

Задача 1.

Заданы законы движения материальной точки вдоль осей OX и OY . Найти полное, тангенциальное и нормальное ускорения точки в момент времени t , а также радиус кривизны траектории в этот момент. Постройте следующие зависимости: $v(t), a_n(t), a_\tau(t), a(t)$. Данные для своего варианта возьмите в таблице 1.

Таблица 1.

Номер варианта	t, c	Закон движения вдоль оси OX	Закон движения вдоль оси OY
1	0,8	$X = 34 - t + 2t^3$	$Y = 5t - t^2$
2	0,3	$X = 2t + 3t^2$	$Y = 24 - 4t^3$
3	0,8	$X = 2t - t^3$	$Y = t^2 + 2t^3$
4	1	$X = 5 + 2t + 1,5t^2$	$Y = 18 + 0,25t^3$
5	5	$X = -6 + 0,1t^3$	$Y = 0,2t^3 - t^2$
6	0,3	$X = 11 + t^2 - 0,5t^3$	$Y = 7 - 2,5t^3$
7	1,2	$X = 0,5t^2 + 3t$	$Y = 15 - 4t + 1,5t^2$
8	0,6	$X = 34 - t + 2t^3$	$Y = 5t - t^2$
9	0,1	$X = 2t + 3t^2$	$Y = 24 - 4t^3$
10	0,2	$X = 2t - t^3$	$Y = t^2 + 2t^3$

Задача 2.

Твердое тело вращается с угловым ускорением ε и начальной угловой скоростью ω_0 . Через время t после начала вращения вектор полного ускорения точки тела, находящейся на расстоянии R от оси, составляет угол α с направлением скорости; v_t и ω_t - линейная и угловая скорости в этот момент времени; a , a_n и a_τ соответственно полное, нормальное и тангенциальное ускорения в этот момент времени. Рассчитать величину, отмеченную символом «?». Данные для своего варианта возьмите в таблице 2.

Таблица 2.

Номер варианта	ω_0, c^{-1}	t, c	ε, c^{-2}	$\alpha, ^\circ$	ω_t, c^{-1}	R, m	$a_n, \frac{m}{c^2}$
1	?	2	0,04	45	—	—	—
2	0,2	3	—	70	?	—	—
3	—	—	?	30	—	5	0,8
4	0,3	?	0,1	60	—	—	—
5	0,2	3	—	?	0,5	—	—
6	0,4	5	—	45	?	—	—
7	—	—	?	30	—	2	1,6
8	0,1	?	—	36	0,8	—	—
9	0,12	2	—	?	0,2	—	—
10	?	1,5	0,1	60	—	—	—

Задача 3.

Первое тело массой m_1 движется со скоростью v_1 вдоль оси OX , а второе тело массой m_2 движется со скоростью v_2 под углом φ к оси OX . После удара тела двигаются вместе (абсолютно неупругий удар). Определите скорость и направление движения тел после удара (угол α с осью OX), а также количество выделившегося при ударе тепла. Данные для своего варианта возьмите в таблице 3.

Таблица 3.

Номер варианта	$m_1, кг$	$v_1, \frac{м}{с}$	$m_2, кг$	$v_2, \frac{м}{с}$	$\varphi, ^\circ$
1	2	3	2,2	2	15
2	2,5	4	4	3	30
3	3	3	5	1,6	120
4	1,5	5	3,5	2,4	45
5	2,2	4	2	5	150
6	4	2,5	2,5	2	60
7	5	1,5	3	3	90
8	3,5	2	1,5	4	75
9	6	1,3	2,5	4	105
10	0,5	8	4,5	2	180

Задача 4.

Тело массой m движется по наклонной плоскости, составляющей угол α с горизонталью. На отрезке пути, равном S , на него действовала постоянная сила F в направлении движения. Изменение кинетической энергии на этом участке пути $-\Delta E_k$, коэффициент трения $-\mu$. Рассчитать величину, отмеченную символом «?». Данные для своего варианта возьмите в таблице 4.

Таблица 4.

Номер варианта	$m, кг$	$\alpha, ^\circ$	$S, см$	$F, Н$	$\Delta E_k, Дж$	μ
1	?	10	16	1,5	0,29	0,16
2	1,2	20	?	2,07	0,3	0,28
3	2,5	30	50	?	9,98	0,07
4	0,08	40	4	3,12	0,14	?
5	?	20	60	4,48	6,4	0,14
6	1,8	25	?	2,35	3,6	0,05
7	0,15	30	20	?	0,56	0,34
8	0,2	35	15	1,12	0,3	?
9	0,06	35	5	?	0,2	0,18
10	1,3	26	?	3,42	0,75	0,35

Задача 5.

Стержень длиной l и массой m_1 закреплен на горизонтальной оси, проходящей на расстоянии r_1 от верхнего конца. Пуля массой m_2 , летящая горизонтально, со скоростью v , попадает в него на расстоянии r_2 ниже оси и застревает. В результате чего стержень отклоняется на угол φ . Рассчитать величину, отмеченную символом «?». Данные для своего варианта возьмите в таблице 5.

Таблица 5.

Номер варианта	$m_1, кг$	$m_2, г$	$v, \frac{м}{с}$	$l, м$	$r_1, м$	$r_2, м$	$\varphi, ^\circ$
1	25	20	200	2	0,4	1,2	?
2	24	15	?	2	0	1	12
3	30	?	250	2,5	0,5	1,5	18
4	?	20	400	3	1	2	24
5	24	10	300	2,5	0,5	1,5	?
6	15	12	?	3	1	1,5	6
7	16	15	300	?	0	1	15
8	50	20	?	2,4	0,4	1	6
9	18	12	150	2	0	1,2	?
10	30	?	300	2,2	0,2	0,8	12

Задача 6.

В сосуде находится смесь двух газов, процентное содержание второго газа равно g_2 . Найти плотность этой смеси при температуре T и давлении p . Построить график зависимости плотности смеси от процентного содержания второго газа. Данные для своего варианта возьмите в таблице 6.

Таблица 6.

Номер варианта	первый газ	второй газ	$g_2, \%$	$p \cdot 10^5, Pa$	T, K
1	углекислый газ	азот	20	5	400
2	водород	аргон	40	2	320
3	гелий	кислород	40	4	360
4	углекислый газ	неон	20	1	290
5	азот	кислород	40	1,5	300
6	кислород	углекислый газ	60	3	350
7	кислород	пары воды	80	2,5	340
8	углекислый газ	азот	80	5	400
9	водород	аргон	80	2	320
10	гелий	кислород	60	4	360

Задача 7.

Газ нагревают от температуры T_1 до температуры T_2 . Полагая, что функция Максвелла

имеет вид $f(v, T) = 4\pi \cdot \left(\frac{m_0}{2\pi kT}\right)^{3/2} \cdot v^2 \cdot e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}}$. Используя закон, выражающий

распределение молекул идеального газа по скоростям $f(v, T)$:

- 1) вывести формулу для нахождения наиболее вероятной v_B скорости и определить ее числовое значение для температур T_1 и T_2 ;
- 2) построить графики функции $f(v, T)$ в одних осях для температур T_1 и T_2 .
- 3) вывести функцию распределения молекул газа по значениям кинетической энергии поступательного движения $f(\varepsilon)$;
- 4) используя функцию распределения молекул газа по энергиям $f(\varepsilon)$ вывести формулу для нахождения средней кинетической энергии $\langle \varepsilon \rangle$ молекул и рассчитать ее числовое значение для температур T_1 и T_2 ;
- 5) найти закон, выражающий распределение молекул идеального газа по относительным скоростям $f(u, T)$, где $u = \frac{v}{v_B}$;
- 6) для указанных температур определить долю молекул, скорость которых лежит в интервале от v_1 до v_2 .

Газ считать идеальным, независимо от характера процесса начальное и конечное состояния газа считать равновесными. Данные для своего варианта возьмите в таблице 7.

Таблица 7.

Номер варианта	газ	T_1, K	T_2, K	$v_1, \frac{M}{c}$	$v_2, \frac{M}{c}$
1	водород	250	270	350	360
2	гелий	270	290	400	410
3	кислород	280	300	410	420
4	азот	290	310	420	430

5	аммиак	300	320	430	440
6	углекислый газ	310	330	450	460
7	воздух	320	340	460	470
8	водород	330	360	460	470
9	гелий	340	380	490	500
10	кислород	350	360	500	510

Задача 8.

Вычислить удельные теплоемкости c_v и c_p смеси двух газов, если массовая доля первого газа равна g_1 , а второго g_2 . Построить зависимости удельных теплоемкостей от процентного соотношения газов и объяснить эти зависимости. Данные для своего варианта возьмите в таблице 8.

Таблица 8.

Номер варианта	первый газ	второй газ	$g_1, \%$	$g_2, \%$
1	неон	водород	80	20
2	аргон	кислород	60	40
3	гелий	кислород	20	80
4	азот	водород	40	60
5	неон	кислород	80	20
6	гелий	криптон	60	40
7	аргон	азот	20	80
8	гелий	кислород	40	60
9	гелий	кислород	80	20
10	гелий	криптон	40	60

Задача 9.

Рассчитайте среднюю длину свободного пробега молекул газа X , коэффициент диффузии и коэффициент динамической вязкости при давлении P и температуре t . Эффективный диаметр молекулы d . Постройте следующие зависимости: $\lambda(T), D(T), \eta(T)$. Данные для своего варианта возьмите в таблице 9.

Таблица 9.

Номер варианта	X	$d, \text{нм}$	$P, \times 10^5 \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$
1	азот	0,38	0,4	14
2	гелий	0,22	1	10
3	аргон	0,35	1,6	16
4	углекислый газ	0,33	3,3	33
5	водород	0,28	2,8	28
6	кислород	0,36	3,6	36
7	неон	0,24	2,4	24
8	вода	0,30	3	30
9	хлор	0,32	3,2	32
10	сернистый газ	0,34	3,4	34

Задача 10.

Идеальный газ совершает цикл $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$, состоящий из процессов, указанных в таблице 10.

$m, \text{г}$	$P_1, \text{МПа}$	$P_2, \text{МПа}$	$P_3, \text{МПа}$	$V_1, \text{л}$	$V_2, \text{л}$
1	0,2	0,1	0,15	1	2

1) постройте цикл в координатах (P, V) и определите для одного из процессов величину, указанную в последнем столбце таблицы 10;

2) определите изменение энтропии газа на участке $a \rightarrow b \rightarrow c$.

Таблица 10.

Номер варианта	газ	параметры	вид процесса				найти
			$a \rightarrow b$	$b \rightarrow c$	$c \rightarrow d$	$d \rightarrow a$	
1	H ₂	V _a =V ₁ , V _b =V ₂ , P _b =P ₂	$T = const$	$p = const$	$Q = 0$	$d = a$	$Q_{b \rightarrow c}$
2	Ne	P _a =P ₁ , P _b =P ₂ , V _b =V ₂	$T = const$	$V = const$	$Q = 0$	$d = a$	$A_{c \rightarrow d}$
3	C ₂ H ₆	P _b =P ₁ , P _c =P ₂ , V _b =V ₂ , V _d =V ₁	$Q = 0$	$V = const$	$Q = 0$	$V = const$	$Q_{b \rightarrow c}$
4	N ₂	P _a =P ₁ , P _b =P ₂ , V _c =V ₁	$Q = 0$	$T = const$	$V = const$	$d = a$	$A_{a \rightarrow b}$
5	NO	P _a =P ₁ , P _d =P ₂ , V _b =V ₂ , V _d =V ₁	$T = const$	$V = const$	$T = const$	$V = const$	$Q_{b \rightarrow c}$
6	H ₂	V _a =V ₁ , V _b =V ₂ , P _a =P ₁ , P _c =P ₂	$p = const$	$Q = 0$	$p = const$	$Q = 0$	$A_{b \rightarrow c}$
7	CH ₄	V _a =V ₁ , V _b =V ₂ , P _a =P ₁ , P _c =P ₂	$p = const$	$T = const$	$p = const$	$T = const$	$Q_{c \rightarrow d}$
8	CO ₂	P _c =P ₂ , P _a =P ₁ , V _b =V ₂	$p = const$	$V = const$	$T = const$	$d = a$	$Q_{a \rightarrow b}$
9	O ₂	V _a =V ₁ , V _b =V ₂ , V _c =V ₁ , P _b =P ₂	$T = const$	$P = const$	$V = const$	$d = a$	$Q_{c \rightarrow d}$
10	H ₂ O	V _a =V ₁ , V _b =V ₂ , P _a =P ₁ , P _c =P ₂	$p = const$	$T = const$	$p = const$	$Q = 0$	$A_{d \rightarrow a}$

Примечание: $d = a$ - процесс отсутствует.

Задача 11.

Две концентрические металлические сферы с радиусами $R_1 = 10 \text{ см}$ и $R_2 = 20 \text{ см}$ заряжены зарядами q_1, q_2 соответственно. Пространство между сферами заполнено однородным и изотропным диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ϵ .

- 1) Определите напряженность электрического поля в областях I – $r \in (0; R_1)$, II – $r \in (R_1; R_2)$; III – $r \in (R_2; \infty)$, используя теорему Остроградского-Гаусса для электростатических полей;
- 2) Постройте график зависимости напряженности электрического поля от расстояния r ;
- 3) Определите электрическое смещение в областях I – $r \in (0; R_1)$, II – $r \in (R_1; R_2)$; III – $r \in (R_2; \infty)$, используя связь между электрическим смещением и напряженностью электрического поля;
- 4) Постройте график зависимости электрического смещения от расстояния r ;
- 5) Определите потенциал электрического поля в областях I – $r \in (0; R_1)$, II – $r \in (R_1; R_2)$; III – $r \in (R_2; \infty)$, используя связь между потенциалом и напряженностью электрического поля и граничное условие, что потенциал на бесконечности равен нулю;

6) Постройте график зависимости потенциала электрического поля от расстояния r .
Данные для своего варианта возьмите в таблице 11.

Таблица 11.

Номер варианта	$q_1, нКл$	$q_2, нКл$	ε
1	-10	10	2
2	-10	20	7
3	-10	30	5
4	10	-10	4
5	10	20	3
6	10	-20	2
7	20	-10	7
8	30	-20	5
9	20	10	4
10	10	10	3

Задача 12.

На рисунке 1 приведена схема разветвленной электрической цепи, в которой элементами \mathcal{E}_1 – \mathcal{E}_7 в зависимости от варианта являются резисторы, характеризующиеся сопротивлением R , и источники постоянного тока, характеризующиеся ЭДС ε и внутренним сопротивлением r , значения которых представлены в таблице 12.

Требуется:

- 1) рассчитать силы токов, текущие в каждой ветви цепи, используя правила Кирхгофа (метод Крамера);
- 2) определить падения напряжения на каждом резисторе;
- 3) определить полезные мощности, выделяемые на каждом резисторе;
- 4) определить мощности потерь на каждом источнике тока;
- 5) определить полные мощности каждого источника тока;
- 6) определить КПД каждого источника тока.

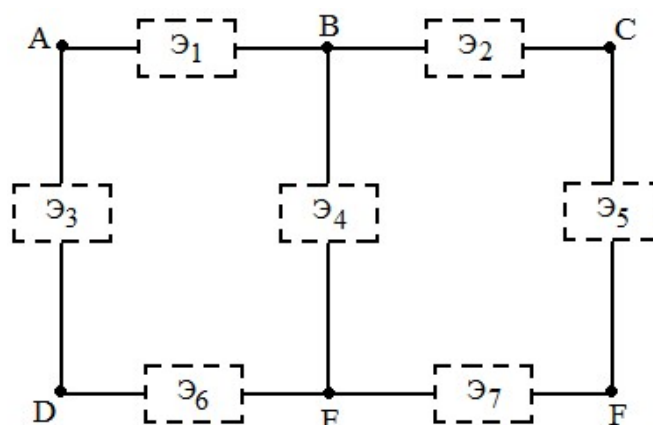



















































Рис. 1.

Таблица 12.

Номер варианта	элемент 1	элемент 2	элемент 3	элемент 4	элемент 5	элемент 6	элемент 7
1							
	$R_1=20 \text{ Ом}$	$R_2=15 \text{ Ом}$	$\varepsilon_3=15 \text{ В}$ $r_3=2 \text{ Ом}$	$R_4=10 \text{ Ом}$	$R_5=25 \text{ Ом}$	$\varepsilon_6=10 \text{ В}$ $r_6=1 \text{ Ом}$	$\varepsilon_7=7 \text{ В}$ $r_7=1 \text{ Ом}$
2							
	$\varepsilon_1=15 \text{ В}$ $r_1=2 \text{ Ом}$	$\varepsilon_2=10 \text{ В}$ $r_2=1 \text{ Ом}$	$R_3=10 \text{ Ом}$	$R_4=15 \text{ Ом}$	$R_5=20 \text{ Ом}$	$R_6=15 \text{ Ом}$	$R_7=25 \text{ Ом}$
3							
	$R_1=25 \text{ Ом}$	$R_2=15$	$\varepsilon_3=25 \text{ В}$	$\varepsilon_4=10 \text{ В}$	$R_5=10 \text{ Ом}$	$\varepsilon_6=15 \text{ В}$	$R_7=20 \text{ Ом}$

		OM	$r_3=3\text{ OM}$	$r_4=1\text{ OM}$		$r_6=2\text{ OM}$	
4							
	$R_1=20\text{ OM}$	$R_2=10\text{ OM}$	$\varepsilon_3=10\text{ B}$ $r_3=1\text{ OM}$	$\varepsilon_4=7\text{ B}$ $r_4=1\text{ OM}$	$\varepsilon_5=15\text{ B}$ $r_5=2\text{ OM}$	$R_6=25\text{ OM}$	$R_7=15\text{ OM}$
5							
	$R_1=15\text{ OM}$	$R_2=25\text{ OM}$	$R_3=10\text{ OM}$	$\varepsilon_4=10\text{ B}$ $r_4=1\text{ OM}$	$\varepsilon_5=25\text{ B}$ $r_5=3\text{ OM}$	$R_6=20\text{ OM}$	$\varepsilon_7=15\text{ B}$ $r_7=2\text{ OM}$
6							
	$\varepsilon_1=15\text{ B}$ $r_1=2\text{ OM}$	$R_2=25\text{ OM}$	$R_3=20\text{ OM}$	$\varepsilon_4=7\text{ B}$ $r_4=1\text{ OM}$	$R_5=10\text{ OM}$	$\varepsilon_6=10\text{ B}$ $r_6=1\text{ OM}$	$R_7=15\text{ OM}$
7							
	$R_1=20\text{ OM}$	$R_2=10\text{ OM}$	$\varepsilon_3=10\text{ B}$ $r_3=1\text{ OM}$	$\varepsilon_4=25\text{ B}$ $r_4=3\text{ OM}$	$R_5=15\text{ OM}$	$\varepsilon_6=15\text{ B}$ $r_6=2\text{ OM}$	$R_7=25\text{ OM}$
8							
	$\varepsilon_1=10\text{ B}$ $r_1=1\text{ OM}$	$R_2=10\text{ OM}$	$R_3=15\text{ OM}$	$R_4=20\text{ OM}$	$R_5=10\text{ OM}$	$\varepsilon_6=7\text{ B}$ $r_6=1\text{ OM}$	$\varepsilon_7=15\text{ B}$ $r_7=2\text{ OM}$
9							
	$\varepsilon_1=15\text{ B}$ $r_1=2\text{ OM}$	$R_2=10\text{ OM}$	$\varepsilon_3=10\text{ B}$ $r_3=1\text{ OM}$	$\varepsilon_4=7\text{ B}$ $r_4=1\text{ OM}$	$R_5=20\text{ OM}$	$R_6=15\text{ OM}$	$R_7=25\text{ OM}$
10							
	$R_1=20\text{ OM}$	$R_2=15\text{ OM}$	$\varepsilon_3=25\text{ B}$ $r_3=3\text{ OM}$	$\varepsilon_4=15\text{ B}$ $r_4=2\text{ OM}$	$\varepsilon_5=10\text{ B}$ $r_5=1\text{ OM}$	$R_6=10\text{ OM}$	$R_7=25\text{ OM}$