



**Некоммерческое
акционерное
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И
СВЯЗИ ИМЕНИ
ГУМАРБЕКА
ДАУКЕЕВА**

Кафедра космической
инженерии

ФИЗИКА 1

Методические указания к выполнению расчетно-графических работ
для студентов образовательной программы
6В07101 – Электроэнергетика

Алматы 2022

Составитель: Саламатина А. М. Физика 1. Методические указания к выполнению расчетно-графических работ для студентов, обучающихся по образовательным программам «Энергетика». – Алматы: АУЭС, 2022. – 30 с.

Методические указания включают требования к оформлению РГР; варианты заданий 3-х расчетно-графических работ (РГР); методические рекомендации к их выполнению; примеры оформления решений; список литературы.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по образовательной программе 6В07101 – «Электроэнергетика».

Ил. 34, табл. 3, библиогр. – 6 наим.

Рецензент: доцент каф. ЭТ

А.С. Баймаганов

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева» на 2022 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», 2022 г.

Введение

Основные цели изучения обязательной дисциплины «Физика 1» – развитие естественнонаучного мировоззрения; формирование теоретической базы для изучения общетехнических и специальных дисциплин и для успешной последующей профессиональной деятельности; формирование у студентов умений и навыков применения фундаментальных физических законов и теорий, а также методов физического исследования.

Известно, что овладение знаниями как важнейший процесс человеческой активности подчиняется законам психологии: развитие и образование ни одному человеку не могут быть даны или сообщены. Всякий, кто желает развиваться и овладевать знаниями, достигает этого своим собственным трудом, собственным напряжением воли, собственной настойчивостью и целеустремленностью; успешная деятельность невозможна без осознания и принятия цели деятельности, четкого представления о результатах и о тех методах и средствах, которые необходимы для достижения поставленной цели.

В настоящем руководстве приведены варианты РГР, разделенные по мере возрастания сложности их выполнения на три уровня усвоения знаний: А, В и С. Критерии разделения задач таковы: задания уровня А – это задачи и качественные вопросы, требующие, в основном, умения решать задачи по заданному образцу; задания уровня В требуют умений решать типовые задачи по известному алгоритму; задания уровня С требуют умений выявлять внутренние связи в конкретной, достаточно сложной физической ситуации и применять знание общих методов.

Каждый студент самостоятельно выбирает уровень заданий и получает при распределении старостой группы номер варианта. Это распределение должно быть утверждено преподавателем, ведущим практические занятия в группе.

Общие требования к оформлению расчетно-графических работы

Каждую расчетно-графическую работу следует выполнить в отдельной школьной тетради либо на листах белой бумаги формата А4, на обложке (титульном листе) которой необходимо указать: наименование вуза и кафедры; дисциплину; номер и тему РГР; вариант РГР; ФИО и группу студента, выполнившего работу; дату сдачи на проверку; должность и ФИО преподавателя, проверившего работу.

Пример оформления обложки тетради (титульной страницы):

НАО АУЭС имени Гумарбека Даукеева

Кафедра КИ

Дисциплина: *Физика 1*

РГР №__ Тема «_____» Вариант №__

Выполнил студент ____ (Ф.И.О, группа)

Сдана на проверку ___ (дата).

Проверил ___ (должность и Ф.И.О. преподавателя)

Условие каждой задачи необходимо переписывать полностью, без сокращений. Затем записывать с помощью общепринятых символических обозначений в краткой форме, под заглавием «Дано». Если в задаче заданы числовые величины, то необходимо выразить их в системе единиц СИ. Решение каждой задачи следует сопровождать пояснениями, раскрывающими смысл и значение используемых обозначений. Необходимо указать физические законы, теоремы и принципы, положенные в основу решения. После того как задача решена в общем виде, т.е. получен ответ в виде расчетной формулы, произвести вычисления, руководствуясь при этом правилами приближенных вычислений.

Работу выполнять шариковой (или иной) ручкой, рисунки – при помощи карандаша и линейки.

Решение каждой задачи начинать с новой страницы, оставляя место для замечаний преподавателя и дополнений либо исправлений и дополнений.

1. РГР 1 «Физические основы механики»

Цель: овладеть основными методами решения типовых задач по кинематике, уравнений динамики материальной точки и вращательного движения твердого тела, применения законов сохранения.

1.1 Варианты заданий РГР 1

Таблица 1. Варианты заданий РГР 1

№	Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике	Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики	Иродов И.Е. Задачник по общей физике	Приложение А
А.1	1.15; 2.4; 2.64; 3.19(1);	3.19;		1
А.2	2.1; 2.57; 3.39; 4.43;	1.16;		2
А.3	1.10; 2.5; 3.23; 3.46;	3.10;		3
А.4	1.13; 2.34; 2.59; 3.40;	2.98;		4
А.5	1.14; 2.39; 3.19(1); 3.45;	2.100;		5
А.6	1.16; 2.7; 3.20(1); 3.41;	2.101;		6
А.7	1.19; 2.8; 3.20(2); 3.44;	2.96;		7
В.8	1.16; 3.19(3); 3.53;	2.20; 2.102;		8
В.9	1.15; 3.20(3); 3.54(1);	2.21; 2.62;		9
В.10	1.13; 3.21; 3.54(2);	2.4; 2.38;		10
В.11	1.48; 2.78; 3.54(2);	2.22; 3.34;		11
В.12	1.49; 2.80; 3.19(3);	2.99; 3.37;		12
В.13	1.56; 2.77; 3.30; 3.56(1);	2.62;		13
В.14	2.78; 3.33; 3.56(2); 4.53;	2.59;		14

B.15	2.84; 3.35; 3.56(2); 4.51;	2.73;		15
B.16	1.59; 3.37; 3.56(3);	2.98; 2.111;		16
B.17	1.54; 2.82; 3.33;	2.100; 3.37;		17
B.18	1.55; 2.79; 3.34; 3.55;	2.102;		18
B.19	1.58; 3.53;	1.19; 2.17; 3.44;		19
B.20	1.48; 3.40; 4.44;	2.110; 3.34;		20
B.21	1.59; 3.27;	2.81; 3.47;	1.10;	21
B.22	1.49; 3.36; 4.51;	2.22; 2.109;		22
B.23	4.59;	2.32; 2.88; 3.41;	1.9;	23
B.24	1.57; 2.78; 3.40;	2.38; 2.111;		24
B.25	4.60;	2.84; 3.42;	1.10; 1.129;	25
B.26	4.61;	2.90; 3.40;	1.10; 1.130;	26
B.27	3.23;	2.45;	1.36; 1.228; 1.327;	27
B.28	3.26;	2.64;	1.44; 1.80; 1.297;	28
B.29		3.25;	1.48; 1.90; 1.160; 1.227;	29
B.30			1.40; 1.94; 1.161; 1.230; 1.326;	30
C.31			1.57; 1.103; 1.229; 1.297; 1.324;	31
C.32			1.58; 1.113; 1.160; 1.227; 1.323;	32

1.2 Методические указания к решению задач и примеры их выполнения

1.2.1 Основная прямая задача кинематики состоит в нахождении любого параметра движения (\vec{v} , \vec{a} , $\vec{\omega}$, $\vec{\epsilon}$, v , a , ϵ , ω , a_t , a_n) по известному закону движения $\vec{r} = \vec{r}(t)$ или $\varphi = \varphi(t)$.

Метод решения такой задачи кинематики заключается в последовательном применении определений кинематических величин и соотношений, связывающих эти величины. Зная закон движения, можно определить любой параметр движения.

Пример 1.

Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону $\vec{r}(t) = 3t^2\vec{i} + 5t\vec{j}$ (м). Найти векторы скорости \vec{v} и ускорения \vec{a} , а также их модули для произвольного момента времени t .

Дано:

$$\vec{r}(t) = 3t^2\vec{i} + 5t\vec{j} \text{ (м).}$$

Найти: $\vec{v}(t)$, $\vec{a}(t)$, $v(t)$, a .

Решение:

Запишем кинематические уравнения движения в проекциях на оси OX и OY :

$$x(t) = 3t^2 \text{ (м),}$$

$$y(t) = 5t \text{ (м).}$$

По определению, скорость – это первая производная по времени от радиус-вектора, а ее компоненты – первые производные от соответствующих координат:

$$v_x = \dot{x} = \frac{dx}{dt} = \frac{d(3t^2)}{dt} = 6t \text{ м/с};$$

$$v_y = \dot{y} = \frac{dy}{dt} = \frac{d(5t)}{dt} = 5 \text{ м/с}.$$

Ускорение, по определению, – первая производная по времени от вектора скорости:

$$a_x = 6 \text{ м/с}^2; \quad a_y = 0.$$

Таким образом:

$$\vec{v}(t) = 6t\vec{i} + 5\vec{j}; \quad \vec{a} = 6\vec{i}.$$

Модуль вектора находим как корень квадратный из суммы квадратов его компонентов:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{36t^2 + 25} \text{ (м/с)}, \quad a = 6 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: $\vec{v}(t) = 6t\vec{i} + 5\vec{j}; \vec{a} = 6\vec{i}; v = \sqrt{36t^2 + 25} \text{ (м/с)}; a = 6 \text{ м/с}^2.$

1.2.2 *Обратная задача кинематики* заключается в определении кинематического закона движения по какому-либо известному параметру движения и заданным начальным условиям.

Метод решения обратной задачи также основан на применении определений кинематики, но вместо дифференцирования по времени t теперь выполняется интегрирование дифференциальных уравнений. Появляющиеся при этом константы интегрирования находят из начальных условий.

Пример 2.

Поезд движется прямолинейно со скоростью $v_0 = 90 \text{ км/ч}$. Внезапно на пути возникает препятствие, и машинист включает тормозной механизм. С этого момента скорость поезда изменяется по закону: $v = v_0 - bt^2$, где $b = 1 \text{ м/с}^3$. Каков тормозной путь поезда? Через какое время после начала торможения он остановится?

Дано:

$$v_0 = 90 \text{ км/ч} = 25 \text{ м/с};$$

$$v = v_0 - bt^2;$$

$$b = 1 \text{ м/с}^3.$$

Найти: $t_{\text{торм}}$,
 $S_{\text{торм}}$.

Решение:

По определению, мгновенная путевая скорость – это производная от пути по времени:

$$v = \frac{dS}{dt}.$$

Тогда бесконечно малый отрезок пути dS , проходимый телом за бесконечно малый промежуток времени dt , равен произведению:

$$dS = v dt = (25 - t^2) dt. \quad (1)$$

Время торможения можно найти из условия, что скорость в конце торможения равна нулю:

$$t_{\text{торм.}} = \sqrt{\frac{v_0}{b}} = \sqrt{\frac{25}{1}} = 5 \text{ с.}$$

Интегрируя уравнение (1) и подставляя пределы, получим величину тормозного пути:

$$S_{\text{торм}} = \int_0^5 (25-t^2) dt = \left(25t - \frac{t^3}{3} \right) \Big|_0^5 = 125 - \frac{125}{3} = 83,3 \text{ м.}$$

Ответ: $t_{\text{торм}}=5 \text{ с}$; $S_{\text{торм}}=83,3 \text{ м}$.

1.2.3 *Основная задача динамики* заключается в определении механического состояния системы в произвольный момент времени по заданным силам и состоянию системы в начальный момент времени.

Метод решения основной задачи динамики заключается в применении соответствующих рассматриваемой системе основных законов динамики. Интегрированием полученных при этом уравнений движения находят зависимости $\vec{p}(t)$ и $\vec{L}(t)$, которые показывают, как в процессе движения изменяются, соответственно, векторы импульса и момент импульса частицы или твердого тела.

Пример 3.

Частице массой m сообщена начальная скорость \vec{v}_0 под некоторым углом к горизонту. Траектория полета частицы лежит в плоскости xu . Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти зависимость от времени импульса частицы $\vec{p}(t)$.

Дано:

m ; \vec{v}_0 .

Найти:

$\vec{p}(t)$.

Решение:

Применим основной закон динамики материальной точки:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}.$$

Единственная сила, действующая на частицу в данном – это сила тяжести, направленная вертикально вниз и равная:

$$\vec{F} = m\vec{g}. \quad (2)$$

Подставим (2) в уравнение динамики и получим для бесконечно малого приращения вектора импульса частицы $d\vec{p}(t)$ за бесконечно малый промежуток времени dt :

$$d\vec{p} = m\vec{g}dt. \quad (3)$$

Проинтегрируем (3) и получим:

$$\vec{p}(t) = m\vec{g}t + \vec{C}, \quad (4)$$

где \vec{C} – постоянная интегрирования.

Для нахождения постоянной интегрирования применим начальные условия: при $t=0$ импульс $\vec{p}_0 = m\vec{v}_0$. Выходит: $\vec{C} = m\vec{v}_0$.

Таким образом, решение задачи имеет вид:

$$\vec{p}(t) = m\vec{v}_0 + m\vec{g}t. \quad (5)$$

Ответ: $\vec{p}(t) = m\vec{v}_0 + m\vec{g}t$.

1.2.4 *Общий метод решения* задач динамики состоит в определении ускорения частицы или центра масс твердого тела. В этом случае следует:

- выяснить, с какими телами взаимодействует рассматриваемое тело, найти величину, направление и точку приложения каждой из сил;

- сделать схематический рисунок и указать на нем с помощью векторов все приложенные силы и ускорение;

- выбрать инерциальную систему отсчета и записать для рассматриваемого тела уравнение динамики в векторной форме:

$$m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N.$$

Если силы действуют не по одной прямой, то выбирают две взаимно перпендикулярные оси Ox и Oy . Спроецировав все векторы, входящие в векторное уравнение на эти оси, записывают второй закон Ньютона в виде двух скалярных уравнений (слайд 1):

Решение:

Записываем II з-н Ньютона:

$$m\vec{a} = \vec{F} + \vec{N} + \vec{F}_{тр} + m\vec{g}.$$

В проекциях на ось Ox :

$$ma = F \cos \alpha - mg \sin \alpha - F_{тр}.$$

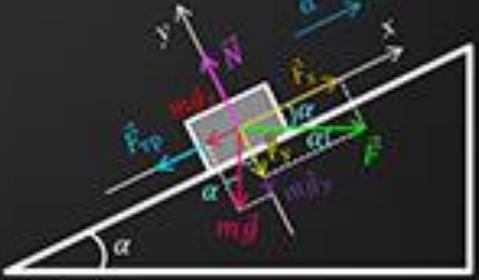
В проекциях на ось Oy :

$$0 = N - F \sin \alpha - mg \cos \alpha \Rightarrow N = F \sin \alpha + mg \cos \alpha.$$

Тогда: $F_{тр} = \mu N = \mu(F \sin \alpha + mg \cos \alpha)$.

Следовательно: $ma = F \cos \alpha - mg \sin \alpha - \mu(F \sin \alpha + mg \cos \alpha)$;

$$ma = F \cos \alpha - mg \sin \alpha - \mu F \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha;$$



Слайд 1

$$ma_x = \sum F_{ix};$$

$$ma_y = \sum F_{iy}.$$

При криволинейном движении одну из осей направляют вдоль касательной к траектории, а другую – по нормали к ней.

Если в задаче рассматривается движение системы связанных между собой тел, то следует уравнение движения записать для каждого тела в отдельности. Затем записывают в виде уравнений кинематические условия, связывающие ускорения отдельных тел системы.

Проверив, совпадает ли число неизвестных с числом уравнений, решают полученную систему уравнений. После того как найдено ускорение частицы (или центра масс твердого тела), определение скорости (импульса) и закона движения сводится к решению обратной задачи кинематики.

1.2.5 *Законы сохранения* в механике позволяют рассматривать общие свойства движения без решения дифференциальных уравнений и детальной информации о развитии процессов во времени.

Общим для всех законов сохранения является утверждение о сохранении какой-то физической величины, обозначим ее A , при определенных условиях. Набор этих условий обозначим через B .

Метод применения законов сохранения в самом общем виде предполагает:

выяснить, какие тела следует включить в рассматриваемую физическую систему;

рассмотреть процесс взаимодействия тел в данной системе, выделив:

а) состояние системы до взаимодействия;

б) состояние тел после их взаимодействия;

в) сам процесс взаимодействия;

проверить, выполняются ли условия B в данной системе, то есть в случае применения закона сохранения механической энергии следует убедиться, что все силы, действующие в данной механической системе, являются консервативными;

- выбрать инерциальную систему отсчета, относительно которой определяют значение величины A_1 (до взаимодействия);

- определить значение величины A_2 в конце взаимодействия;

- записать закон сохранения в виде уравнения:

$$A_1 = A_2$$

и решить его относительно искомой величины.

Если сохраняющаяся величина векторная, то полученное векторное уравнение спроецировать на соответствующие оси координат. Решить совместно полученную систему уравнений.

Приложение А

А.1 Какие системы отсчета называются инерциальными? Перечислите основные кинематические характеристики движения материальной точки и систематизируйте их в две группы: а) инвариантные величины; б) неинвариантные (для случая нерелятивистских движений ($v \ll c$)).

А.2 Одинаковы ли выталкивающие силы, действующие на один и тот же деревянный брусок, плавающий сначала в воде, а потом в керосине?

А.3 Тело брошено с начальной скоростью v_0 под углом α к горизонту. Нарисовать траекторию движения тела. Изобразить на рисунке векторы мгновенной скорости \vec{v} , ускорения \vec{a} , нормального a_n и тангенциального a_t ускорений в точках траектории, соответствующих: а) началу движения (сразу после броска); б) наивысшей точке подъема; в) концу движения (непосредственно перед падением). Соппротивлением воздуха пренебречь.

А.4 Что можно сказать о скорости и ускорении точки, если ее траектория – винтовая линия? Ответ поясните рисунком.

А.5 Точка движется по расширяющейся спирали так, что ее нормальное ускорение остается постоянным. Как изменяются при этом линейная v и угловая ω скорости?

А.6 Шар массы m_1 , имеющий скорость \vec{v} , налетает на покоящийся шар массы m_2 (рисунок А.1). Могут ли после соударения скорости шаров \vec{v}_1 и \vec{v}_2 иметь направления, показанные на рисунке А.2 (а и б)? В случае положительного ответа, сформулируйте условие для угла α .



Рисунок А.1

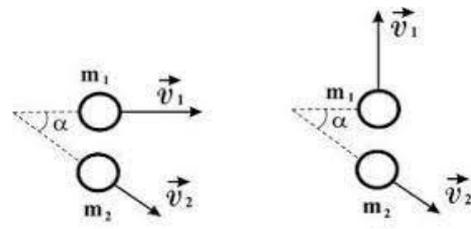


Рисунок А.2

А.7 Нормальное ускорение частицы постоянно по модулю. Что можно сказать о форме траектории частицы в случаях, когда проекция тангенциального ускорения на направление движения: а) равна нулю; б) положительная; в) отрицательная?

А.8 Можно ли утверждать, что тело, находящееся под действием постоянной по величине и направлению силы, всегда движется в направлении действия этой силы? Ответ обосновать – указать закон, действие которого проявляется в рассматриваемой ситуации. Привести примеры.

А.9 Движение материальной точки задано уравнениями: $x = R \sin \omega t$, $y = R \cos \omega t$, где R – положительная постоянная. Найдите уравнение траектории движения этой материальной точки. Изобразите на рисунке траекторию и покажите для двух ее произвольных точек направления

векторов скорости \vec{v} и ускорения \vec{a} . Изменяется ли во время движения сила, действующая на материальную точку: а) по модулю; б) по направлению?

А.10 Движение материальной точки задано уравнениями $x = \alpha t^2$, $y = \beta t$, где α и β – положительные постоянные. Найдите уравнение траектории движения этой материальной точки. Изобразите на рисунке траекторию и покажите для двух ее произвольных точек направления векторов скорости и ускорения. Изменяется ли сила, действующая на материальную точку: а) по модулю; б) по направлению?

А.11 Частица движется равномерно по окружности против часовой стрелки. Изобразите на рисунке траекторию движения и укажите:

а) направление импульса \vec{p} частицы для двух моментов времени, разделенных промежутком времени, равным $\Delta t = T/4$ (T – период обращения);

б) вектор приращения $\Delta \vec{p}$ импульса за указанный промежуток времени. Чему равен его модуль $|\Delta \vec{p}|$, если импульс по модулю равен $|\vec{p}| = 0,5 \frac{\kappa^2 \cdot M}{c}$?

А.12 Сравните модуль силы натяжения нити математического маятника в крайнем положении с модулем силы натяжения нити конического маятника. Длины нитей, массы грузов и углы отклонения маятников одинаковы.

А.13 Прыгун, отталкиваясь от трамплина, выполняет в воздухе несколько полных оборотов, при этом свертывается клубком, а затем при входе в воду снова выпрямляет тело. А) Какую траекторию описывает при этом его центр масс? б) Какие законы сохранения выполняются при этом? в) Опишите, как изменяется со временем скорость центра масс.

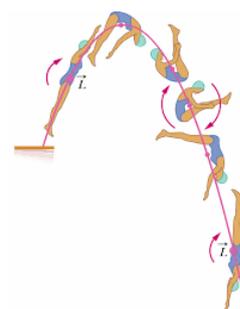


Рисунок А.3

А.14 Выведите формулы для скоростей тел после абсолютно неупругого удара для случая, когда тело массы m_1 налетает со скоростью \vec{v}_1 на покоящееся тело массы m_2 . Проанализируйте полученные результаты для случаев:

а) $m_1 \gg m_2$; б) $m_1 \ll m_2$.

А.15 Объясните, почему дверь легче открывать от себя, прикладывая силу давления как можно дальше от оси ее вращения? Ответ обосновать – указать закон, действие которого проявляется в рассматриваемой ситуации.

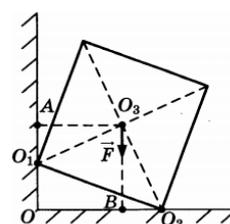


Рисунок А.4

А.16 Однородный сплошной куб находится в равновесии, одним своим ребром опираясь на вертикальную стену, а другим – на горизонтальный пол. Запишите два независимых уравнения равновесия для этого куба в указанном положении. Принять коэффициенты трения о стенку и пол одинаковыми и равными μ .

А.17 Человеку, сидящему на неподвижной скамье Жуковского, дали в руки вращающееся колесо с вертикально ориентированной осью. Сначала человек держал вращающееся колесо над головой, затем повернул ось колеса на 180° (рисунок А.5). В каком направлении после этого будет вращаться скамья? Какой закон следует применить, чтобы дать верный ответ на вопрос?

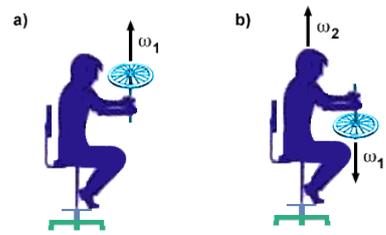


Рисунок А.5

А.18 Горный ручей с сечением потока S образует водопад высотой h . Скорость течения воды в ручье v . Найти мощность водопада. Подобрать числовые параметры задачи для мощности $N=10 \text{ кВт}$.

А.19 Вниз по наклонной плоскости скатываются три тела одинаковой массы, имеющие одинаковые радиусы: полый цилиндр, шар и сплошной цилиндр. Какое тело скатится быстрее? Что изменится, если у тел будут разные массы? Разные радиусы? Ответы обосновать.

А.20 Автомобиль может спуститься с горы на равнину по одной из двух дорог: по короткой, достаточно прямой, дороге и по длинной извилистой. Сравните работу силы тяжести в этих случаях. Ответ поясните.

А.21 Мальчик с мячом катится на скейтборде равномерно прямолинейно по горизонтальной ровной поверхности. Что произойдет, если он бросит мяч вперед по направлению движения? Назад? Ответ обосновать – указать закон, действие которого проявляется в рассматриваемой ситуации, и записать на его основе уравнение, которое связывает все массы тел и их скорости.

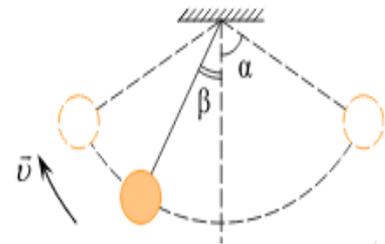


Рисунок А.6

А.22 Маленький шарик, подвешенный к потолку на лёгкой нерастяжимой нити, совершает колебания в вертикальной плоскости. Максимальное отклонение нити от вертикали составляет угол $\alpha = 60^\circ$. Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к шарик в тот момент, когда шарик движется влево-вверх, а нить образует угол $\beta = 30^\circ$ с вертикалью (рисунок А.6). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шарика (по нити, перпендикулярно нити, внутрь траектории, наружу от траектории). Ответ обоснуйте. Соппротивление воздуха не учитывать.

А.23 Что происходит с угловой скоростью вращающегося вокруг вертикальной оси фигуриста, если он меняет положение своих рук – из первоначально раскинутых в стороны, – прижимает к туловищу (рисунок А.7), или, поднимает вверх вдоль оси вращения? Ответ обосновать – указать закон, действие которого проявляется в рассматриваемой ситуации, и

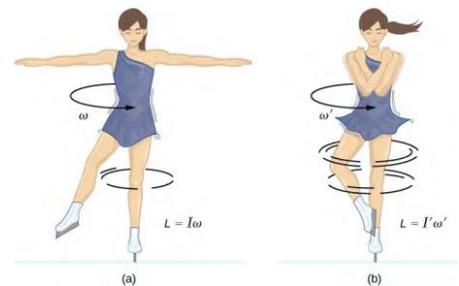
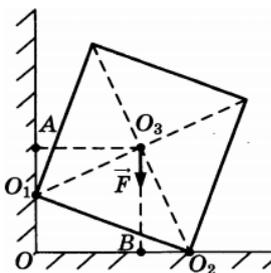


Рисунок А.7

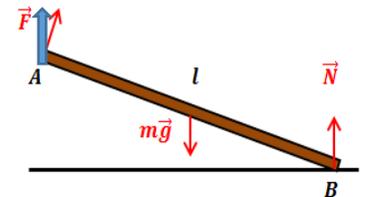


записать на его основе уравнение, которое связывает начальную угловую и конечную угловую скорости вращения.

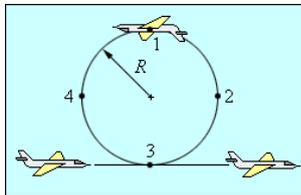
А.24 Однородный куб массой 5,0 кг опирается одним ребром на пол, другим на вертикальную стену (рисунок А.8). Чему равен момент силы тяжести F относительно оси, перпендикулярной плоскости рисунка и проходящей через

точку O , если $OB = 7$ см, $BO_2 = 3$ см, $BO_3 = 6$ см?

А.25 Прямой стержень удерживают в равновесии силой, приложенной в конце стержня в точке A (рисунок А.9). При каком направлении силы – вертикальном или под прямым углом к оси стержня – приложенная сила меньше? Ответ обосновать: указать закон, действие которого проявляется в рассматриваемой ситуации.



А.26 Самолет, летящий с постоянной по величине скоростью, делает фигуру высшего пилотажа – «мертвую петлю». В какой из точек этой петли (рисунок А.10) вес летчика наибольший, а в какой – наименьший?

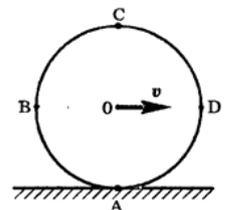


А.27 Человек поднимается в лифте. В какой части подъема

(вначале, в середине или перед остановкой) вес человека наибольший? Наименьший?

А.28 Человек опускается в лифте. В какой части движения лифта (вначале, в середине или перед остановкой) вес человека наибольший? Наименьший? Ответ обосновать.

А.29 Диск радиуса R катится без скольжения со скоростью v по горизонтальной плоскости (рисунок А.10). Какова мгновенная скорость в точках A и C по величине и направлению?



А.30 Диск радиуса R катится без скольжения со скоростью v по горизонтальной плоскости (рисунок А.11). Какова мгновенная скорость в точках B и D по величине и направлению?

А.31 Цилиндр катится без скольжения по горизонтальной плоскости. Радиус цилиндра r . Найти радиус R кривизны траектории в точке A (рисунок А.11).

А.32 Цилиндр катится без скольжения по горизонтальной плоскости. Радиус цилиндра r . Найти радиус R кривизны траектории в точке B (рисунок А.11).

2. РГР 2. «Статистическая физика и термодинамика»

Цель: овладеть основными методами решения типовых задач по статистической физике и термодинамике.

2.1 Варианты заданий РГР 2

Таблица 2. Варианты заданий РГР 2

№	Чертов А.Г., Воробьёв А.А. «Задачник по физике»	Волькенштейн В.С. «Сборник задач по общему курсу физики»	Приложение Б
A.1	8.4; 9.14; 10.1; 11.25; 11.53;		1
A.2	8.5; 9.15; 10.2; 11.26; 11.54;		2
A.3	8.6; 9.16; 10.3; 11.27; 11.60;		3
A.4	8.7; 9.17; 10.5; 11.28; 11.61;		4
A.5	8.8; 9.18; 10.6; 11.29; 11.62;		5
A.6	8.9; 9.19; 10.7; 11.30; 11.63;		6
A.7	8.10; 9.20; 10.47; 11.31; 11.64;		7
B.8	8.11; 9.21; 10.48; 11.32; 11.65;		8
B.9	8.3; 9.22; 10.49; 11.33; 11.66;		9
B.10	8.16; 9.22; 10.50; 11.34;	5.179;	10
B.11	8.17; 9.23; 10.8; 11.35; 11.55;		11
B.12	8.18; 9.24; 10.9; 11.36; 11.56;		12
B.13	8.19; 9.26; 11.37; 11.57;	5.68;	13
B.14	8.20; 9.27; 11.38; 11.58;	5.69;	14
B.15	8.21; 9.28; 11.39; 11.59;	5.70;	15
B.16	8.22; 9.29; 10.17; 11.40;	5.181;	16
B.17	8.23; 9.30; 10.18; 11.41;	5.182;	17
B.18	8.24; 9.31; 11.42;	5.69; 5.183;	18
B.19	8.25; 11.43;	5.20; 5.70; 5.184;	19
B.20	8.26; 10.11; 11.44;	5.21; 5.185;	20
B.21	8.27; 10.12; 11.45;	5.16; 5.186;	21
B.22	8.28; 10.13; 11.46;	5.14; 5.187;	22
B.23	8.29; 10.14; 11.47;	5.15; 5.182;	23
B.24	8.30; 11.48;	5.11; 5.69; 5.181;	24
B.25	8.31; 11.49;	5.9; 5.70; 5.185;	25
B.26	8.32; 10.17;	5.8; 5.161; 5.184;	26
B.27	8.33; 10.8;	5.7; 5.162; 5.183;	27
B.28	8.34; 10.9;	5.4; 5.160; 5.187;	28
B.29	8.35; 10.11;	5.31; 5.155; 5.186;	29
B.30	8.36; 10.12;	5.38; 5.160; 5.188;	30
C.31	8.37; 10.13;	5.39; 5.189; 5.214;	31
C.32	8.38; 10.14;	5.40; 5.5.192; 5.208;	32

2.2 Методические указания к решению задач и примеры их выполнения

Основная задача термодинамики равновесных процессов заключается в нахождении всех термодинамических состояний системы. Если известны начальное и все промежуточные состояния системы, то можно определить изменение внутренней энергии, найти работу, совершенную системой, рассчитать количество теплоты, полученное (или отданное) системой и т.д.

Метод решения типовых задач термодинамики основан на применении уравнения состояния (например, идеального газа), первого и второго законов термодинамики, соотношений для внутренней энергии и теплоемкостей, которые дает классическая теория. Но, прежде всего, приступая к решению задачи, необходимо выяснить характер процесса, протекающего в газе (если об этом не оговорено в условии).

Пример 4.

Баллон емкостью V с известным газом, находящимся при давлении P_1 и температуре T_1 , нагревают до T_2 . Какое количество теплоты при этом поглощает газ?

Дано:

V, P_1, T_1, T_2, i .

Найти: Q .

Решение:

Объем V баллона постоянный, поэтому процесс нагревания газа является изохорным. При изохорном процессе работа не совершается. Поэтому 1-ое начало термодинамики для изохорного процесса:

$$Q = \Delta U.$$

Внутренняя энергия идеального газа равна:

$$U = C_V \frac{m}{\mu} T = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT = \frac{i}{2} PV,$$

здесь использовано уравнение Менделеева – Клапейрона и выражение для молярной теплоемкости идеального газа (по классической теории теплоемкости) при постоянном объеме.

Таким образом, искомое количество теплоты равно:

$$Q = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} V(P_2 - P_1) = \frac{i}{2} P_1 V \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right).$$

По закону Шарля для изохорного процесса:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}.$$

Ответ: $Q = \frac{i}{2} P_1 V \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right)$.

Приложение Б

Б.1 На рисунке Б.1 изображены графики изменения температуры двух тел в зависимости от подводимого количества теплоты. Каковы удельные теплоемкости этих тел, если масса каждого из них равна 2,2 кг?

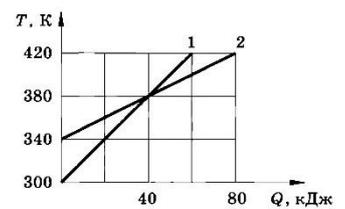


Рисунок Б.1

Б.2 Начертите и объясните графики зависимости плотности ρ идеального газа в зависимости от температуры T при изотермическом, изобарном и изохорном процессах.

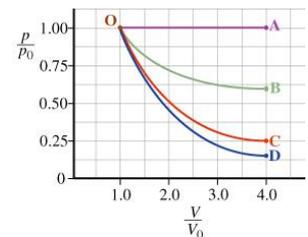


Рисунок Б.2

Б.3 Начертите и объясните графики зависимости концентрации n молекул идеального газа в зависимости от температуры T при изотермическом, изобарном и изохорном процессах.

Б.4 На рисунке Б.2 изображены графики некоторых процессов в идеальном газе. Укажите, какие процессы соответствуют каждому из графиков.

Б.5 От чего зависит средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа? Как она изменяется при изохорном сжатии? изохорном расширении?

Б.6 От чего зависит средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа? Как она изменяется при изотермическом сжатии?

Б.7 От чего зависит средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа? Как она изменяется при изотермическом расширении?

Б.8 От чего зависит средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа? Как она изменяется при адиабатном сжатии?

Б.9 От чего зависит средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа? Как она изменяется при адиабатном расширении?

Б.10 Что такое бриз? Какова причина образования: 1) ночного бриза; 2) дневного бриза на морском побережье? Каковы различия между дневным и ночным бризом?

Б.11 Идеальный газ, находящийся в состоянии термодинамического равновесия при температуре T_1 , расширяется в пустоту. На рисунке Б.3 изображены 2 одинаковых по объему сосуда, соединенные трубкой с вентилем. Левый сосуд заполнен газом, а второй – вакуумирован. Расширение происходит при открывании вентиля К. Какую работу совершает при этом газ? Как изменится внутренняя энергия газа в этом процессе?

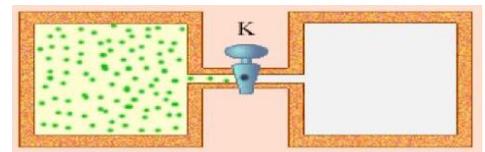


Рисунок Б.3

Б.12 Из первоначального равновесного состояния с объемом V_1 , давлением P_1 и температурой T_1 идеальный газ может расширяться в равновесное состояние с объемом V_2 тремя вариантами процессов: 1) изотермически, 2) изобарически, 3) адиабатно. Нарисуйте P, V - диаграммы этих

процессов и сравните работу газа в этих процессах. В каком случае работа, совершенная газом, наибольшая? Наименьшая?

Б.13 Рассмотрите адиабатные процессы а) расширения, и б) сжатия. Нарисуйте p, V -диаграммы (графики) обоих процессов. Что можно сказать о теплоемкости идеального газа в этих процессах? Примените определение адиабатного процесса к определению теплоемкости тела.

Б.14 Рассмотрите процессы изотермического: а) расширения; б) сжатия. Нарисуйте p, V -диаграммы (графики) обоих процессов. Что можно сказать о теплоемкости идеального газа в этих процессах? Примените определение изотермического процесса к определению теплоемкости тела.

Б.15 Из первоначального равновесного состояния с объемом V_1 , давлением P_1 и температурой T_1 идеальный газ может расшириться в равновесное состояние с объемом V_2 , давлением P_2 и температурой T_1 4-мя вариантами изопроцессов: 1) изотермически; 2) адиабатически и затем изохорически; 3) изобарически и затем изохорически; 4) изохорически и затем изобарически. Нарисуйте P, V -диаграммы этих процессов. В каком из этих случаев газ совершает наибольшую работу, а в каком – работа газа наименьшая? Сравните количества теплоты Q_1, Q_2, Q_3 и Q_4 , которые необходимо передать газу для осуществления каждого из этих процессов.

Б.16 Некоторый идеальный газ с неизменной массой переводится из одного равновесного состояния в другое. Изменяется ли в графике распределения Максвелла молекул по скоростям: а) положение максимума кривой; б) площадь под этой кривой? Если изменяется, то почему?

Б.17 Как с высотой изменяются относительные концентрации кислорода и азота в воздухе? Изменением температуры с высотой можно пренебречь.

Б.18 Как изменяется с высотой относительная концентрация молекул водорода в атмосферном воздухе? Изменением температуры с высотой пренебречь. Объяснить эту закономерность.

Б.19 Давление идеального газа $p \sim n \langle \varepsilon_{\text{пост}} \rangle$. В каком изопроцессе одновременно с возрастанием концентрации n увеличивается и средняя кинетическая энергия теплового движения $\langle \varepsilon_{\text{пост}} \rangle$ молекул идеального газа? Объясните ответ.

Б.20 Что такое вечный двигатель второго рода? Может ли вечный двигатель второго рода в качестве нагревателя использовать воду океанов и морей, забирая из нее внутреннюю энергию в форме теплоты и непрерывно преобразовывая ее в работу?

Б.21 Имеются два разных газа в цилиндрах, находящихся при одинаковых параметрах состояния. Один газ одноатомный, другой – двухатомный. Сначала они в одинаковой степени расширяются изотермически, а затем адиабатически. Какой из них совершил большую работу при изотермическом расширении? Почему? Какой – при адиабатическом расширении? Почему? Изобразите процессы на p, V - диаграмме.

Б.22 Для газа дано: $p, V, i=5$. Что можно вычислить по этим данным: а) внутреннюю энергию газа; б) энергию поступательного движения всех молекул; в) удельные теплоемкости C_v и C_p ? Ответы поясните.

Б.23 Газ расширяется изотермически, затем сжимается адиабатно до начального объема. Объясните, как изменилась энтропия газа.

Б.24 Газ расширяется обратимо: а) изотермически; б) изобарно; в) адиабатно. Начальные и конечные объемы во всех процессах совпадают. В каких случаях прирост энтропии газа минимален и максимален?

Б.25 Газ переходит из состояния А в состояние В (рисунок Б.4) в одном случае изотермически, в двух других – ступенчатыми процессами, обозначенными α и β . Что можно сказать о приращении энтропии в этих 3-х случаях?

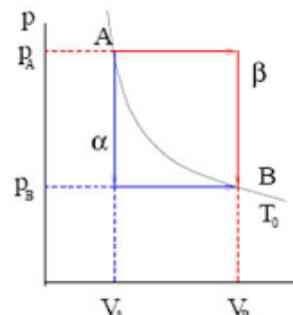


Рисунок Б.4

Б.26 В процессе в газе, представленном графиком АСВ (рисунок Б.5), точки А и В лежат на адиабате. Отличны ли от нуля в этом процессе: а) количество поглощенной газом теплоты; б) изменение энтропии?

Б.27 Можно ли вычислить: а) массу m_0 молекулы газа по данному значению его молярной массы M ; б) концентрацию молекул по данным значениям плотности ρ и молярной массы M ; в) среднее расстояние между молекулами по данным значениям M, V, m ?

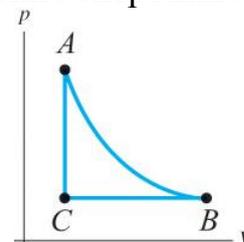


Рисунок Б.5

Б.28 До какой температуры при нормальном атмосферном давлении надо нагреть кислород, чтобы его плотность стала равна плотности азота при нормальных условиях?

Б.29 Что такое вечный двигатель второго рода? Почему невозможно осуществить периодически действующий вечный двигатель, комбинируя изотермическое расширение с адиабатическим процессом сжатия?

Б.30 Как изменяется с высотой относительная концентрация молекул водорода в атмосферном воздухе? Изменением температуры с высотой пренебречь. Объяснить эту закономерность.

Б.31 Верны ли следующие соотношения для смеси двух химически не вступающих в реакцию идеальных газов и почему?

- $p_1 + p_2 = p$, где p — давление смеси;
- $U_1 + U_2 = U$, где U — внутренняя энергия системы;
- $C_{V1} + C_{V2} = C_V$, где C_V — молярная теплоемкость системы при постоянном объеме;
- $S_1 + S_2 = S$, где S — энтропия системы.

Б.32 Какие причины не позволяют тепловым двигателям достигать предельного (по теореме Карно) КПД двигателя?

3. РГР 3. «Электродинамика»

Цель: изучить основные законы электростатики, постоянного тока и электромагнетизма, научиться применять их при решении типовых задач по теме.

3.1 Варианты заданий РГР 3

Таблица 3 – Варианты заданий

№	Чертов А.Г., Воробьёв А.А. «Задачник по физике»	Волькенштейн В.С. «Сборник задач по общему курсу физики»	Иродов И.Е. «Задачник по общей физике»	Приложение В
А.1	15.41; 17.6; 23.4; 25.6; 26.8;	10.8;		1
А.2	15.6; 18.4, 19.25; 21.5; 22.5;	9.37;		2
А.3	14.11; 15.44; 25.7; 26.3;	9.40; 10.36;		3
А.4	14.6; 15.28; 18.3; 21.7; 22.6;	10.22;		4
А.5	14.4; 18.5; 19.27; 21.10; 22.3; 25.8;			5
А.6	10.37; 15.41; 17.4; 19.17;	11.17; 11.95;		6
А.7	14.5; 18.2; 19.26; 22.4; 26.6;	9.46;		7
А.8	15.42; 17.7; 21.9; 22.8;	9.13; 10.9;		8
А.9	14.7; 19.29; 22.7; 26.9;	9.42; 11.9;		9
В.10	14.17; 15.43; 21.18; 25.10; 26.10;	10.25;		10
В.11	14.8; 15.44; 17.11; 21.24; 23.21; 25.9;			11
В.12	15.46; 17.13; 21.27; 25.27;	9.31; 10.29;		12
В.13	14.9; 15.47; 17.9; 21.19; 23.24, 25.21;			13
В.14	14.24; 15.45; 23.26; 25.15;	9.69; 10.30;		14
В.15	14.22; 17.12; 21.20; 23.20; 23.27, 25.24;			15
В.16	14.10; 18.14; 23.19; 23.30; 25.23;	11.26;		16
В.17	14.13; 15.49; 18.11; 21.32; 25.28; 26.17;			17
В.18	14.11; 15.48; 17.10; 19.31; 23.22;	11.25;		18
В.19	14.18; 15.45; 17.15; 20.6; 21.26; 23.18;			19
В.20	14.25; 15.47; 18.5; 19.33; 25.29;	11.83;		20
В.21	14.12; 15.50; 20.9; 23.28; 25.18;	9.101;		21

B.22	14.20; 15.46; 18.9; 19.34; 21.29; 23.29;			22
B.23	14.19; 15.49; 18.6; 20.11; 25.11; 26.24;			23
B.24	14.15; 15.42; 18.7; 20.5; 21.31(a); 23.25;			24
B.25	14.26; 15.50; 18.10; 19.32; 21.27; 25.26;			25
B.26	14.16; 15.48; 18.8; 21.30; 23.15; 26.18;			26
B.27	14.24; 15.50; 26.10; 21.32(б); 23.33; 25.42;			27
B.28	15.48; 18.10; 21.31(б); 23.34; 25.45;	9.39;		28
B.29	15.61; 18.9; 21.31(в); 23.35; 25.46;	10.34;		29
C.30	23.36;		3.13; 3.131; 3.186; 3.221; 3.305;	30
C.31	23.40;		3.10; 3.103; 3.185; 3.236; 3.294;	28
C.32	23.37;		3.8; 3.101; 3.189; 3.227; 3.302;	29

3.2 Методические указания и примеры решения задач по теме РГР 3

Основная задача электростатики заключается в расчете электрического поля, созданного произвольным распределением зарядов. Рассчитать электростатическое поле — значит в каждой его точке определить вектор напряженности \vec{E} и потенциал φ .

Общий универсальный метод расчета электростатического поля в вакууме основан на применении принципа суперпозиции. Применение теоремы Гаусса в интегральной форме для расчета полей эффективно только в тех случаях, когда поле обладает симметрией.

Пример 5.

Положительный заряд q равномерно распределен по проволочному кольцу радиуса R (рисунок 3.1). Определить напряженность E поля в точке C , лежащей на оси кольца на расстоянии z от его центра O .

Решение:

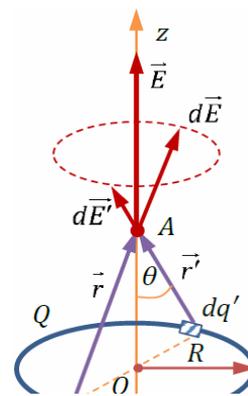


Рисунок 3.1

В соответствии с общим методом решения основной задачи электростатики разделим кольцо на элементарные (т.е. очень малые) участки $d\ell$ так, чтобы заряд dq каждого такого участка можно было считать точечным. Иначе говоря, заряд, распределенный непрерывно, заменим эквивалентной ему системой точечных зарядов.

Тогда модуль напряженности dE поля, создаваемого произвольно выделенным точечным зарядом в точке C , удаленной от него на расстоянии:

$$r = \sqrt{R^2 + z^2};$$

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{dq}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{dq}{R^2 + z^2}. \quad (*)$$

Согласно принципу суперпозиции напряженность поля равна векторной сумме полей, создаваемых всеми точечными зарядами dq кольца:

$$\vec{E} = \oint d\vec{E}.$$

Поскольку направления векторов $d\vec{E}$ не совпадают между собой (они образуют поверхность конуса с вершиной в точке A), то следует найти проекцию E_z на ось OZ :

$$dE_z = dE \cdot \cos \theta = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{dq}{R^2 + z^2} \cdot \frac{z}{\sqrt{R^2 + z^2}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{z dq}{(R^2 + z^2)^{3/2}};$$

$$E_z = \oint dE_z = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qz}{(R^2 + z^2)^{3/2}}.$$

При равномерном распределении заряда по кольцу из соображений симметрии следует, что в точках, лежащих на оси кольца OZ , напряженность поля направлена вдоль этой оси. Следовательно, остальные ее проекции равны нулю $E_y = E_x = 0$.

Ответ: $E_z = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qz}{(R^2 + z^2)^{3/2}}.$

Основная задача теории магнитного поля заключается в расчете магнитной индукции поля, созданного системой токов и движущихся электрических зарядов. Применение теоремы о циркуляции вектора магнитной индукции или напряженности (закон полного тока) ограничено только симметричными полями. Общий метод расчета магнитных полей основан на применении закона Био – Савара – Лапласа и принципа суперпозиции.

Пример 6.

Два параллельных бесконечно длинных провода D и C , по которым текут в одном направлении электрические токи силой $I = 60$ А, расположены на расстоянии $d = 10$ см друг от друга. Определить магнитную индукцию B поля, создаваемого проводниками с током в точке A (рисунок 3.1), отстоящей от оси одного проводника на расстоянии $r_1 = 5$ см, от другого $r_2 = 12$ см.

Дано:

$$I_1 = I_2 = I = 60 \text{ А};$$

$$d = 10 \text{ см} = 0,10 \text{ м};$$

$$r_1 = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м};$$

$$r_2 = 12 \text{ см} = 0,12 \text{ м}.$$

Найти:

$$B = ?$$

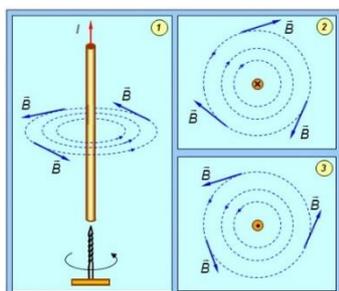


Рисунок 3.2

Решение:

Для нахождения магнитной индукции B в указанной точке нужно определить величины и направления векторов \vec{B}_1 и \vec{B}_2 полей, создаваемых каждым проводником с током в отдельности, и затем применить принцип суперпозиции, то есть, сложить их векторно.

Индукция магнитного поля, создаваемого прямым длинным проводником с током в точке, удаленной от него на расстояние r , направлена перпендикулярно радиусу-вектору, проведенному от проводника к точке A (по правилу правого винта – рисунки 3.2 и 3.3),

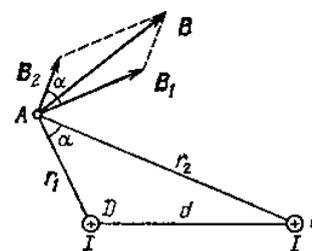


Рисунок 3.3

а по величине определяется формулой:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}.$$

На рисунке 3.2 индукция результирующего магнитного поля отображена диагональю параллелограмма, полученного при сложении:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2.$$

Модуль искомой индукции найдем, применив теорему косинуса:

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2 \cos \alpha},$$

где α угол между векторами \vec{B}_1 и \vec{B}_2 .

Косинус этого угла найдем по теореме косинуса для треугольника со сторонами r_1 , r_2 и d :

$$\cos \alpha = \frac{d^2 - r_1^2 - r_2^2}{2r_1r_2} = \frac{5^2 + 12^2 - 10^2}{2 \cdot 5 \cdot 12} = \frac{23}{40},$$

$$B_1 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 60}{2\pi \cdot 0.05} = 240 \text{ мкТл}; \quad B_2 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 60}{2\pi \cdot 0.12} = 100 \text{ мкТл};$$

$$B=308 \text{ мкТл.}$$

Ответ: $B=308 \text{ мкТл.}$

Основная задача по теме «Электромагнитная индукция» заключается в нахождении ЭДС индукции или индукционных токов. В этом случае вначале необходимо определить закон изменения полного магнитного потока, пронизывающего заданный контур, и затем применить закон Фарадея.

Пример 7.

Рассмотрим простейшую схему генератора переменного тока. В однородном магнитном поле равномерно с частотой $n=50$ оборотов в секунду вращается рамка, содержащая $N=1000$ витков прямоугольной формы, размеры которых $40 \text{ см} \times 30 \text{ см}$. Катушка вращается вокруг оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной к направлению магнитного поля (рисунок 3.4). Найти величину индукции B магнитного поля, если действующее значение ЭДС индукции равно 220 В .

Дано:

$$N=1000;$$

$$a \times b = 0,40 \text{ м} \times 0,30 \text{ м};$$

$$\nu = 50 \text{ с}^{-1};$$

$$U = 220 \text{ В}.$$

Найти:

$$B = ?$$

Решение:

В нашем случае проводящий контур вращается в постоянном магнитном поле, так что изменение магнитного потока есть результат изменения ориентации плоскости рамки относительно направления вектора \vec{B} магнитной индукции. В случае однородного магнитного поля и плоского

контура магнитный поток через один из витков равен:

$$\Phi_1 = BS \cos \alpha = Bab \cos 2\pi n t,$$

где учтено, что угол α меняется вследствие равномерного вращения по закону $\alpha = \omega t = 2\pi n t$.

Полный магнитный поток сквозь все витки катушки (потокосцепление) равен:

$$\Psi = N B a b \cdot \cos 2\pi n t.$$

Применив закон Фарадея, получим для мгновенных значений ЭДС индукции:

$$\mathcal{E}_i = - \frac{d\Psi}{dt} = 2\pi n N B a b \cdot \sin 2\pi n t.$$

Откуда находим амплитудное значение индуцированного напряжения:

$$U_{max} = \mathcal{E}_{i max} = 2\pi n N B a b.$$

Действующее значение для напряжения, изменяющегося по закону синуса или косинуса, в $\sqrt{2}$ меньше. Окончательно:

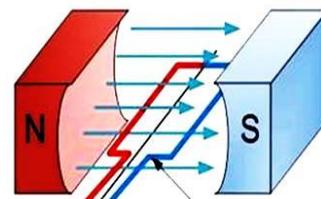


Рисунок 3.4

$$B = \frac{2U_{max}}{\nu N B a b} = \frac{2 \cdot 220\sqrt{2}}{50 \cdot 1000 \cdot 0.4 \cdot 0.3} = 0,1033 \text{ Тл.}$$

Ответ: $B = 0,1033 \text{ Тл.}$

В некоторых задачах проводящий контур указать невозможно. Ниже рассмотрен пример решения такой задачи.

Пример 8.

Тонкий металлический стержень длины ℓ вращается с частотой ν в однородном магнитном поле индукцией B вокруг оси, перпендикулярной к стержню и проходящей через один из его концов. Определить разность потенциалов U , возникающую между концами стержня.

Дано:

ℓ, ν, B

Решение:

Найти:

$U = ?$

Поскольку величина U определяется как работа сил электрического поля по перемещению единичного заряда, то необходимо сначала уяснить, как в заданной физической ситуации возникает электрическое поле и затем определить его напряженность E .

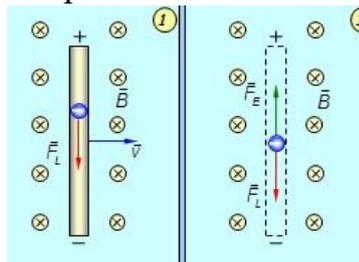


Рисунок 3.5

Из-за вращения стержня в магнитном поле на свободные электроны в стержне действует сила Лоренца, которая зависит от скорости их движения. На рисунке 3.5 стержень вращается по часовой стрелке вокруг оси, проходящей через его нижний конец; вектор магнитной индукции B направлен перпендикулярно плоскости рисунка «от нас» (отмечено крестиками). Магнитная сила, действующая

на электрон, находящийся на расстоянии r от оси, направлена к нижнему концу и равна:

$$F_L = qvB \sin \alpha = q2\pi\nu rB.$$

Под действием силы Лоренца электроны станут перемещаться в стержне, при этом произойдет перераспределение заряда и возникнет электрическое поле, которое действует на электроны силой F_e , направленной противоположно силе F_L . Равновесное распределение заряда установится при равенстве этих сил $F_L = F_e$, при этом напряженность электрического поля в стержне:

$$E(r) = 2\pi\nu rB.$$

$$U = \int_0^{\ell} E_r dr = \int_0^{\ell} 2\pi\nu B r dr = \pi\nu B \ell^2.$$

Таким образом, искомая разность потенциалов равна: $U = \pi\nu B \ell^2$.

Ответ: $U = \pi\nu B \ell^2$.

Приложение В

В.1 В однородное электростатическое поле напряженности E влетает протон, движущийся со скоростью v . Опишите характер движения протона и нарисуйте траектории в случаях, когда направление его скорости: а) совпадает с направлением вектора напряженности; б) противоположно направлению вектора напряженности; в) перпендикулярно направлению вектора напряженности поля.

В.2 Известно, что поле в заряженном плоском конденсаторе однородно. Пусть напряженность его E , а заряд на обкладках конденсатора q . Равна ли произведению qE сила, действующая на каждую из пластин конденсатора? Дайте ответ и докажете справедливость своего утверждения.

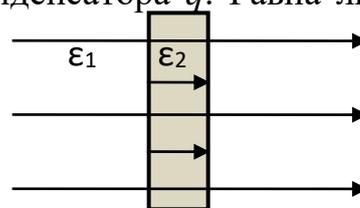


Рисунок В.1

В.3 В однородное электростатическое поле помещена плоская пластинка из диэлектрика, в результате чего поле изменилось, как показано на рисунке В.1. Исходя из свойств векторов электрического смещения \vec{D} и напряженности \vec{E} , определите: а) линии какого из векторов показаны на рисунке; б) какая из диэлектрических проницаемостей больше – вещества пластины ϵ_2 или окружающей среды ϵ_1 ?

В.4 Заряженная металлическая пластинка находится в электрическом поле, показанном на рисунке В.2. Заряд пластинки равен q . Слева от пластинки напряженность поля равна E_1 , справа – E_2 . Правильно ли предположение, что сила, действующая на пластинку, равна $F = q(E_2 - E_1)$?

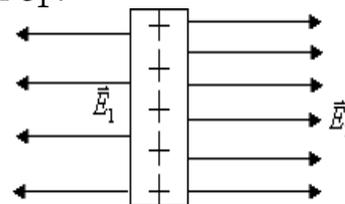


Рисунок В.2

В.5 Два плоских конденсатора, один с воздушным зазором, а в другом зазор заполнен диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon=2$, имеют одинаковые геометрические размеры, соединены параллельно и заряжены до некоторой разности потенциалов. Определить: а) в каком из конденсаторов большая напряженность E , а в каком – смещение D ; б) в каком конденсаторе больше плотность энергии электрического поля; в) на обкладках какого из конденсаторов больше поверхностная плотность зарядов σ .

В.6 Можно ли прочесть формулу $C=q/\varphi$ так: емкость проводника прямо пропорциональна величине его заряда и обратно пропорциональна его потенциалу; а формулу $R=\Delta\varphi/I$ так: сопротивление проводника прямо пропорционально разности потенциалов и обратно пропорционально проходящему току? Ответ поясните.

В.7 Ток течет по проводнику переменного сечения. Используя законы постоянного тока, определите, одинакова ли напряженность поля E в узком (площадью S_1) и широком (S_2) сечениях? На основании полученного результата определите соотношение между скоростями дрейфа (упорядоченного движения) $\langle u_1 \rangle$ и $\langle u_2 \rangle$ электронов в этих сечениях.

В.8 Имеется ли вблизи поверхности проводника, по которому течет постоянный ток, электрическое поле? Каковы свойства этого поля? Что общего и каковы различия в свойствах этого поля по сравнению с электростатическим полем?

В.9 Что такое короткое замыкание? Как изменится сила тока короткого замыкания $I_{кз}$, если два одинаковых источника тока пересоединить из параллельного соединения в последовательное?

В.10 В каком случае два последовательно соединенных гальванических элемента, замкнутые на внешнее сопротивление, дадут меньший ток, чем один из этих элементов, включенный на то же сопротивление?

В.11 Согласно формуле $P = \frac{U^2}{R}$, мощность, рассеиваемая резистором при протекании тока, должна уменьшаться с ростом сопротивления, а формула $P = I^2R$ подразумевает обратное. Нет ли здесь противоречия? Объясните.

В.12 Почему нить электролампы сильно нагревается, а подводящие провода остаются холодными?

В.13 Для передачи электроэнергии на большие расстояния используются очень высокие напряжения. Объяснить, почему высокие напряжения позволяют уменьшить потери в линиях передачи.

В.14 Превышает ли полезная мощность, расходуемая при зарядке аккумулятора, мощность, затрачиваемую на тепловыделение?

В.15 Электромотор постоянного тока подключили к напряжению U . Сопротивление обмотки якоря R . При каком значении тока через обмотку полезная мощность будет максимальной? Чему она равна? Каков при этом К.П.Д. мотора?

В.16 Пространство между двумя электродами, представляющими собой концентрические сферы радиусов R_1 и R_2 , заполнено однородной проводящей средой с удельным сопротивлением ρ . На электроды подана разность потенциалов U . Начертите на рисунке линии тока в среде между электродами. Чему равно сопротивление среды между электродами? Какова сила тока? Получите выражение для плотности тока в среде как функции расстояния r от центра сфер.

В.17 Две лампы, рассчитанные на одинаковое напряжение, но потребляющие различные мощности, включены в сеть последовательно. Какая из них будет гореть ярче? Почему?

В.18 Конденсатор емкостью C , заряженный до разности потенциалов U_0 , разряжается через сопротивление R . Ток разряда постепенно спадает, согласно графику зависимости $I(t)$, причем по оси абсцисс отложено время, а по оси ординат $\ln I$. Этому процессу соответствует прямая 1 (рисунок В.3). Затем один из параметров (U_0 , R , C) изменяют так, что новая зависимость имеет вид 2. Какой из параметров и в какую сторону изменен?

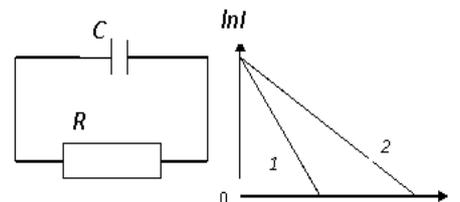


Рисунок В.3

В.19 Заряженный до напряжения U_0 конденсатор емкостью C разряжается через сопротивление R . Зависимость логарифма силы тока разряда от времени имеет вид для двух разрядов – на рисунке В.4. Условия опыта отличаются лишь одним из параметров: U_0 , C и R . Определить, каким параметром отличаются друг от друга оба разряда и в каком случае этот параметр больше.

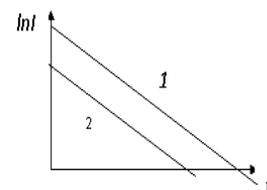


Рисунок В.4

В.20 Сравните работу электрических сил и количество теплоты, выделяемое в течение 1 секунды, в следующих случаях: а) в резисторе, по которому течет ток I при разности потенциалов на концах проводника U ; б) в аккумуляторе, который заряжается током I , при разности потенциалов на его зажимах U ; в) в батарее аккумуляторов, дающей ток I на внешнее сопротивление, при той же разности потенциалов U на зажимах батареи.

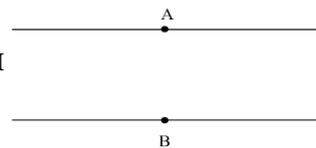


Рисунок В.5

В.21 На двухпроводной линии постоянного тока (рисунок В.5) взяты произвольно две точки А и В, по одной на каждом из проводов. Как при помощи вольтметра и магнитной стрелки определить, с какой стороны находится источник напряжения?

В.22 Зависит ли индуктивность тороидальной катушки с железным сердечником: а) от силы тока в обмотке; б) от температуры сердечника?

В.23 Через две одинаковые катушки индуктивности текут токи, спадающие со временем по линейному закону, показанному на рисунке В.6. В какой из катушек возникающая ЭДС самоиндукции больше? Изменяется ли значение или знаки ЭДС самоиндукции, когда токи, пройдя через нуль, начнут возрастать в противоположном направлении, сохраняя тот же линейный закон?

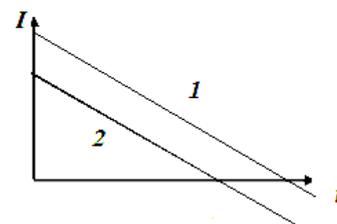


Рисунок В.6

В.24 Как изменится взаимная индуктивность двух проводящих контуров, имеющих форму концентрических колец, лежащих в одной плоскости, если малое кольцо: а) растянуть (увеличить его радиус); б) повернуть на некоторый угол относительно оси, лежащей в плоскости большого кольца; в) сместить поступательно перпендикулярно плоскости большого кольца (рисунок В.7)?

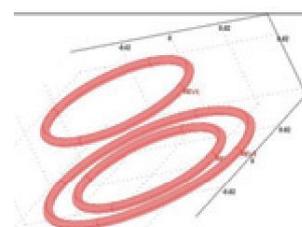


Рисунок В.7

В.25 Ток в обмотке тороидальной катушки с железным сердечником удвоили. Верно ли, что при этом: а) индукция магнитного поля внутри соленоида удвоилась; б) энергия магнитного поля, заключенная в соленоиде, увеличилась вчетверо; в) индуктивность соленоида не изменилась?

В.26 Заряженная частица движется в однородном магнитном поле по окружности. Определите траекторию частицы после того, как в дополнение к магнитному полю включается однородное электрическое поле, направленное в ту же сторону.

В.27 Постройте график изменения индукционного тока при размыкании цепи, в которой имеется соленоид. Какой физический смысл имеет площадь фигуры, ограниченной графиком и осью времени? Покажите изменение какой магнитной величины можно определить по графику?

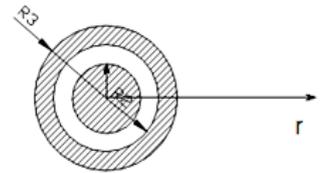


Рисунок В.8

В.28 Металлическому шару радиусом R_1 сообщили заряд $+q_1$, а металлическому слою, имеющему общий центр с шаром, заряд $+q_2$. Внутренний радиус слоя R_2 , внешний R_3 (рисунок В.8). Как будет меняться напряженность поля в зависимости от расстояния r от центра системы? Построить график зависимости $E(r)$.

В.29 В схеме, изображенной на рисунке В.9, в момент времени $t=0$ замыкают ключ К. Постройте графики зависимости силы тока I в цепи и напряжения U на вольтметре от времени t (активным сопротивлением катушки пренебречь, вольтметр считать идеальным).

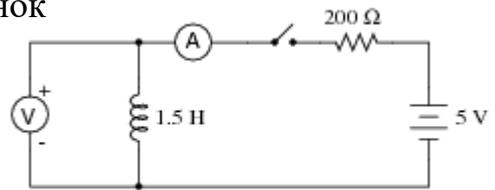


Рисунок В.9

В.30 При демонстрации опыта по возникновению ЭДС самоиндукции при размыкании цепи используют следующую схему (рисунок В.10).

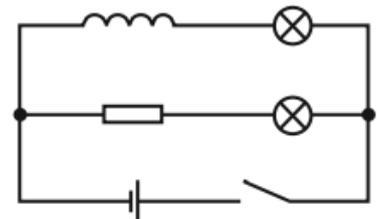


Рисунок В.10

Каким должно быть соотношение между активным сопротивлением катушки и сопротивлением лампочки накаливания и какой должна быть индуктивность L , чтобы эксперимент был убедительным? Постройте качественно графики зависимости $I(t)$ в цепи для различных параметров цепи.

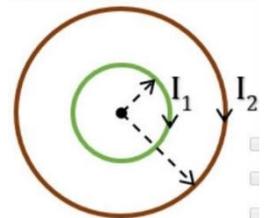


Рисунок В.11

В.31 Для двух concentric проводящих контуров (рисунок В.11) сравнить индуктивности L_1 и L_2 каждого контура с их взаимной индуктивностью L_{12} .

В.32 Вблизи полюса электромагнита висит проводящее кольцо. Магнитный поток, пронизывающий кольцо, изменяется согласно графику, приведённому на рисунке В.12 справа. В какие интервалы времени кольцо притягивается к электромагниту.

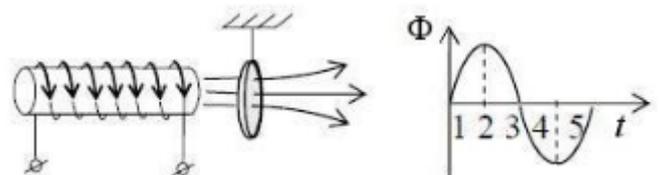


Рисунок В.12

Список литературы

- 1 Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. – М.: Высшая школа, 2006.
- 2 Иродов И.Е. Задачи по общей физике. – М., 2001.
- 3 Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. – СПб.: Книжный мир, 2003.
- 4 Савельев И.В. Курс общей физики в 4 т.: Учебное пособие для вузов. – Т.1 – Механика. Молекулярная физика и термодинамика / И.В. Савельев; под ред. В.И. Савельева. – 2-е изд. стереотип. – М.: КноРус, 2012. – 528 с.
- 5 Савельев И.В. Курс общей физики в 4 т. – Т. 2. – Электричество и магнетизм. Волны. Оптика.– М.: КНОРУС, 2012. – 576 с.
6. Никеров, В.А. Физика: учебник и практикум для вузов/ В.А. Никеров. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 415 с. — ISBN 978-5-9916-4820-2. — Текст: электронный// Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/469151>

Содержание

Введение	3
Общие требования к оформлению расчетно-графических работ	3
1 РГР 1. «Физические основы механики»	4
1.1 Варианты заданий РГР 1	4
1.2 Методические указания к решению задач и примеры их выполнения	5
Приложение А	10
2 РГР 2. «Статистическая физика и термодинамика»	14
2.1 Варианты заданий РГР 2	14
2.2 Методические указания к решению задач и примеры их выполнения	15
Приложение Б	16
3 РГР 3. «Электродинамика»	19
3.1 Варианты заданий РГР 3	19
3.2 Методические указания к решению задач и примеры их выполнения	20
Приложение В	25
Список литературы	29

Саламатина Алевтина Магаметжановна

Физика 1

Методические указания к выполнению расчетно-графических работ
для студентов образовательной программы
6B07101 – Электроэнергетика

Редактор:
Специалист по стандартизации:

Жанабаева Е.Б.
Ануарбек Ж.А.

Подписано в печать _____

Тираж 50 экз.

Объем 2,0 уч.-изд. л.

Формат 60×84 1/16

Бумага типографская № 1

Заказ. Цена 1000 тенге

Копировально-множительное бюро
Некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013, г. Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1