

Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Петербургский государственный университет имени Императора  
Александра I

Кафедра «Физика»

Контрольные работы 2,3.

Выполнила студентка:  
Матвеева Е. М.  
Группа: АТз-07-823-7

Проверил(а):

Санкт-Петербург  
2018 год

### Задача 711.

Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\varphi = A+Bt+Ct^2$ , где  $A = 10$  рад,  $B = 20$  рад/с,  $C = -2$  рад/с<sup>2</sup>. Найти полное ускорение точки, находящейся на расстоянии 0.1 м от оси вращения для момента времени равного 4 с

**Дано:**

$$R = 0,1 \text{ м}$$

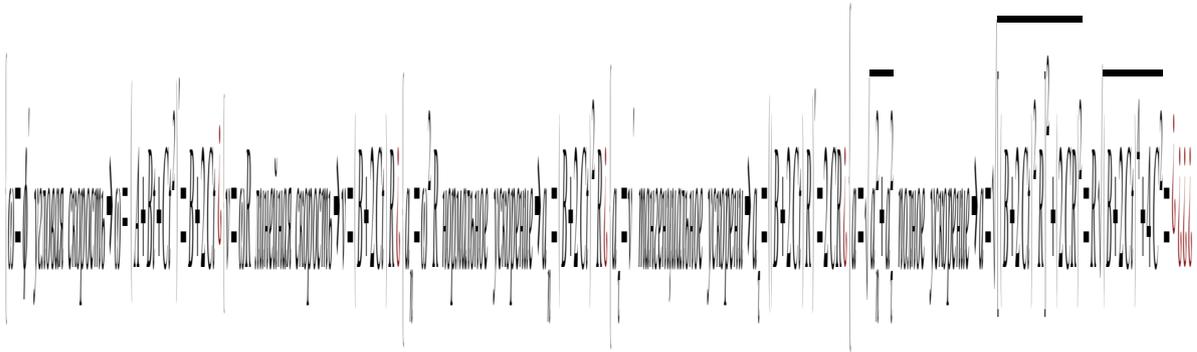
$$\varphi = A+Bt+Ct^2, \text{ где } A = 10 \text{ рад}, B = 20 \text{ рад/с}, C = -2 \text{ рад/с}^2$$

$$t = 4 \text{ с}$$

**Найти:**

а - ?

**Решение.**



Проверим единицы измерения

$$[a] = \text{м} \sqrt{\left(\frac{\text{рад}}{\text{с}} + \frac{\text{рад}}{\text{с}^2} \text{с}\right)^4 + \left(\frac{\text{рад}}{\text{с}^2}\right)^2} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

**Ответ.**

$$a = R \sqrt{(B+2Ct)^4 + 4C^2} = 16,5 \text{ м/с}^2$$

### Задача 712.

Шкив радиусом 20 см и массой 200 г, насажен на общую ось с маховиком такого же радиуса и массой 500 г. На шкив намотан шнур, к концу которого подвешен груз массой 1 кг. На какое расстояние должен опуститься груз, чтобы маховик со шкивом приобрёл угловую скорость 6,28 рад/с? Маховик и шкив считать однородными диском и кольцом соответственно

**Дано:**

$$R = 0,2\text{м}$$

$$m_1 = 0,2\text{кг}$$

$$m_2 = 0,5\text{кг}$$

$$m = 1\text{кг}$$

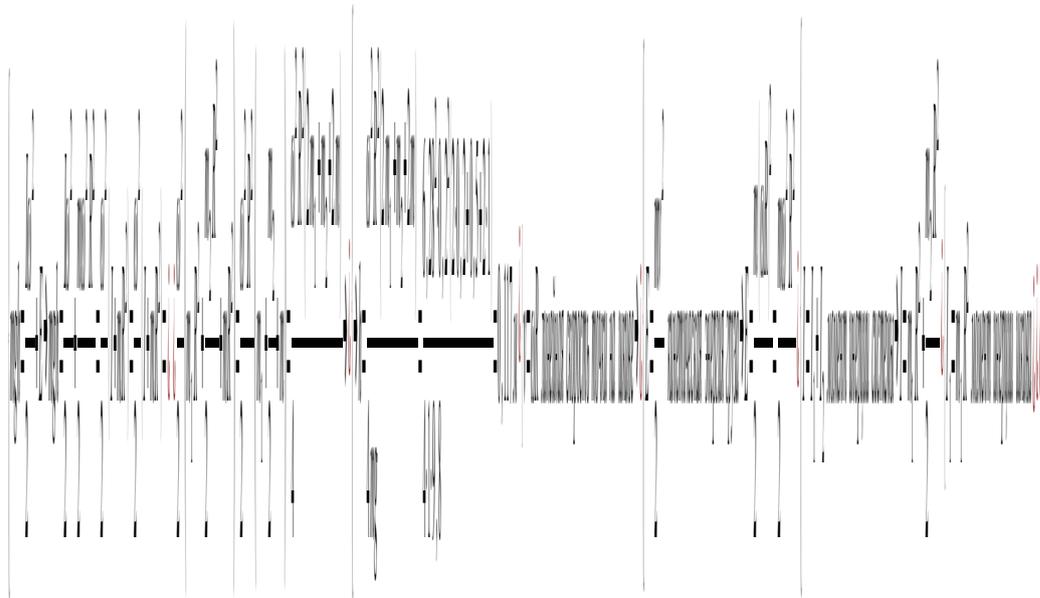
$$\omega = 6,28 \text{ рад/с}$$

**Найти:**

$h$  - ?

**Решение.**

По закону сохранения энергии потенциальная энергия груза перейдёт в его кинетическую энергию, а также в кинетическую энергию вращательного движения шкива и маховика, т.е.



Проверим единицы измерения

$$[h] = \frac{c^{-2} m^2 \text{кг}^2}{\text{кг} \frac{m}{c^2}} = m$$

**Ответ.**

$$h = \frac{\omega^2 R^2 (2m_1 + m_2 + 2m)}{4mg} = 0,117\text{м}$$

### Задача 713

Насос выбрасывает струю воды диаметром  $d=2$  см со скоростью  $v=20 \frac{м}{с}$ .  
Найти мощность  $N$ , необходимую для выбрасывания воды.

Дано:  $d=2 \text{ см}=0.02 \text{ м}$ ,  $v=20 \frac{м}{с}$ .

Решение:

Плотность воды известна:  $\rho=1000 \frac{кг}{м^3}$ .

Площадь сечения струи воды равна:  $S=\frac{\pi \cdot d^2}{4}$ .

(1)

За время  $t$  насос выбрасывает струю воды длиной  $\ell=v \cdot t$ .

(2)

Тогда объём струи воды, выбрасываемый насосом за время  $t$ , равен:

$$V=S \cdot \ell=\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v \cdot t$$

(3)

Соответствующая масса выбрасываемого участка струи воды равна:

$$m=\rho \cdot V=\rho \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v \cdot t$$

(4)

Работа насоса, затраченная на выброс этой массы воды за время  $t$ , равна кинетической энергии выброшенной массы воды:

$$T = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v \cdot t \cdot v^2 = \rho \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{8} \cdot v^3 \cdot t \quad (5)$$

Тогда соответствующая мощность насоса:

$$N = \frac{T}{t} = \frac{1}{t} \cdot \rho \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{8} \cdot v^3 \cdot t = \rho \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{8} \cdot v^3 = 1000 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,02^2}{8} \cdot 20^3 \approx 1,26 \cdot 10^3 \text{ Вт} = 1,26 \text{ кВт}$$

### Задача 714

Маховик начинает вращаться с постоянным угловым ускорением равным  $0,5 \text{ рад/с}^2$ , и через  $15 \text{ с}$  приобретает момент импульса равный  $73,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$ . Найти кинетическую энергию маховика через  $20 \text{ с}$  после начала вращения

**Дано:**

$$\omega_0 = 0$$

$$\varepsilon = 0,5 \text{ рад/с}^2$$

$$t_2 = 20 \text{ с}$$

$$t_1 = 15 \text{ с}$$

$$L_1 = 73,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$$

**Найти:**

Е - ?

**Решение.**

$$E = \frac{I\omega_2^2}{2} \text{ искомая кинетическая энергия} \rightarrow E = \frac{L_1^2 (\epsilon t_2)^2}{2 \epsilon t_1} = \frac{L_1 \epsilon t_2^2}{2 t_1} = \frac{37,5 \cdot 0,5 \cdot 20^2}{2 \cdot 15} = 250 \text{ Дж}$$

$$L_1 = I\omega_1 \text{ момент импульса маховика} \rightarrow I = \frac{L_1}{\omega_1} = \frac{L_1}{\epsilon t_1} \quad \omega_1 = \epsilon t_1 \text{ угловая скорость}$$

Проверим единицы измерения

$$[E] = \frac{\text{кгм}^2/\text{с} \cdot \text{рад}/\text{с}^2 \cdot \text{с}^2}{\text{с}} = \frac{\text{кгм}^2}{\text{с}^2} = \text{Дж}$$

**Ответ.**

$$E = \frac{L_1 \epsilon t_2^2}{2 t_1} = 250 \text{ Дж}$$

### Задача 715

Амплитуда гармонических колебаний материальной точки 2 см. Полная энергия колебаний равна  $3 \cdot 10^{-7}$  Дж. При каком смещении от положения равновесия на точку действует сила  $2,25 \cdot 10^{-5}$  Н

**Дано:**

$$A = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}$$

$$W = 3 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$$

$$F = 2,25 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

**Найти:**

x - ?

**Решение.**

$$W = \frac{kA^2}{2} \text{ полная энергия колеблющейся точки} \rightarrow k = \frac{2W}{A^2}$$

$$F = kx \text{ сила, действующая на колеблющуюся точку} \rightarrow x = \frac{F}{k} = \frac{F}{\frac{2W}{A^2}} = \frac{FA^2}{2W}$$

Проверим единицы измерения

$$[x] = \frac{Нм^2}{Дж} = м$$

**Ответ.**

$$x = \frac{FA^2}{2W} = 0,015 м$$

### Задача 716

Дано:

$$m = 10 \text{ г}$$

$$p = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V_2 = 0.01 \text{ м}^3$$

Найти:  $T_2$

**Решение:**

Для конечного состояния можем записать:

$$pV_2 = \frac{m}{\mu} RT_2,$$

где  $\mu = 32 \text{ г/моль}$  - молярная масса кислорода,  $R = 8.31 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$  - универсальная газовая постоянная.

Отсюда имеем  $T_2 = \frac{pV_2\mu}{mR} = 1155.2 \text{ К.}$

Ответ:  $T_2 = 1155.2 \text{ К.}$

### Задача 717

Дано:

$$T = 300 \text{ К}$$

$$p = 10^5 \text{ Па}$$

$$\rho = 1.43 \text{ кг/м}^3$$

Найти:  $c_p, c_v$

### Решение:

Удельная теплоемкость при постоянном объеме определяется выражением

$c_v = \frac{i R}{2 \mu}$ , где  $i$  – число степеней свободы молекулы газа (для двухатомного газа  $i = 5$ ),  $\mu$  – молярная масса газа.

Из уравнения состояния  $p = \rho \frac{RT}{\mu}$ , получаем  $\frac{R}{\mu} = \frac{p}{\rho T}$ .

Подставляя, получаем  $c_v = \frac{5}{2} \frac{p}{\rho T} = 582.8 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ .

Удельная теплоемкость при постоянном давлении равна

$$c_p = \left( \frac{i}{2} + 1 \right) \frac{R}{\mu} = \frac{7}{2} \frac{p}{\rho T} = 815.9 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}.$$

Ответ:  $c_v = 582.8 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ ,  $c_p = 815.9 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ .

### Задача 718

Дано:

$$m = 3.7 \text{ г}$$

$$t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

Найти:  $Q$ ,  $\Delta\varepsilon$

### Решение:

Количество тепла, сообщаемое газу, равно  $Q = \nu C_p \Delta T$ , где  $\nu = \frac{m}{\mu}$  - количество вещества (для углекислого газа молярная масса  $\mu = 44 \text{ г/моль}$ ),  $C_p = \left(\frac{i}{2} + 1\right) R$  - молярная теплоемкость газа при постоянном давлении,  $\Delta T = \Delta t = t_2 - t_1 = 80 \text{ К}$  - приращение температуры.

Т.к. молекула углекислого газа линейная, число степеней свободы молекулы равно  $i = 5$ .

Соответственно,  $Q = \left(\frac{i}{2} + 1\right) \frac{m}{\mu} R \Delta T = 195.7 \text{ Дж}$ .

Кинетическая энергия одной молекулы равна  $\varepsilon = \frac{i}{2}kT$ , где  $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К - постоянная Больцмана.

Соответственно, изменение кинетической энергии одной молекулы составляет  $\Delta\varepsilon = \frac{5}{2}k\Delta T = 2.76 \cdot 10^{-21}$  Дж.

Ответ:  $Q = 195.7$  Дж,  $\Delta\varepsilon = 2.76 \cdot 10^{-21}$  Дж.