



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ  
ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Е.Г. Баленко  
Т. Ю. Тарусова



## **Типовые расчетные задания (часть 1)**

Методические указания

## **Типовые расчетные задания (часть 1)**

Методические указания

**п. Персиановский 2014 г.**

**п. Персиановский 2014 г.**



ДК 63(06):531/534  
ББК 22.2  
Б-20

Составители: кандидат с/х наук, доцент Баленко Е. Г.  
ст. преподаватель Тарусова Т. Ю.

Баленко, Е. Г.  
«Типовые расчетные задания»: методические указания для студентов сельскохозяйственного ВУЗа. /Е. Г. Баленко, Т. Ю. Тарусова //пос. Персиановский: ДонГАУ.- 2013.- 24 с.

Методические разработки содержат описание и методику расчетов типовых задач по физике.

Таблиц -  
Рис. (схем) –

**Рецензенты:** Заведующий кафедрой «МО и ППП», доктор технических наук, профессор Коханенко В. Н.; кандидат технических наук, доцент кафедры «Высшая математика и физика» Мокриевич А. Г.

Утверждено методической комиссией факультета БТЭТ (протокол № от 20 г.)

Рекомендовано к изданию методическим советом ДонГАУ (протокол № \_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.)

© Баленко Е. Г., Тарусова Т. Ю.  
©Донской государственный аграрный университет, 2014 г.



## РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ №1

### УСЛОВИЕ:

Уравнение движения материальной точки имеют вид:

$x(t) = A + Bt$  и  $y(t) = C + Dt - Et^2$ , где  $A, B, C, D, E$  – задаются для каждого варианта. Время  $t_1 = 0, t_2 = 5c, t = 3c$ .

### ЗАДАНИЕ:

1. Построить траекторию в координатах  $xOy$ .
2. Вычислить (по формуле) перемещение  $\Delta \vec{r}$  в интервале времени  $\Delta t = t_2 - t_1$  и указать его на графике траектории.
3. Определить аналитически среднюю скорость  $|\vec{v}_{cp}|$  в интервале времени  $\Delta t = t_2 - t_1$  и обозначить ее направление на графике в произвольном масштабе.
4. Определить мгновенную скорость  $|\vec{v}|$  в заданный момент времени  $t$  и обозначить ее направление на графике в произвольном масштабе.
5. Рассчитайте полное  $a$ , тангенциальное  $a_\tau$  и нормальное  $a_n$  ускорения в заданный момент времени  $t$ .



## ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ:

Дано:

$$A = 2 \text{ м}, B = 3 \text{ м/с}, C = 1 \text{ м}, D = 8 \text{ м/с}, E = 2 \text{ м/с}^2,$$

$$t_1 = 0, t_2 = 5 \text{ с}, t = 3 \text{ с}$$

Уравнения движения принимают вид:

$$x = 2 + 3t, y = 1 + 8t - 2t^2$$

Решение:

- Для построения траектории необходимо определить значения  $x, y$  из уравнений движения в интервале времени от  $t_1 = 0$  до  $t_2 = 5 \text{ с}$  (рекомендуется через  $0,5 \text{ с}$ ) и полученные результаты свести в таблицу:

t(с)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
x(м)	2	3,5	5	6,5	8	9,5	11	12,5	14	15,5	17
y(м)	1	4,5	7	8,5	9	8,5	7	4,5	1	-3,5	-9

Масштаб по осям  $x, y$  выбирается с учетом предельных значений соответствующих величин (см. таблицу):

Изменение координаты  $x$ :  $x_{\min} = 2, x_{\max} = 17 \text{ (м)}$

Изменение координаты  $y$ :  $y_{\min} = -9, y_{\max} = 9 \text{ (м)}$

*Построение графика.*

Нанести на координатную сетку точки пересечения значений  $x$  и  $y$  для каждого момента времени,

указанного в таблице. Соединить нанесенные точки плавной линией (см. рисунок 1).

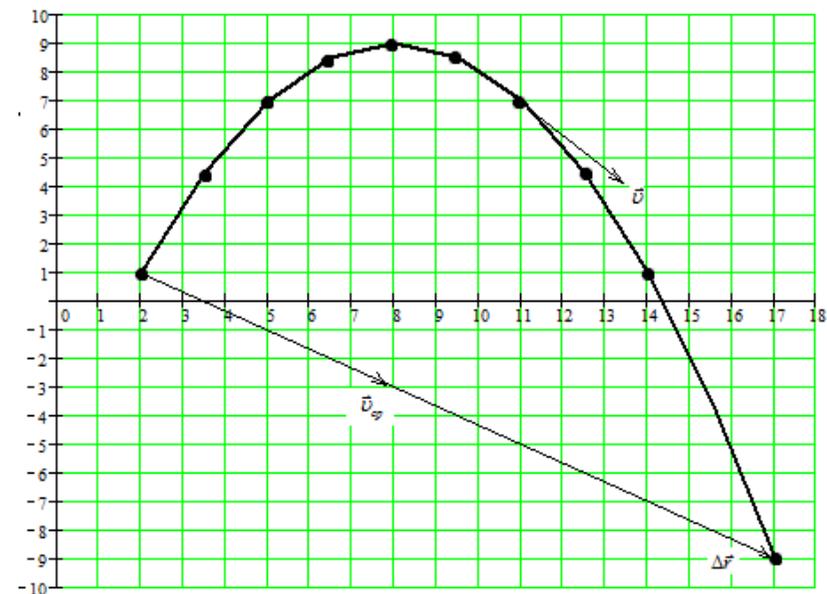


Рисунок 1

- Перемещение  $\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$  определяется по теореме Пифагора:

$$\Delta r = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}, \text{ где } \Delta x = x_2 - x_1, \Delta y = y_2 - y_1.$$

$x_1 = 2, y_1 = 1, x_2 = 17, y_2 = -9$  - значения координат соответственно в моменты времени  $t_1 = 0$  и  $t_2 = 5 \text{ с}$  (см. таблицу).

Таким образом,

$$\Delta x = 17 - 2 = 15 \text{ (м)},$$

$$\Delta y = -9 - 1 = -10 \text{ (м)},$$

$$\Delta r = \sqrt{15^2 + 10^2} = 18 \text{ (м)}.$$





Вектор перемещения  $\Delta\vec{r}$  - вектор, соединяющий начальную и конечную точки графика (см. рисунок 1).

3. По определению средняя скорость  $\vec{v}_{cp} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$ . С учетом значений  $\Delta r = 18$  (м) и  $\Delta t = 5$  (с):  $v_{cp} = \frac{18}{5} = 3,6$  (м/с).

Направление средней скорости совпадает с направлением вектора перемещения  $\Delta\vec{r}$  (см. рисунок 1).

4. По определению мгновенная скорость  $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ .

Она направлена по касательной к траектории. В момент времени  $t = 3$  (с) вектор  $\vec{v}$  является касательной в точке с координатами (см. таблицу)  $x = 11$  (м),  $y = 7$  (м) (см. рисунок 1).

Модуль мгновенной скорости определяется по теореме Пифагора:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}, \text{ где}$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d(2+3t)}{dt} = 3 \text{ (м/с)=const,}$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d(1+8t-2t^2)}{dt} = 8-4t \text{ - проекции скорости на оси } x \text{ и } y.$$



Для момента времени  $t = 3$  (с) проекции скорости принимаем значения:  $v_x = 3$  (м/с),  $v_y = 8 - 4 \cdot 3 = -4$  (м/с) (знак «-»

указывает, что  $v_y$  направлена в противоположную сторону положительному направлению оси  $y$ ).

Модуль мгновенной скорости  $v = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$  (м/с) (см. рисунок 2)

5. Полное ускорение  $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$ ,

где  $a_x = \frac{dv_x}{dt}$ ,  $a_y = \frac{dv_y}{dt}$  - проекции ускорения на оси  $x$  и  $y$ .

Учитывая, что  $v_x = 3$ ,  $v_y = 8 - 4t$  (из п. 4), получаем:

$$a_x = \frac{d(3)}{dt} = 0, \quad a_y = \frac{d(8-4t)}{dt} = -4 \text{ (м/с}^2\text{)=const.}$$

Полное ускорение  $a = \sqrt{0^2 + 4^2} = 4$  (м/с<sup>2</sup>).

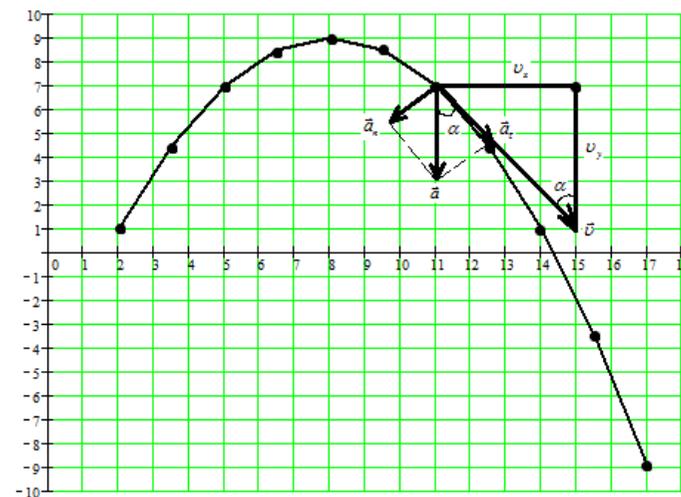


Рисунок 2





## РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ №2

### УСЛОВИЕ:

Уравнение вращательного движения тела имеет вид:

$\varphi(t) = At + Bt^2 - Ct^3$ , где  $A$ ,  $B$ ,  $C$  – задаются для каждого варианта. Время  $t_1 = 0$ ,  $t_2 = 3,5$  с.

### ЗАДАНИЕ:

1. Построить график  $\varphi = \varphi(t)$ , т. е. зависимость угла  $\varphi$  от времени  $t$  в интервале  $t_2 - t_1$ .
2. Определить аналитически угловую скорость  $\omega$ .
3. Построить график  $\omega = \omega(t)$  в интервале времени  $t_2 - t_1$ .
4. Определить аналитически угловое ускорение  $\beta$ .
5. Построить график  $\beta = \beta(t)$  в интервале времени  $t_2 - t_1$ .

### ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ:

Дано:

$A = 1$  рад/с,  $B = 6$  рад/с<sup>2</sup>,  $C = 2$  рад/с<sup>3</sup>,  $t_1 = 0$ ,  $t_2 = 3,5$  с.

Уравнение движения принимает вид:  $\varphi = t + 6t^2 - 2t^3$ .

Решение:

1. Чтобы построить график  $\varphi = \varphi(t)$ , надо определить значения угла  $\varphi$  из соотношения  $\varphi = t + 6t^2 - 2t^3$  для моментов времени от  $t_1 = 0$  с до  $t_2 = 3,5$  с (рекомендуется через каждые 0,5 с). Полученные значения свести в таблицу:

$t$ (с)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
$\varphi$ (рад)	0	1,75	5	8,25	10	8,75	3	-8,75

Масштаб по координатным осям следует выбрать с учетом предельных значений времени и угла (см. таблицу):

Изменение времени  $t$ :  $t_{\min} = 0$ ,  $t_{\max} = 3,5$  с.

Изменение угла  $\varphi$ :  $\varphi_{\min} = -8,75$  рад,  $\varphi_{\max} = 10$  рад.

Построение графика. Нанесите на координатную сетку точки пересечения значений времени и соответствующих им значений угла. Соединить нанесенные точки плавной линией (см. рисунок 1).

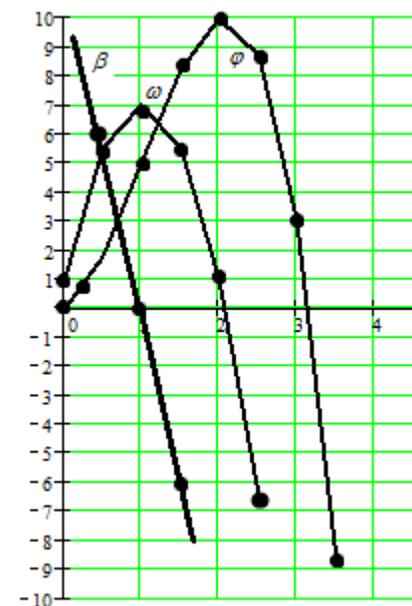




Рисунок 1

2. Угловая скорость – это первая производная угла поворота  $\varphi$  по времени:  $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ . Учитывая, что

$\varphi = t + 6t^2 - 2t^3$ , находим:

$$\omega = \frac{d}{dt}(t + 6t^2 - 2t^3) = 1 + 12t - 6t^2$$

3. Чтобы построить график  $\omega = \omega(t)$ , надо определить значения угловой скорости из соотношения  $\omega = 1 + 12t - 6t^2$  для моментов времени от  $t_1 = 0$  с до  $t_2 = 3,5$  с и полученные значения свести в таблицу:

$t$ (с)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
$\omega$ (рад/с)	1	5,5	7	5,5	1	-6,5	-17	-30,5

При выборе масштаба по координатным осям  $\omega$  и  $t$  ограничимся (для компактности графика) следующими предельными значениями:

Изменение времени  $t$ :  $t_{\min} = 0$ ,  $t_{\max} = 2,5$  с.

Изменение угловой скорости  $\omega$ :  $\omega_{\min} = -6,5$  рад/с,  $\omega_{\max} = 7$  рад/с.

Замечание: Масштаб для  $\varphi$  и  $\omega$  может не совпадать.

Нанести на координатную сетку точки пересечения значений времени и соответствующих им значений угловой скорости. Соединить нанесенные точки плавной линией (рисунок 1).

4. Угловое ускорение – первая производная угловой скорости по времени:

$$\beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d}{dt}(1 + 12t - 6t^2) = 12 - 12t$$

5. Определить значения углового ускорения из полученного в п. 4 соотношения и свести в таблицу:

$t$ (с)	0,5	1	1,5
$\beta$ (рад/с <sup>2</sup> )	6	0	-6

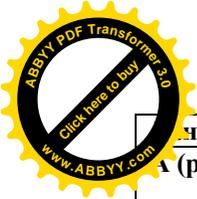
Построить график  $\beta = \beta(t)$  (см. рисунок 1)

### ВАРИАНТЫ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ:

Вариант/ Дано	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A (рад/с)	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	1,5
B (рад/с <sup>2</sup> )	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,5	5,5
C (рад/с <sup>3</sup> )	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6

Вариант/ Дано	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A (рад/с)	2,0	2,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	1,5	2,0	2,5
B (рад/с <sup>2</sup> )	5,5	5,5	6,5	6,5	6,5	6,5	4,5	4,5	4,5	4,5
C (рад/с <sup>3</sup> )	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

Вариант/	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
----------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----



№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\omega$ (рад/с)	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	1,5
$\nu$ (рад/с <sup>2</sup> )	5,0	5,0	5,0	5,0	5,5	5,5	5,5	5,5	6,5	6,5
$\epsilon$ (рад/с <sup>3</sup> )	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

### РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ №3

#### УСЛОВИЕ:

На материальную точку массой  $m$  действуют две консервативные силы  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  (рисунок 1). Начальная скорость  $\vec{v}_0$  материальной точки направлена по результирующей силе. Числовые значения массы  $m$ , сил  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ , начальной скорости  $\vec{v}_0$  задаются для каждого варианта. Время  $t_0 = 0, t_1 = 2$  с.

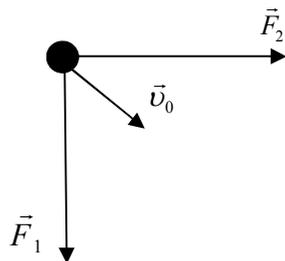


Рисунок 1

#### ЗАДАНИЕ:

#### Определить:

1. ускорение  $a$ ;
2. скорость и координату материальной точки в заданные моменты времени  $t_0, t_1$ ;
3. импульс материальной точки  $\vec{p}$  в моменты времени  $t_0, t_1$ . Проверить выполнение основного закона динамики;
4. работу  $A$  результирующей силы в заданном интервале времени  $\Delta t = t_1 - t_0$  по формуле механической работы;
5. кинетическую энергию материальной точки  $K_0, K_1$  в моменты времени  $t_0, t_1$ ;
6. работу  $A$  результирующей силы в заданном интервале времени  $\Delta t = t_1 - t_0$  по теореме о кинетической энергии;
7. потенциальную энергию  $U_0, U_1$  в моменты времени  $t_0, t_1$ ;
8. механическую энергию материальной точки в моменты времени  $t_0, t_1$ . Проверить выполнение закона сохранения механической энергии.

#### ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ:

##### Дано:

$F_1 = 3$  Н,  $F_2 = 4$  Н,  $m = 2$  кг,  $v_0 = 5$  м/с,  $t_0 = 0, t_1 = 2$  с.

##### Решение:



Найдем результирующую силу  $\vec{F}_p = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$  (см. рисунок 2). Для этого используем теорему Пифагора:

$$F_p = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ (Н)}$$

Направление оси  $x$  выберем вдоль вектора  $\vec{F}_p$ , полагая при этом, что в начальный момент времени  $t_0 = 0$  координата  $x_0 = 0$  (см. рисунок 2)

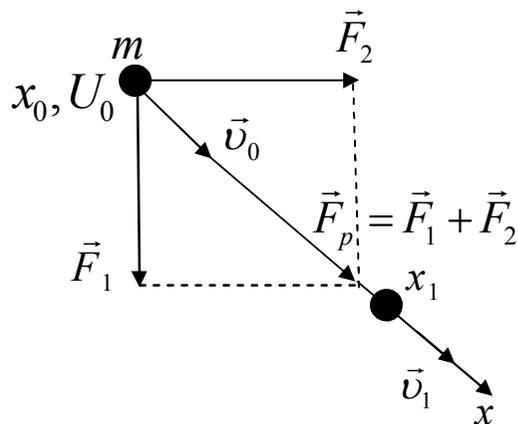


Рисунок 2

1. *Определение ускорения* (см. рисунок 2). Ускорение определяется из второго закона Ньютона:

$$a = \frac{F_p}{m} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

2. *Определение скорости и координаты*. Движение материальной точки прямолинейное и равномерное. Для такого движения скорость определяется по формуле  $v = v_0 + at$ , а координата по

$$\text{зависимости } x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}, \text{ где } a = 2,5 \text{ м/с}^2 \text{ -}$$

ускорение и  $v_0 = 5 \text{ м/с}$  – начальная скорость вдоль оси  $x$ .

В момент времени  $t_0 = 0$  (с):  $v_0 = 5$  (м/с);  $x_0 = 0$  (м).

В момент времени  $t_1 = 2$  (с):  $v_1 = 5 + 2,5 \cdot 2 = 10$  (м/с);

$$x_1 = 0 + 5 \cdot 2 + \frac{2,5 \cdot 2^2}{2} = 15 \text{ (м)}$$

3. *Определение импульса*. Величина импульса тела определяется по формуле  $p = mv$ .

В начальный момент времени  $t_0 = 0$ :  $p_0 = 2 \cdot 5 = 10$  (кг·м/с),

В момент времени  $t_1 = 2$  (с):  $p_1 = 2 \cdot 10 = 20$  (кг·м/с).

По основному закону динамики (второй закон Ньютона):

$$F_p = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{p_1 - p_0}{\Delta t} = \frac{20 - 10}{2} = 5 \text{ (Н)}, \text{ что совпадает с}$$

данными задачи.

4. *Определение работы  $A$  результирующей силы* в заданном интервале времени  $\Delta t = t_1 - t_0$ . Формула механической работы  $A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$ . В данном случае  $F = F_p = 5$  (Н); перемещение  $S$  за время  $\Delta t = 2 - 0 = 2$  (с) определяется как  $S = x_1 - x_0 = 15 - 0 = 15$  (м); угол между силой и перемещением (скоростью)  $\alpha = 0 \Rightarrow \cos \alpha = 1$ . В итоге получаем:  $A = 5 \cdot 15 \cdot 1 = 75$  (Дж).

5. *Кинетическая энергия* определяется по формуле

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

В момент времени  $t_0 = 0$ :  $E_{k_0} = \frac{2 \cdot 5^2}{2} = 25$  (Дж),





## РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ №4



### УСЛОВИЕ:

На тело, имеющее ось вращения  $O$  и момент инерции  $I$ , действуют две касательные силы  $F_1, F_2$ ;  $R_1 = 3$  м – плечо первой силы;  $R_2 = 2$  м – второй силы (см. рис. 1); начальная угловая скорость тела  $\omega_0$ . Числовые значения момента инерции  $I$ , сил  $F_1, F_2$ , начальной скорости  $\omega_0$  задаются для каждого варианта.

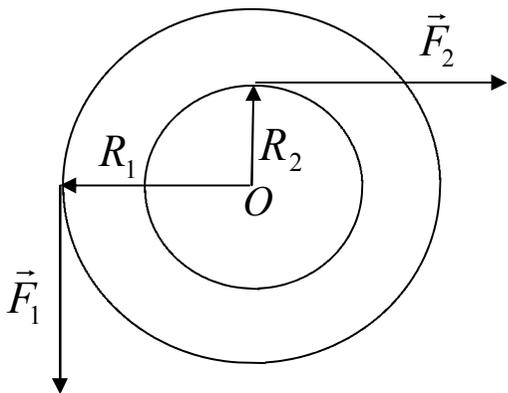


Рисунок 1

### ЗАДАНИЕ:

#### Определить:

1. угловое ускорение  $\beta$ ;

2. угловую скорость  $\omega_1$  и угол поворота  $\varphi_1$  в заданный момент времени  $t_1$ ;
3. момент импульса  $L$  в моменты времени  $t_0, t_1$ ;
4. работу  $A$  результирующего момента сил в заданном интервале времени  $\Delta t = t_1 - t_0$  по формуле механической работы;
5. кинетическую энергию материальной точки  $E_{k1}, E_{k2}$  в моменты времени  $t_0, t_1$ ;
6. работу  $A$  результирующей силы в заданном интервале времени  $\Delta t = t_1 - t_0$  по теореме о кинетической энергии.

### ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ:

#### Дано:

$$F_1 = 3 \text{ Н}, F_2 = 4 \text{ Н}, R_1 = 3 \text{ м}, R_2 = 2 \text{ м}, I = 2 \text{ кг}\cdot\text{м}^2, \\ \omega_0 = 5 \text{ рад/с}, t_0 = 0, t_1 = 2 \text{ с}.$$

#### Решение:

1. Определение углового ускорения  $\beta$ .

По второму закону Ньютона для вращательного движения:

$$\beta = \frac{M_p}{I},$$

где результирующий момент сил  $M_p = M_1 - M_2$ .

Разность моментов объясняется тем, что  $F_1$  вращает тело против хода часовой стрелки, а  $F_2$  – по ходу (см. рис. 1)



По определению модули моментов  $M_1 = F_1 R_1 = 3 \cdot 3 = 9$  (Н·м),  $M_2 = F_2 R_2 = 4 \cdot 2 = 8$  (Н·м), поэтому  $M_p = 9 - 8 = 1$  (Н·м),  $\beta = \frac{1}{2} = 0,5$  (рад/с<sup>2</sup>).

2. Определение угловой скорости и угла поворота. Вращательное движение тела равноускоренное. Для такого движения угловая скорость определяется по формуле:  $\omega = \omega_0 + \beta t$ , а угол поворота – как  $\varphi = \omega_0 t + \frac{\beta t^2}{2}$ .

В момент времени  $t_1 = 2$  с:  $\omega_1 = 5 + 0,5 \cdot 2 = 6$  (рад/с);

$$\varphi_1 = 5 \cdot 2 + \frac{0,5 \cdot 2^2}{2} = 11 \text{ (рад)}.$$

3. Определение момента импульса. Момент импульса тела определяется по формуле:  $L = I\omega$ .

В начальный момент времени  $t_0 = 0$  (с):  $L_0 = I\omega_0 = 2 \cdot 5 = 10$  (кг·м<sup>2</sup>/с);

в момент времени  $t_1 = 2$  (с):  $L_1 = I\omega_1 = 2 \cdot 6 = 12$  (кг·м<sup>2</sup>/с);

По основному закону динамики вращательного движения (второй закон Ньютона):

$$M_p = \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{12 - 10}{2} = 1 \text{ (Н·м)}, \text{ что совпадает с}$$

результатом п. 1.

4. Определение работы  $A$  результирующей силы в заданном интервале времени  $\Delta t = t_1 - t_0$ .

Механическая работа вращательного движения определяется как:  $A = M_p \varphi$ .

В данном случае  $M_p = 1$  (Н·м), величина угла поворота за время  $\Delta t = 2 - 0 = 2$  (с) составляет  $\varphi = 11$  (рад), получаем  $A = 1 \cdot 11 = 11$  (Дж).

5. Кинетическая энергия вращательного движения определяется по формуле:  $E_k = \frac{I\omega^2}{2}$ .

В начальный момент времени  $t_0 = 0$  (с):

$$E_{k0} = \frac{2 \cdot 5^2}{2} = 25 \text{ (Дж)};$$

в момент времени  $t_1 = 2$  (с):

$$E_{k1} = \frac{2 \cdot 6^2}{2} = 36 \text{ (Дж)}.$$

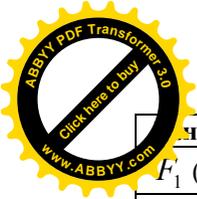
6. Работа результирующего момента  $A$  в заданном интервале времени  $\Delta t = t_1 - t_0$  определяется по теореме о кинетической энергии:

$A = E_{k1} - E_{k0} = 36 - 25 = 11$  (Дж), что совпадает с решением п. 4

### ВАРИАНТЫ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ:

Вариант/ Дано	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_1$ (Н)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$F_2$ (Н)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$I$ (кг·м <sup>2</sup> )	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\omega_0$ (рад/с)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Вариант/	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
----------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----



№	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$F_1$ (Н)	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$F_2$ (Н)	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$I$ (кг·м <sup>2</sup> )	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
$\omega_0$ (рад/с)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Вариант/ Дано	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$F_1$ (Н)	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
$F_2$ (Н)	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
$I$ (кг·м <sup>2</sup> )	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
$\omega_0$ (рад/с)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ №5

### УСЛОВИЕ:

Система совершает  $N$  колебаний за время  $t$ . Амплитуда колебаний –  $A$ , начальная фаза  $\varphi_0$ . Значения величин даны в таблице данных для каждого варианта.

### ЗАДАНИЕ:

#### Определить:

1. период  $T$ ;

2. частоту  $\nu$ ;
3. циклическую частоту  $\omega$ ;
4. амплитуду скорости  $v_0$ ;
5. амплитуду ускорения  $a_0$ ;
6. смещение  $x$  в заданный момент времени  $t$ ;
7. скорость  $v$  в заданный момент времени  $t$ ;
8. ускорение  $a$  в заданный момент времени  $t$ .

### ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ:

#### Дано:

$$N=10, t=2 \text{ с}, A=5 \text{ м}, \varphi_0=0 \text{ рад.}$$

#### Решение:

1. период колебаний:  $T = t/N \Rightarrow T = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ (с)}$ ;
2. частота колебаний:  $\nu = N/t \Rightarrow \nu = \frac{10}{2} = 5 \text{ (с}^{-1}\text{)}$ ;
3. циклическая частота:  $\omega = 2\pi\nu \Rightarrow \omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 5 = 31,4 \text{ (рад/с)}$ ;
4. амплитуда скорости:  $v_0 = A\omega \Rightarrow v_0 = 5 \cdot 31,4 = 157,1 \text{ (м/с)}$ ;
5. амплитуда ускорения:  
 $a_0 = A \cdot \omega^2 \Rightarrow a_0 = 5 \cdot 31,4^2 = 4934,8 \text{ (м/с}^2\text{)}$ ;
6. смещение в момент времени  $t = 2 \text{ с}$ :  
 $x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow x(t) = 5 \cdot \sin(31,4 \cdot 2 + 0) = 0 \text{ (м)}$ ;
7. скорость в момент времени  $t = 2 \text{ с}$ :  
 $v(t) = v_0 \cos(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow v(t) = 157,1 \cdot \cos(31,4 \cdot 2 + 0) = 157,1 \text{ (м/с)}$ ;



8. ускорение в момент времени  $t = 2$  с:  
 $a(t) = -\omega^2 x(t) = -31,4^2 \cdot 0 = 0$  (м/с<sup>2</sup>);

### ВАРИАНТЫ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ:

Вариант/ Дано	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N$	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$t$	4,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
$A$	0,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$\varphi_0$	1,0	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0

Вариант/ Дано	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$N$	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$t$	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
$A$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$\varphi_0$	0,1	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Вариант/ Дано	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$N$	10	9	8	7	6	5	4	3	2	10
$t$	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	1,5
$A$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	1,0
$\varphi_0$	0,1	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0

### РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ №6

#### УСЛОВИЕ:

Пружинный маятник с массой груза  $m$  и жесткостью пружины  $k$  совершает колебания с амплитудой  $A$ .



Начальная фаза  $\varphi_0 = 0$ . Значения величин даны в таблице данных для каждого варианта.

#### ЗАДАНИЕ:

##### Определить:

1. циклическую частоту  $\omega$ ;
2. частоту  $\nu$ ;
3. период  $T$ ;
4. амплитуду скорости  $v_0$ ;
5. амплитуду ускорения  $a_0$ ;
6. смещение  $x$  в заданный момент времени  $t$ ;
7. скорость  $v$  в заданный момент времени  $t$ ;
8. ускорение  $a$  в заданный момент времени  $t$ ;
9. полную механическую энергию  $E$ ;
10. кинетическую энергию  $E_k$  в момент времени  $t=2$  с;
11. потенциальную энергию  $U$  в момент времени  $t=2$  с.

#### ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ:

##### Дано:

$$m=1 \text{ кг}, k=1 \text{ Н/м}, t=2 \text{ с}, A=5 \text{ м}, \varphi_0=0 \text{ рад.}$$

##### Решение:

1. циклическая частота:  $\omega = \sqrt{k/m} \Rightarrow \omega = \sqrt{1/1} = 1$  (рад/с);
2. частота колебаний:  $\nu = \omega/(2\pi) \Rightarrow \nu = \frac{1}{6,28} = 0,16$  (с<sup>-1</sup>);
3. период колебаний:  $T = 1/\nu \Rightarrow T = \frac{1}{0,16} = 6,3$  (с);



4. амплитуда скорости:  $v_0 = A\omega \Rightarrow v_0 = 5 \cdot 1 = 5$  (м/с);
5. амплитуда ускорения:  $a_0 = A \cdot \omega^2 \Rightarrow a_0 = 5 \cdot 1^2 = 5$  (м/с<sup>2</sup>);
6. смещение в момент времени  $t = 2$  с:  
 $x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow x(t) = 5 \cdot \sin(1 \cdot 2 + 0) = 4,54$  (м);
7. скорость в момент времени  $t = 2$  с:  
 $v(t) = v_0 \cos(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow v(t) = 5 \cos(1 \cdot 2 + 0) = 2,1$  (м/с);
8. ускорение в момент времени  $t = 2$  с:  
 $a(t) = -\omega^2 x(t) = -1^2 \cdot 4,54 = -4,54$  (м/с<sup>2</sup>);
9. полная механическая энергия:  
 $E = E_k + U = \frac{kA^2}{2} \Rightarrow E = \frac{1 \cdot 5^2}{2} = 12,5$  (Дж);
10. кинетическая энергия в момент  $t=2$  с:  
 $E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{1 \cdot 2,1^2}{2} = 2,2$  (Дж);
11. потенциальная энергия в момент времени  $t=2$  с:  
 $U = \frac{kx^2}{2} \Rightarrow U = \frac{1 \cdot 4,54^2}{2} = 10,3$  (Дж)

### ВАРИАНТЫ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ:

Вариант/ Дано	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$k$	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
$A$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1

Вариант/ Дано	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$m$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1

$k$	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
$A$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1

Вариант/ Дано	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$m$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$k$	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
$A$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1

### РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ №7

#### УСЛОВИЕ:

Газ (название газа). Число степеней свободы  $i$ . Молярная масса  $\mu$ . Масса газа  $m$ . Начальная средняя квадратичная скорость молекул  $u$ . Начальный объем газа  $V_0$ . Значения величин даны в таблице вариантов исходных данных.

#### ЗАДАНИЕ:

##### Найти:

1. количество вещества  $\nu$ ;
2. число молекул газа  $N$ ;
3. массу молекулы  $m_0$ ;
4. плотность газа  $\rho$ ;
5. концентрацию молекул  $n$ ;
6. начальное давление газа  $P_0$ ;





ν/МОЛЬ)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
$m$ (кг)	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
$u$ (м/с)	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490
$V_0$ (м <sup>3</sup> )	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1

Вариант/ Дано	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
метан	$CH_4$									
$i$	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
$\mu$ (кг/моль)	0,01 6									
$m$ (кг)	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14
$u$ (м/с)	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480
$V_0$ (м <sup>3</sup> )	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1

### РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ №8

#### УСЛОВИЕ:

Идеальный газ нагревают без изменения объема на  $\Delta T = 50$  К. Все необходимые данные взять из задачи №7 для своего варианта.

#### ЗАДАНИЕ:

##### Определить:

1. тип процесса;
2. конечный объем  $V$ ;
3. конечную температуру  $T$ ;
4. конечное давление  $P$ ;
5. изменение внутренней энергии газа  $\Delta U$ ;
6. количество полученной теплоты  $\Delta Q$ ;
7. теплоемкость процесса  $C_V$ ;
8. работу газа  $\Delta A$ .

#### ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ:

##### Дано:

$\Delta T = 50$  К, из задачи №7:  $i=5$ ,  $V_0 = 0,034$  м<sup>3</sup>,  
 $T_0 = 389$  К,  $\nu = 1,5$  моль

##### Решение:

1. Процесс изохорный;
2. Конечный объем:  $V = V_0 \Rightarrow V = 0,034$  (м<sup>3</sup>)
3. Конечная температура:  
 $T = T_0 + \Delta T \Rightarrow T = 389 + 50 = 439$  (К)
4. Конечное давление определим, воспользовавшись уравнением состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона):  
 $PV = \nu RT \Rightarrow P = \frac{\nu RT}{V} \Rightarrow P = \frac{1,5 \cdot 8,31 \cdot 439}{0,034} = 1,61 \cdot 10^5$  (Па)
5. Изменение внутренней энергии газа:



$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu RT \Rightarrow \Delta U = \frac{5}{2} \cdot 1,5 \cdot 8,31 \cdot 50 = 1560 \text{ (Дж)}$$

6. Количество полученной теплоты определим из первого закона термодинамики для изохорного процесса:

$$\Delta Q = \Delta U \Rightarrow \Delta Q = 1560 \text{ (Дж)}$$

7. Теплоемкость процесса:

$$C_V = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \Rightarrow C_V = \frac{1560}{50} = 31,2 \text{ (Дж/К)}$$

8. Работа в изохорном процессе газом не совершается:  $\Delta A = 0$ .

## РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ №9

### УСЛОВИЕ:

Идеальный газ нагревают на  $\Delta T = 50 \text{ К}$  в цилиндре с поршнем при постоянном давлении. Все необходимые данные взять из задачи №7 для своего варианта.

### ЗАДАНИЕ:

#### Определить:

1. тип процесса;
2. конечное давление  $P$ ;
3. конечную температуру  $T$ ;
4. конечный объем  $V$ ;
5. изменение внутренней энергии газа  $\Delta U$ ;
6. работу газа  $\Delta A$ ;
7. количество полученной теплоты  $\Delta Q$ ;



8. теплоемкость процесса  $C_p$ .

### ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ:

#### Дано:

$$\Delta T = 50 \text{ К, из задачи №7: } i=5, P_0 = 1,42 \cdot 10^5 \text{ Па, } T_0 = 389 \text{ К, } \nu = 1,5 \text{ моль}$$

#### Решение:

1. Процесс изобарный;
2. Конечное давление:  $P = P_0 \Rightarrow P = 1,42 \cdot 10^5 \text{ (Па)}$
3. Конечная температура:  
 $T = T_0 + \Delta T \Rightarrow T = 389 + 50 = 439 \text{ (К)}$
4. Конечный объем определим, воспользовавшись уравнением состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона):

$$PV = \nu RT \Rightarrow V = \frac{\nu RT}{P} \Rightarrow V = \frac{1,5 \cdot 8,31 \cdot 439}{1,42 \cdot 10^5} = 3,85 \cdot 10^{-2} \text{ (м}^3\text{)}$$

5. Изменение внутренней энергии газа:

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu RT \Rightarrow \Delta U = \frac{5}{2} \cdot 1,5 \cdot 8,31 \cdot 50 = 1560 \text{ (Дж)}$$

6. Работа газа в изобарном процессе:

$$\Delta A = \nu R \Delta T \Rightarrow \Delta A = 1,5 \cdot 8,31 \cdot 50 \approx 620 \text{ (Дж)}$$

7. Количество полученной теплоты определим из первого закона термодинамики для изобарного процесса:

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A \Rightarrow \Delta Q = 1560 + 620 = 2180 \text{ (Дж)}$$



8. Теплоемкость процесса:

$$C_p = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \Rightarrow C_p = \frac{2180}{50} = 43,7 \text{ (Дж/К)}$$

### РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ №10

#### УСЛОВИЕ:

Идеальный газ увеличивает объем на  $\Delta V = 0,04 \text{ м}^3$  без изменения температуры. Все необходимые данные взять из задачи №7 для своего варианта.

#### ЗАДАНИЕ:

##### Определить:

1. тип процесса;
2. конечный объем  $V$ ;
3. конечную температуру  $T$ ;
4. конечное давление  $P$ ;
5. изменение внутренней энергии газа  $\Delta U$ ;
6. работу газа  $\Delta A$ ;
7. количество полученной теплоты  $\Delta Q$ ;
8. теплоемкость процесса  $C_T$ .

#### ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ:

Дано:

$$\Delta V = 0,04 \text{ м}^3, \text{ из задачи №7 } V_0 = 0,034 \text{ м}^3, T_0 = 389 \text{ К},$$

$$v = 1,5 \text{ моль}$$

Решение:

1. Процесс изотермический;
2. Конечный объем:  $V = V_0 + \Delta V \Rightarrow V = 0,074 \text{ (м}^3\text{)}$
3. Конечная температура:  $T = T_0 \Rightarrow T = 389 \text{ (К)}$



4. Конечное давление определим, воспользовавшись уравнением состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона):

$$PV = \nu RT \Rightarrow P = \frac{\nu RT}{V} \Rightarrow P = \frac{1,5 \cdot 8,31 \cdot 389}{0,074} = 0,65 \cdot 10^5 \text{ (Па)}$$

5. Изменение внутренней энергии газа:  $\Delta U = 0$

6. Работа газа в изотермическом процессе:

$$\Delta A = \nu RT \ln \frac{V}{V_0} \Rightarrow \Delta A = 1,5 \cdot 8,31 \cdot 389 \cdot \ln \frac{0,074}{0,034} = 3770 \text{ (Дж)}$$

7. Количество полученной теплоты определим из первого закона термодинамики для изотермического процесса:

$$\Delta Q = \Delta A \Rightarrow \Delta Q = 3770 \text{ (Дж)}$$

8. Теплоемкость процесса стремится к бесконечности, т. к.:

$$\Delta T \rightarrow 0 \Rightarrow C_T = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta T} \rightarrow \infty \text{ (Дж/К)}$$

#### Контрольные вопросы



1. Дайте определение материальной точки, система и тело отсчета.

2. Запишите кинематические уравнения движения, исходя из способов задания положения тела в пространстве.

3. Дайте определение пути и перемещение. Запишите формулу пути при криволинейном движении.

4. Дайте определение средней скорости и ускорения. Запишите формулы и единицы измерения.

5. Дайте определение мгновенной скорости и ускорения. Запишите формулы и единицы измерения.

6. Запишите формулу полного ускорения в векторной и скалярной форме.

7. Запишите формулу и единицу измерения углового пути.

8. Запишите формулы и единицу измерения средней и мгновенной угловой скорости.

9. Запишите формулы и единицу измерения среднего и мгновенного углового ускорения.



10. Дайте определение частоты и периода вращения. Запишите формулы и единицы измерения.

11. Сформулируйте первый закон Ньютона.

12. Дайте определение инерциальной и неинерциальной системы отсчета.

13. Дайте определение массы и силы.

14. Сформулируйте второй закон Ньютона.

15. Сформулируйте второй закон Ньютона в импульсной форме.

16. Дайте определение импульс тела. Запишите формулу и единицу измерения.

17. Сформулируйте закон сохранения импульса.

18. Сформулируйте третий закон Ньютона.

19. Запишите формулы основных сил в природе.

20. Дайте определение момента инерции. Запишите формулу и единицу измерения.

21. Дайте определение момента силы. Запишите формулу и единицу измерения.



22. Сформулируйте теорему Штейнера. Запишите формулу и поясните физический смысл, входящих в нее величин.

23. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения. Запишите формулу и поясните физический смысл, входящих в нее величин.

24. Дайте определение механической работы. Запишите формулу и единицу измерения.

25. Запишите формулу работы при криволинейном движении и переменной силы.

26. Дайте определение мощности. Запишите формулу и единицу измерения.

27. Дайте определение кинетической энергии. Запишите формулу и единицу измерения.

28. Дайте определение потенциальной энергии. Запишите формулу упругодеформированного тела и тела, находящегося на небольшой высоте относительно поверхности Земли.

29. Дайте определение давление. Запишите формулу и единицу измерения.

30. Сформулируйте закон Паскаля.

31. Сформулируйте закон Архимеда.

32. Запишите уравнение неразрывности струи.

33. Запишите уравнение Бернулли.

34. Запишите формулу Торричелли.

35. Дайте определение гармоническое колебание.

36. Запишите уравнение смещения при гармонических колебаниях. Поясните физический смысл величин, входящих в уравнение.

37. Дайте определение амплитуда, период, частота и фаза колебаний. Запишите формулы.

38. Дайте определение математический маятник и запишите формулу его периода.

39. Дайте определение физический маятник и запишите формулу его периода.

40. Опишите две основные температурные шкалы.

41. Дайте определение идеальный газ.

42. Сформулируйте закон Дальтона.

43. Сформулируйте закон Авогадро.





44. Сформулируйте закон Бойля-Мариотта. Опишите изотермический процесс, его график.

45. Сформулируйте закон Гей-Люссака. Опишите изохорный и изобарный процесс, их графики.

46. Запишите уравнение Клапейрона.

47. Запишите уравнение Менделеева-Клапейрона и поясните физический смысл, входящих в него величин.

48. Дайте определение внутренней энергии. Запишите формулу и единицу измерения.

49. Дайте определение число степеней свободы.

50. Сформулируйте первое начало термодинамики. Запишите формулу и поясните физический смысл, входящих в нее величин.

51. Сформулируйте физический смысл первого начала термодинамики.

52. Запишите формулу работы газа при изменении объема.

53. Дайте определение удельной и молярной теплоемкости.

54. Запишите уравнение Майера.

55. Дайте определение адиабатического процесса. Запишите уравнение Пуассона.

56. Сформулируйте второе начало термодинамики. Запишите неравенство Клаузиуса.

57. Сформулируйте физический смысл второго начала термодинамики.

58. Дайте определение энтропии.

59. Дайте определение явлений переноса.

60. Сформулируйте закон Фика. Запишите формулу и поясните физический смысл, входящих в нее величин.

61. Сформулируйте закон Фурье. Запишите формулу и поясните физический смысл, входящих в нее величин.

62. Сформулируйте закон Ньютона. Запишите формулу и поясните физический смысл, входящих в нее величин.

63. Запишите закон Стокса и поясните физический смысл, входящих в него величин.

64. Дайте определение ламинарного и турбулентного течения жидкости.



## Литература



**Основная:**

1. Грабовский Р.И. Курс физики: Учебное пособие для с.-х. институтов – 6-е изд., перераб. и доп. – М: Высшая школа, 2002 - 607с.
2. Трофимова Т.И. Курс физики: Учебное пособие для технических вузов - 2-е издан. М: Высшая школа, 2001. – 478с.

**Дополнительная:**

3. Грибов Л.А., Прокофьева Н.И. Основы физики: Учебник для с.-х. и биологических спец. вузов. – М: Высшая школа, 1992 – 430с.
4. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: Учебное пособие для медицинских, сельскохозяйственных и биологических специальностей. – М: Высшая школа, 1992 – 616с.
5. Хитун В.А., Скляревич В.В. Практикум по физике для медицинских вузов. Изд.2-е, доп. Учебное пособие для институтов, М: Высшая школа, 1972 – 360с.

Елена Георгиевна Баленко

Татьяна Юрьевна Тарусова



«Определение коэффициента трансформации и коэффициента полезного действия трансформатора»: Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов сельскохозяйственного ВУЗа. – пос. Персиановский, ДонГАУ, 2014 – 24 с.

Учебно - методическое издание

Под редакцией Е.Г. Баленко

Компьютерная верстка: Т. Ю. Тарусова

Донской государственный аграрный университет

346493, пос. Персиановский, Октябрьский район, Ростовская обл.

