:

$0 = F_{упр} + F_{тяж}$

но $F_{тяж} = mg$

но $F_{упр} = kx$

$0 = mg - kx_0 \Rightarrow x_0 = \frac{mg}{k}$. Иными, при равновесии

находим величину удлинения. Иными, при

в этом положении пружина имеет.

$x_{max} = A + x_0 = A + \frac{mg}{k}$ - пружина растянута

$x_{min} = A - x_0 = A - \frac{mg}{k}$ - пружина сжата

Рассмотрим движение маятника:

Самым, что если k при растянутой пружине

(т.е. когда сила упругости направлена вверх) $F_{упр} > mg$, то

тогда $F_{min} = 0$ и направление $F_{упр}$ направлено вниз

из условий, имп. ф
 равенство того, что $I = I = I = f(U_1)$, найдем:
 $E = f(U_1) r + t(U_1) + g(U_1)$. Равенство справедливо
 только U_1 , а получаем в $f(U_1)$ найдем
 мер.

Заметим:
 $I(U) = I_0 \int \frac{y}{U_0}$

$$I = U_0$$

$$P = \frac{2^{\frac{1}{4}}}{6^{\frac{1}{4}}} P_0$$

Следует:
 n (каждое значение)
 k (каждое значение)

Результат:

Рассм. случай с одной скоростью
 и одной длиной:

$$P = \frac{2^{\frac{1}{4}}}{6^{\frac{1}{4}}} P_0; \quad P = I U \text{ (из определенного макс. значения)}$$

$$I U = \frac{2^{\frac{1}{4}}}{6^{\frac{1}{4}}} I_0 U_0; \quad \text{Заметим, что } I(U) = I_0 \int \frac{y}{U_0}$$

найдем:

$$I_0 \int \frac{y}{U_0} U = \frac{2^{\frac{1}{4}}}{6^{\frac{1}{4}}} I_0 U_0 \Rightarrow \int U^{\frac{1}{2}} = \frac{2^{\frac{1}{4}}}{6^{\frac{1}{4}}} \int U_0^{\frac{1}{2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U^{\frac{3}{2}} = \frac{2^{\frac{1}{4}}}{6^{\frac{1}{4}}} U_0^{\frac{3}{2}} \Rightarrow U = \frac{2^{\frac{1}{4}}}{6^{\frac{1}{4}}} U_0$$

$$I = I_0 \int \frac{y}{U_0} = I_0 \int \frac{y U_0}{16 U_0} = \frac{3}{4} I_0$$

но 2 значения скорости:

$E = I r + U$, где I - макс. скорость движения и скорость
 (он у нас ограничен, м.л. он неограниченно-
 но скорость) r - выпукл. вып. значения, U -
 направление на длину. из условия: $E = U_0$:

$$U_0 = \frac{3}{4} I_0 r + \frac{3}{16} U_0$$

$$\frac{7}{16} U_0 = \frac{3}{4} I_0 r \Rightarrow r = \frac{7 U_0}{12 I_0}$$

Рассм. случай с 2 скоростями и 2 скоростями с
 скоростью, что $P = P_0$ определенным образом $P = P_0$:

$$\text{То есть: } P = P_0 \Rightarrow I U = I_0 U_0;$$

$$U \cdot I_0 \int \frac{y}{U_0} = I_0 U_0 \Rightarrow U \int U = U_0 \int U_0 \Rightarrow U = U_0. \quad I = I_0 \int \frac{y}{U_0} = I_0$$

Но 2 значения скорости:

$kE = kI_1 r + nU$; i перемен $E = U_0$; $I = I_0$, $U = U_0$ (напряжение для данного бруса)

$$kU_0 = kI_0 \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{U_0}{I_0} + nU_0$$

$$k(1 - \frac{1}{n}) = n \Rightarrow n = \frac{5}{12} k$$

Т.е. n и k - жесткость и коэффициент бруса, что и есть. Искомый минимальное и наименьшее при минимальном k .

Т.е. n и k - жесткость, но $5k:12$. При $n=12$, U и I не имеют смысла, так как $5k:12$ - это $k=12$. Тогда $n = \frac{5}{12} \cdot 12 = 5$

Ответ: минимальное 12 - это $n=5$
для n и k минимально 12 бруса

Чисел, $n=5$

Умножение стр. 6

Задача:

Дано:

$$|f_1| = 2$$

$$|f_2| = 5$$

$$S = 3 \text{ м}$$

Найти: S'

Решение:

Т.к. изображение создается на экране, то $f > 0$ (лучи собираются), и $f > 0 \Rightarrow$

$$|f_1| = \frac{f}{d-f}; \text{ и формула тонкой линзы:}$$

$$|f_1| = \frac{f}{d-f}, \text{ и формула тонкой линзы:}$$

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f} \Rightarrow d = \frac{f}{f-f}; d = \frac{f}{f-f};$$

Т.к. изображение глуб. ($f > 0$), то при увеличении глубины d , f должно уменьшаться (м.к. $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \text{const}$). Пусть $d' = d \cdot S \Rightarrow f' = f \cdot S'$

Аналогично найдем аналогичную формулу:

$$|f_2| = \frac{f'-f}{f} = \frac{f-f}{f} - \frac{f'-f}{f} = |f_1| - \frac{S'-f'}{f} \Rightarrow S' = f(|f_1| - |f_2|)(1)$$

$$|f_2| = \frac{f}{d-f} \Rightarrow \frac{1}{|f_2|} = \frac{d-f}{f} = \frac{1}{|f_1|} + \frac{1}{f} \Rightarrow S = f\left(\frac{1}{|f_2|} - \frac{1}{|f_1|}\right)$$

Подставим (1) на (2):

$$\frac{S'}{S} = \frac{|f_1| - |f_2|}{\frac{1}{|f_2|} - \frac{1}{|f_1|}} = \frac{|f_1| - |f_2|}{\frac{|f_1| - |f_2|}{|f_1||f_2|}} \Rightarrow S' = S \frac{|f_1||f_2|}{1}; S' = 3 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 5 = 0,3 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } S' = S |f_1||f_2|; S' = 0,3 \text{ м}$$

Задача 3:

Вопрос: По 2 закону сохранения: $E = E_r + U_1 + U_2$, где U_1 и U_2 — напряжения на резисторах. Т.к. они все параллельно, то $I_1 = I_2 = I$, значит U_1 и U_2 равны. Аналогично или используя закон сохранения энергии (аналогично или используя закон сохранения энергии: $U_2 = g(U_1)$. Тогда, и

числов, см. 5

$$\eta = \frac{Q_{12} - 1Q_{23} + Q_{34} + Q_{41}}{Q_{12}} = \frac{2(nk-1) \cdot 2n \cdot \left[-\frac{3}{2} \cdot 2n \cdot \left(\frac{1}{2}n - \frac{1}{2}k \right) + 2 \cdot 2n \cdot \left(\frac{1}{2}n - \frac{1}{2}k \right) \right]}{2(nk-1) \cdot 2n},$$

$$+ \frac{\frac{5}{2} \cdot 2n \cdot (1-k)}{2(nk-1)} = \frac{2(nk-1) - \left[\frac{3}{2}n(1-k) + 2(kn-k) + \frac{5}{2}(k-1) \right] \cdot \frac{1}{2}nk}{2(nk-1)} =$$

$$= \frac{2(nk-1) - \left[\frac{3}{2}n(1-k) + 2(kn-k) + \frac{5}{2}(k-1) \right] \cdot \frac{1}{2}nk}{2(nk-1)}$$

$$= \frac{2nk - 2 - \frac{3}{2}nk + \frac{3}{2}n - 2n + 2k - \frac{5}{2}k + \frac{5}{2}}{2(nk-1)} = \frac{\frac{1}{2}nk - \frac{1}{2}n - \frac{1}{2}k + \frac{1}{2}}{2(nk-1)} =$$

$$= \frac{n(k-1) - (k-1)}{4(nk-1)} = \frac{(n-1)(k-1)}{4(nk-1)}$$

$$\eta = \frac{4 \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{5}{4}}{4 \cdot (8-1)} = \frac{5}{8 \cdot 8} = \frac{5}{64} = 0,078125$$

Итого: $\frac{F_{\text{max}}}{F_{\text{min}}} = nk = 8$; $\eta = \frac{(n-1)(k-1)}{4(nk-1)} = \frac{5}{64} = 0,078125$

Задача 4

Вопрос: по определению: $\Gamma = -\frac{f}{d}$ (м.л. ^{для} распределения
устройства $\Gamma < 0$). Из формулы молярного индекса:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{Fd}{d-f} \Rightarrow \Gamma = \frac{Fd}{d(F-f)} = \frac{F}{F-f}$$

Рассм. водородного индекса: $F > 0$, нуле

при d постоянном от 0 до F : $\Gamma \uparrow$ (м.л. ^{уменьшается}
знаменателя) при m $\Gamma > 0$ (м.л. $F > 0$ и $F-f > 0$)

при d, f при e ^{уменьшается}: $\Gamma = \frac{F}{F-f} = -\frac{f}{d-f} \Rightarrow$
 $\Rightarrow |\Gamma| = \frac{F}{d-f}$ - ^{уменьшается} при $d \uparrow$ (м.л. ^{уменьшается}
знаменателя), и при m при $d > f$: $\Gamma < 0$

Для ^{уменьшается} индекса: $\Gamma = \frac{F}{F-d} = -\frac{f}{d-f}$ (м.л. $F < 0$)
 $\Gamma = \frac{1}{1+\frac{f}{d}} > 0$ - ^{уменьшается} при d : $\Gamma \downarrow$ (м.л. ^{уменьшается}
знаменателя)

Умножим, умр. 3

Задача 2:

Вопрос: $P = dV$; ~~тогда~~ Задача 1 I год не могу-
решить: $Q = dU + A = \frac{3}{2} nR dT + A$;

По условию крайнему- конечному:

$$\begin{cases} P_1 V_1 = nRT_1, & dV_1 \cdot V_1 = nRT_1, \\ P_2 V_2 = nRT_2, & dV_2 \cdot V_2 = nRT_2, \end{cases} \Rightarrow nRT = d(V_2^2 - V_1^2) \Rightarrow dT = \frac{2}{V_1} dV_1$$

$$\Rightarrow dU = \frac{3}{2} d(V_2^2 - V_1^2).$$

Работу можно найти как площадь под кривой

процесс в P-V координатах

$P = dV$ - график прямой вверх- $\uparrow P$
увеличиваем (прямая, бо-
лее из кривой координат) P_1
 $A = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int_{V_1}^{V_2} dV = \frac{1}{2} d(V_2^2 - V_1^2)$

$$- dV_1 \cdot V_1 = \frac{1}{2} d(V_2^2 - V_1^2)$$

$$\text{Тога: } Q = dU + A = \frac{3}{2} d(V_2^2 - V_1^2) + \frac{1}{2} d(V_2^2 - V_1^2) = 2 d(V_2^2 - V_1^2)$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{2 d(V_2^2 - V_1^2)}{\frac{1}{2} d(V_2^2 - V_1^2)} = 4$$

Задача:

Дано:

$$T_4 = k T_{\min}$$

$$T_2 = n T_{\min}$$

Найти:

$$2, 1, \frac{T_{\min}}{T_1}$$

Решение:

$$1-2: P \uparrow, V \uparrow \Rightarrow T \uparrow \Rightarrow dU > 0, P$$

$$A > 0 \Rightarrow Q_{12} > 0.$$

$$2-3: V = \text{const}, P \downarrow \Rightarrow T \downarrow \Rightarrow$$

$$\Rightarrow dU < 0, A = 0 \Rightarrow Q_{23} < 0$$

$$3-4: P \downarrow, V \downarrow \Rightarrow T \downarrow \Rightarrow$$

$$\Rightarrow dU < 0, A < 0 \Rightarrow Q_{34} < 0$$

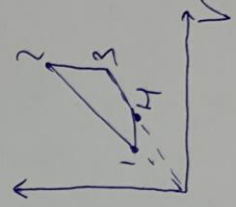
$$4-1: P = \text{const}, V \downarrow \Rightarrow T \downarrow \Rightarrow dU < 0, A < 0 \Rightarrow Q_{41} < 0$$

Т.е. $\forall$ процессу q - то процесс 1-2 обратимый,
а во всех остальных процессах обратимый, но

$$T_{\min} = T_1 \Rightarrow T_4 = k T_1, T_2 = n T_1.$$

$$\text{Т.е. } 1-4 - \text{изотерма, но: } P_4 = P_1; \frac{V_4}{T_4} = \frac{V_1}{T_1} \Rightarrow V_4 = V_1 \frac{T_4}{T_1} = V_1 \cdot k$$

В процессе 3-4:



условие: $F_{k \min} < 3mg$, $k(A - x_0) < 3mg \Rightarrow$

$$\Rightarrow A - \frac{mg}{k} < \frac{3mg}{k} \Rightarrow A < \frac{3mg}{k};$$

Рассу $A < \frac{3mg}{k}$. Тогда нулевое состояние не имеет, а значит оно имеет $\Rightarrow x = 0$

Значения $\Delta \Pi$ жестко фиксированы:

$$0 = N + 3mg + F_{\text{упр}}.$$

Для N - и есть условие равновесия на уровне:

$N = N_{\min}$ или прыжки малой частотой, тогда:

$$N_{\min} + kx_{\min} = 3mg + k(A + x_0) = 3mg + kA$$

$N = N_{\min}$, если прыжки малой частотой, тогда:

$$N_{\min} = 3mg - kx_{\min} = 3mg - k(A - x_0) = 3mg + kx_0 - kA = 3mg - kA$$

Тогда:

$$\frac{F_{\max}}{N_{\max}} = \frac{F_{\min}}{N_{\min}} = \frac{3mg + kA}{3mg - kA}; \quad \text{т.е. берем условие}$$

колебатель (условие) ω , но $\frac{k}{m} = \omega^2$ (м.д. это прыжки малой частотой)

$$\frac{F_{\max}}{F_{\min}} = \frac{3mg + kA}{3mg - kA} = \frac{3g + A\omega^2}{3g - A\omega^2}$$

$$\text{Объем: } \frac{F_{\max}}{F_{\min}} = \frac{3g + A\omega^2}{3g - A\omega^2}, \text{ при } A < \frac{3mg}{k} < \frac{3g}{\omega^2} A < \frac{3g}{\omega^2};$$

при $A > \frac{3g}{\omega^2}$ будем прыгать с частотой ω

$$F_{\min} = 0 \Rightarrow \frac{F_{\max}}{F_{\min}} = \infty$$

Условие, при ω

Т.к. это уравнение, соответствующее уравнению, но $P_3 = \beta V_3$ и $P_4 = \beta V_4 \Rightarrow P_3 = P_4$

Значит уравнение состояния это сам. 3 и 4

$$\begin{cases} P_3 V_3 = \mathcal{N} T_3 & \beta V_3 \cdot \beta V_4 = \mathcal{N} T_1 \\ P_4 V_4 = \mathcal{N} T_4 & \beta V_4 \cdot V_4 = \mathcal{N} T_1 \end{cases} \Rightarrow \beta^2 = \frac{\mathcal{N}}{V_4} \Rightarrow \beta = \sqrt{\frac{\mathcal{N}}{V_4}}$$

$$V_3 = \sqrt{\frac{\mathcal{N}}{P_4}} \cdot k V_1 = \sqrt{\mathcal{N} k} V_1; \quad P_3 = \sqrt{\frac{\mathcal{N}}{k}} P_4 = \sqrt{\frac{\mathcal{N}}{k}} P_1$$

Т.к. 2-3 изохор, то $V_2 = V_3 = \sqrt{\mathcal{N} k} V_1$.

Т.к. 1-2 адиабатическое 1-2 - уравнение, соответствующее уравнению, но $P_1 V_1 = P_2 V_2$.

$$P_2 = P_1 \cdot \frac{V_2}{V_1} = P_1 \cdot \frac{\sqrt{\mathcal{N} k} V_1}{V_1} = \sqrt{\mathcal{N} k} P_1$$

Но уравнение состояния: $P_1 V_1 = \mathcal{N} T_1$ и:

$$\sqrt{\mathcal{N} k} P_1 \cdot \sqrt{\mathcal{N} k} V_1 = \mathcal{N} T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{\mathcal{N} k P_1 V_1}{\mathcal{N}} = \mathcal{N} k T_1 \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \mathcal{N} k = g$$

Найдём η :

м.к. Q_{2-3} , Q_{3-4} и Q_{4-1} все меньше 0, то $Q_2 = Q_{2-3} + Q_{3-4} + Q_{4-1}$

м.к. $Q_{1-2} > 0 \Rightarrow Q_H = Q_{1-2}$

$$\eta = \frac{Q_{1-2} - |Q_2|}{Q_{1-2}}$$

Тогда $Q_{1-2} = \frac{3}{2} \mathcal{N} (T_2 - T_1) + A_{12}$ это мы уже знаем
уравнение соответствующее $P_1 V_1 = A_{12} = \frac{1}{2} P_2 V_2 - \frac{1}{2} P_1 V_1 =$
 $= \frac{1}{2} (\mathcal{N} k P_1 V_1 - P_1 V_1) = \frac{1}{2} (\mathcal{N} k - 1) \cdot P_1 V_1 = \frac{1}{2} (\mathcal{N} k - 1) \mathcal{N} T_1$

$$Q_{1-2} = \frac{3}{2} \mathcal{N} (\mathcal{N} k T_1 - T_1) + \frac{1}{2} (\mathcal{N} k - 1) \mathcal{N} T_1 = 2 (\mathcal{N} k - 1) \mathcal{N} T_1$$

$$Q_{2-3} = \frac{3}{2} \mathcal{N} (T_3 - T_2) + A_{23} = \frac{3}{2} \mathcal{N} (T_3 - T_2) + 0 \quad (\text{м.к. } V = \text{const})$$

$$Q_{2-3} = \frac{3}{2} \mathcal{N} (T_3 - T_2) + 0 = \frac{3}{2} \mathcal{N} (\mathcal{N} T_1 - \mathcal{N} T_1) = \frac{3}{2} \mathcal{N} \mathcal{N} T_1 (k - 1)$$

$$Q_{3-4} = \frac{3}{2} \mathcal{N} (T_4 - T_3) + A_{34}; \quad \text{м.к. } P \downarrow \text{ и } V \downarrow \Rightarrow A_{34} = -|A_{34}|$$

$$|A_{34}| = \frac{1}{2} P_4 V_4 - \frac{1}{2} P_3 V_3 = \frac{1}{2} P_4 V_4 \quad (\text{аналогично с уравнением 1-2,}$$

$$\text{м.к. } P \downarrow \text{ и } V \downarrow \Rightarrow P = \alpha \cdot V)$$

$$|A_{34}| = \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{\mathcal{N}}{k}} P_1 \cdot \sqrt{\mathcal{N} k} V_1 - P_1 \cdot k V_1 \right) = \frac{1}{2} P_1 V_1 (\mathcal{N} k - 1)$$

$$Q_{3-4} = \frac{3}{2} \mathcal{N} (\mathcal{N} T_1 - \mathcal{N} T_1) - \frac{1}{2} \mathcal{N} T_1 (\mathcal{N} k - 1) = 2 \mathcal{N} T_1 (k - \mathcal{N})$$

$$Q_{4-1} = \frac{3}{2} \mathcal{N} (T_1 - T_4) \quad (\text{м.к. это уравнение; } Q_{4-1} = \frac{3}{2} \mathcal{N} T_1 (1 - k))$$

Умножив, имеем