



**Некоммерческое
акционерное
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И
СВЯЗИ**

**Кафедра технической
физики**

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

Методические указания по выполнению
расчетно-графических работ для студентов специальности
5В071800 - Электроэнергетика

Алматы 2017

СОСТАВИТЕЛИ: Саламатина А.М., Абдалиева Н.Т. Электромагнитные волны. Методические указания по выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 5В071800 - Электроэнергетика. – Алматы: АУЭС, 2017. – 22 с.

Методические указания включают расчетно-графические задания (РГР), методические рекомендации и требования к оформлению и содержанию РГР, список необходимой литературы.

Ил. 11, табл. – 8, библиограф. – 7.

Рецензент: канд. физ.-мат. наук, доц. Р. Е. Ким

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи» на 2016 год.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2017 г.

Введение

Основные цели изучения элективного курса «Электромагнитные волны» заключаются в расширении и углублении знаний основных понятий и законов электродинамики, теории колебаний и волн, умений и навыков их применения к решению задач.

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.

1 Рекомендации к освоению дисциплин «Электромагнитные волны»

Решение задач при изучении курса физики в техническом вузе имеет исключительно большое значение для будущих специалистов. Оно учит анализировать изучаемые явления, выделять главные факторы, отвлекаясь от случайных и несущественных деталей, учит моделировать реальные физические и физико-технические процессы. Задачи развивают навык в использовании общих законов материального мира для решения конкретных вопросов, имеющих практическое или познавательное значение.

Невозможно научиться решать задачи по физике, не зная и не понимая теории. Поэтому при выполнении расчетно-графической работы необходима самостоятельная проработка теоретического материала по темам задания и усвоение основных понятий, законов, теорем и принципов.

Процесс решения поставленной физической задачи состоит, как правило, из трех основных этапов. На первом, физическом, этапе проводится анализ условия задачи, выполняется рисунок, схема или векторная диаграмма для ее наглядной интерпретации; затем, на основании тех или иных законов, составляется система уравнений, в число неизвестных которой входят и искомые величины.

На втором, математическом, этапе находят решение системы уравнений, т.е. получают решение задачи сначала в общем виде, а затем, произведя вычисления, числовой ответ задачи.

После того как получено общее решение, необходимо провести его анализ. На этом, третьем, этапе выясняют, как и от каких физических величин зависит найденная величина, в каких условиях эта зависимость проявляется. При анализе числового ответа проверяют размерность полученной величины и оценивают правдоподобность полученного ответа, то есть соответствие числового ответа физически возможным значениям искомой величины.

2 Общие требования к выполнению и оформлению расчетно-графических (контрольных) работ

Каждую расчетно-графическую работу следует выполнять в отдельной школьной тетради, на обложке 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:

НАО АУЭС

Кафедра физики

Электромагнитные волны.

РГР №__ Тема «_____»

Вариант №__

Выполнил студент __ (Ф.И.О, группа)

Сдана на проверку __ (дата).

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

Условие каждой задачи переписывают полностью, без сокращений. Затем его записывают 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, производят вычисления, руководствуясь при этом правилами приближенных вычислений.

Работу выполняют шариковой (или иной) ручкой, рисунки - при помощи карандаша и линейки.

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

2.1 Примеры решения и оформления задач

Пример 1. Электрическое поле создано длинным цилиндром радиусом $R=1$ см, равномерно заряженным с линейной плотностью $\tau=20$ нКл/м. Определите разность потенциалов двух точек этого поля, находящихся на расстоянии $a_1 = 0,5$ см и $a_2 = 2$ см от поверхности цилиндра, в средней его части.

Дано:

$R=1$ см

$\tau=20$ нКл/м

$a_1 = 0,5$ см

$a_2 = 2$ см

$(\varphi_1 - \varphi_2) - ?$

Решение.

Для определения разности потенциалов воспользуемся соотношением между напряженностью поля и изменением потенциала $\vec{E} = -\overrightarrow{grad}\varphi$.

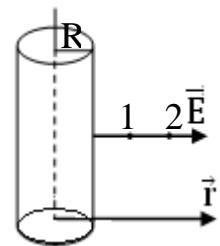


Рисунок 1

Для поля с осевой симметрией, каким является поле цилиндра, это соотношение можно записать в виде $E = -\frac{d\varphi}{dr}$ или $d\varphi = -E dr$.

Интегрируя это выражение, можно найти разность потенциалов двух точек, отстоящих на расстояниях r_1 и r_2 от оси цилиндра:

$$\varphi_2 - \varphi_1 = -\int_{r_1}^{r_2} E dr. \quad (1.1)$$

Так как цилиндр длинный и точки взяты вблизи его средней части, то для выражения напряженности поля можно воспользоваться формулой напряженности поля, создаваемого бесконечно длинным цилиндром:

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 r}.$$

Подставив выражение E в (1), получим:

$$\varphi_2 - \varphi_1 = -\frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = -\frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1},$$

или

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1}, \quad (1.2)$$

где $r_2 = R + a_2$; $r_1 = R + a_1$; а также электрическая постоянная $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \frac{\Phi}{\text{м}}$.

Произведем вычисления, учитывая, что величины r_1 и r_2 , входящие в формулу (2) в виде отношения, можно выразить в сантиметрах:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{2 \cdot 10^{-8} \cdot 4\pi \cdot 9 \cdot 10^9}{2\pi} \ln \frac{3 \cdot 10^{-2}}{1,5 \cdot 10^{-2}} = 250 \text{ В.}$$

Ответ: $\varphi_1 - \varphi_2 = 250 \text{ В.}$

Пример 2. 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

$U = ?$

Решение.

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 . Для этого рассмотрим свободные электроны в металлическом стержне. Из-за вращения стержня в магнитном поле на свободные электроны действует сила Лоренца, которая зависит от скорости их движения. На рисунке 2 стержень вращается против часовой стрелки вокруг оси, проходящей через его левый конец (точка O), вектор магнитной индукции B направлен перпендикулярно плоскости рисунка «от нас» (отмечено крестиками). Магнитная сила, действующая на электрон, находящийся на расстоянии r от точки O , равна:

$$F_{\text{л}} = qvB \sin \alpha; \quad (1.3)$$

где скорость v электрона, обусловленная его движением вместе со стержнем, равна:

$$v = \omega r = 2\pi\nu r. \quad (1.4)$$

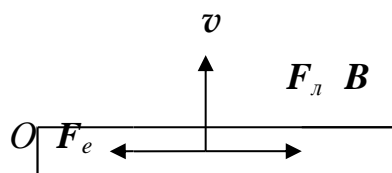


Рисунок 2

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_m . Равновесное распределение заряда установится при равенстве этих сил $F_m = F_e$, при этом напряженность электрического поля в стержне зависит от расстояния r до точки O :

$$E = vB = 2\pi vrB. \quad (1.5)$$

Разность потенциалов между концами стержня определим, используя соотношение:

$$U = \int_1^2 E dr = \int_0^\ell 2\pi vrB dr = \pi v B \ell^2. \quad (1.6)$$

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

Ответ: $U = \pi v B \ell^2$.

2.2 Задание к РГР № 1. Электростатическое поле в вакууме и в веществе. Постоянный электрический ток

Цель: усвоение основных законов электростатики и постоянного тока, овладение методами их применения к решению обобщенных типовых задач.

Таблица 1 – Варианты заданий к РГР № 1

Уровень	Вариант	Чертов А.Г., Воробьев А.А. «Задачник по физике».- М.,1981. – 640 с.	Физика. Задания к практическим занятиям. /Под ред. Ж.П. Лагутиной/- М., 1989.	И.Е. Иродов «Задачи по общей физике», -М., 1988.	Приложение А
А	1	15-15; 15-36; 15-53; 18-2; 19-14			1
	2	14-3; 15-16; 15-38; 17-4; 19-29			2
	3	14-4; 15-14; 15-47; 18-4; 19-12			3
	4	14-5; 15-23; 15-56;19-17(a); 19-26			4
	5	15-44; 15-63; 18-14; 19-29; 19-17(б)			5
	6	15-62; 15-27; 19-18; 19.25	12.1(a);		6
	7	14-3;15-48; 15-58; 18-07; 19-27			7
	8	15-16; 15-37; 15-55	12.1(б); 15.12		8
	9	15-26; 15-45; 19-16	11.25; 15.14		9
	10	14-7; 15-63; 17-10	14.15; 15.34		10
В	11	14-1; 15-19(б),-64	14.27; 15.23		11
	12	14-6; 15-19(a); 15-65	13.35; 15.22		12
	13	14-12; 15-17; 15-66	15.14; 15.36		13
	14	14-9; 15-67; 19-16	12.4; 14.28		14
	15	15-22(1); 15-50	11.39; 14.13; 15.35		15
	16	15-43; 15-59; 19-28	14.14; 12.1		16
	17	15-14; 15-54	12.14; 14.12; 15.14		17
	18	15-64; 18-7	11.42; 13.45; 15.23		18
	19	15-65	12.2(a); 13.50; 14.19; 15.22		19
	20	15-49; 18-07	11.45; 13.47; 15.23		20
21	15-22(1); 18-10	14.3; 13.21; 15.20		21	
22	14-17; 15-50	13.35; 14.24; 15.37		22	
23	14-23; 15-19(2)	14.3; 15.36; 13.29		23	
24	15-50; 18-14	12.4; 15.17; 13.34		24	
С	25	14-23; 17-10	14.26; 15.2; 13.40		25
	26	14-22; 17-23	14.19; 15.34; 13.36		26
	27	13-20;15-19(2);17-18	13.33; 15.36		27
	28		14.29; 13-38	3.32; 3.133; 3.174	28
	29		15.17; 13.40	3.35; 3.132; 3.180	29
	30		14.13; 15.35	3.33; 3.140; 3.175	30

Приложение А

А.1 Напряженность электростатического поля задана уравнением: $\vec{E} = a\vec{i} + b\vec{j} + c\vec{k}$, где a , b и c – константы, а \vec{i} , \vec{j} , \vec{k} – единичные вектора (орты). Укажите, является ли это поле однородным? Чему равен модуль вектора напряженности $|E|$ поля в точке с координатами x , y , z ?

А.2 Определить работу A_{12} силы электрического поля, создаваемого точечным зарядом q , над зарядом q_0 при перемещении заряда q_0 из точки 1 с радиус-вектором r_1 в точку 2 с радиус-вектором r_2 по траекториям, изображенным на рисунке А.1 а - в. Воспользоваться общей формулой для

вычисления работы $A_{12} = \int_1^2 \vec{F} d\vec{r}$.

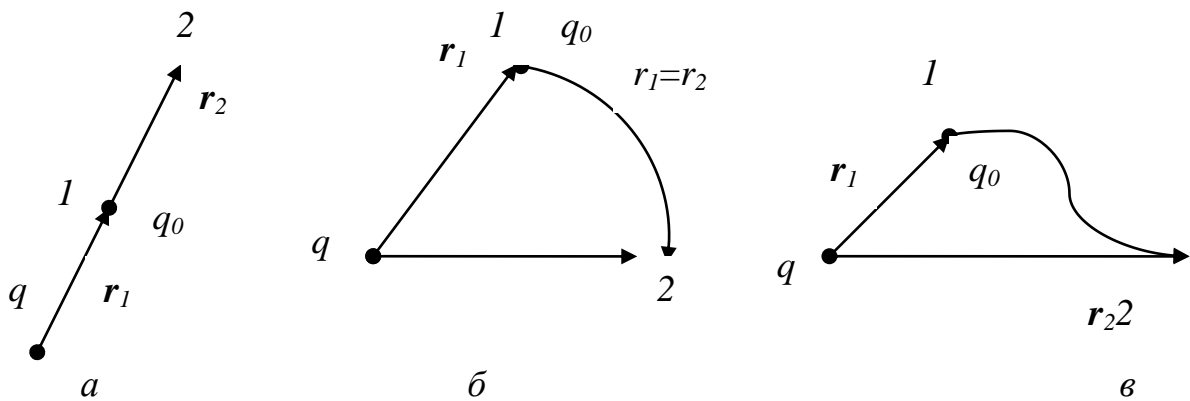


Рисунок А.1

А.3 Если число линий электрического поля, выходящих из гауссовской поверхности, больше, чем линий, входящих в нее, что можно говорить о зарядах, заключенных в той поверхности?

А.4 Что случится, если заряженный диэлектрик поместить близко к незаряженному металлическому объекту?

А.5 Две одинаковых проводящих заряженных сферы находятся в воде на расстоянии 1.5 м друг от друга. Диэлектрическая проницаемость воды - приблизительно 80. Найти заряд каждой сферы, если сила взаимодействия между ними 2 Н.

А.6 Ядро гелия несет заряд $+2e$ и неоновое ядро несет заряд $+10e$, где e - квант заряда, $1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Найти отталкивающую силу зарядов, если расстояние между ними 3 нм. Система находится в вакууме.

А.7 В боровской модели атома водорода, электрон вращается вокруг протона на орбите радиусом $5.3 \cdot 10^{-11}$ м. Сила притяжения между протоном и электроном равна центростремительной силе, которая поддерживает электрон в орбите. Найти скорость электрона.

А.8 Модуль электрической силы между двумя протонами $2.3 \cdot 10^{-26}$ Н. Как далеко они расположены?

А.9 Электрон и протон атома водорода находятся (в среднем) приблизительно на расстоянии $5.3 \cdot 10^{-11}$ м. Найти модуль электрической силы и гравитационной силы между двумя частицами.

А.10 Если подвешенный объект А притягивается к заряженному объекту В, можно ли сказать, что объект А заряжен? Объясните.

А.11 Заряженная расческа часто притягивает маленькие куски сухой бумаги, они падают при касании руками расческу. Объясните, почему это происходит.

А.12 Потенциал электрического поля имеет вид $\varphi = -y(2x+3z)$, где x, y, z -координаты. Найти вектора электрического поля \vec{E} и его модуль E .

А.13 Маленький шарик имеет массу $5 \cdot 10^{-3}$ кг и несет заряд 4 мкКл. Какое поле нужно приложить в вертикальном направлении, чтобы в однородном электростатическом поле шарик оказался взвешенным в воздухе?

А.14 Электрон входит в область однородного электрического поля таким образом, как показано в рисунке А.2 с $v_0 = 3 \cdot 10^6$ м/с и $E = 200$ Н/Кл. Горизонтальная длина пластин $l_1 = 0.1$ м. Найдите ускорение, полученное электроном под действием электрического поля.

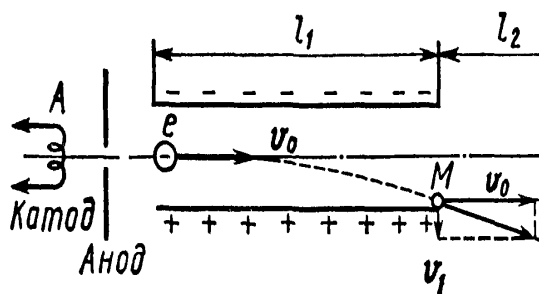


Рисунок А.2

А.15 Заряды $+2$ мкКл, $+5$ мкКл и -8 мкКл расположены по вершинам равностороннего треугольника со стороной 10 см. Рассчитать модуль силы, действующей на заряд -8 мкКл со стороны остальных зарядов.

А.16 В вершинах квадрата со стороной 40 см находятся четыре одинаковых заряда $+3$ мкКл каждый. Найти силу, действующую на любой заряд со стороны остальных зарядов.

А.17 В вершинах квадрата со стороной 40 см находятся четыре одинаковых заряда 3 мкКл каждый. Два противоположных заряда по диагонали положительные, остальные два, отрицательные. Найти силу, действующую на любой отрицательный заряд со стороны остальных зарядов.

А.18 Два заряда притягиваются друг другу силой F . Если заряд первой частицы в три раза уменьшается, а расстояние между частицами удваивается, как изменится модуль результирующей электрической силы взаимодействия зарядов?

А.19 Какие факторы влияют на сопротивление проводника?

А.20 Однородное электрическое поле существует в участке пространства, где не содержит заряда. Что можно говорить о потоке вектора

напряженности через гауссовскую поверхность, расположенную в этом участке пространстве?

A.21 Если суммарный заряд внутри замкнутой поверхности известен, но распределение заряда не указано, можно ли использовать закон Гаусса для нахождения электрического поля? Объясните.

A.22 Объясните, почему поток электрического поля сквозь замкнутую поверхность, которую заключает в себя заряд не зависит от размера и формы поверхности.

A.23 Рассмотрите две идентичные проводящие сферы, поверхности которых разделены кратким расстоянием. Одна сфера заключает в себя большой положительный заряд, другая – малый положительный заряд. Установлено, что сила взаимодействия между сферами притягивающая, так как оба заряда положительные. Объясните, почему такое притяжение возможно.

A.24 Рассмотрите электрическое поле, которое однородно распределено по направлению по определенному объему. Должно ли это поле быть однородным по модулю. Ответьте на этот вопрос: а) предполагая, что объем заполнен непроводящим материалом, несущим заряд, описываемым объемной плотностью заряда и б) предполагая, что объем – пустое пространство. Обосновать причины, чтобы доказать свои ответы.

A.25 Кольцо радиусом a несет заряд Q , который распределен по кольцу. Найти выражение для электрического поля в любой точке на оси кольца.

A.26 Как можно предотвратить гравитацию – причину Вашего падения в центр Земли сквозь пол?

A.27 Почему работники больницы должны одевать специальную проводящую обувь, когда работают с кислородом в операционных палатах? Что может случиться, если работник оденет обувь из резины?

A.28 Зимой Солнце в небе находится ниже, чем летом. (а) Как это изменение влияет на поток солнечного света, который поступает на данную площадь Земли? (б) Как это изменение влияет на погоду?

A.29 Ток течет в сплошной однородной среде с удельной проводимостью γ между двумя электродами: сферическим, радиуса R и бесконечной плоскостью. Используя метод электростатической аналогии, постройте линии тока в среде. Поясните, как определить плотность тока в любой точке среды и силу тока через произвольную поверхность между электродами. Считать $R \ll d$ – расстояние между электродами.

A.30 В боровской модели атома водорода, электрон вращается вокруг протона на орбите радиусом $5.3 \cdot 10^{-11}$ м. Сила притяжения между протоном и электроном равна центростремительной силе, которая поддерживает электрон в орбите. Найти скорость электрона.

2.3 Задание к РГР № 2. Магнитное поле в вакууме и в веществе. Электромагнитная индукция

Цель: усвоение основных понятий и законов электромагнетизма и овладение методами их применения к решению обобщенных типовых задач.

Таблица 2 – Варианты заданий к РГР № 2

Уровень	Вариант	Чертов А.Г., Воробьёв А.А. «Задачник по физике».- М.,1981. – 640 с.	Физика. Задания к практическим занятиям. /Под ред. Ж.П. Лагутиной./.-М., 1989.	И.Е. Иродов «Задачи по общей физике», -М., 1988.	Приложение Б
А	1	24-13; 25-8	18-27,18-14,18-32		1
	2	24-14(а); 25-30; 25-18	18-23;18-33		2
	3	24-14(б); 25-5	18-24,18-34,18-41		3
	4	24-15; 25-3, 25-7, 26-3	18-22		4
	5	24-16; 25-7, 25-17	18-23,18-33		5
	6	24-17; 25-8, 25-19	18-26,18-35		6
	7	24-16; 25-7,25-22	18-28,18-32		7
	8	24-17; 25-13,26-14	18-30,18-42		8
	9	24-15; 25-12,25-25	18-31, 18-43		9
В	10	24-21; 25-37, 26-2	18-9,18-46		10
	11	24-22; 25-14,26-10	18-37, 18-25		11
	12	24-23; 25-37, 26-12	18-4,18-31		12
	13	24-24; 25-10;25-38	18-40,18-24		13
	14	24-18; 25-16; 25-42	18-33,18-21		14
	15	24-19; 25-20; 25-43	18-39,18-22		15
	16	24-20; 25-22; 25-44	18-34,18-23		16
	17	24-18; 25-23; 25-45; 26-14	18-24		17
	18	24-19; 25-33; 25-16	18-28,18-35		18
	19	24-20; 25-15; 25-28	18-27,18-32		19
	20	24-21; 25-41;25-46; 26-13	18-6		20
	21	24-22; 25-18; 25-39	18-8; 18-40		21
	22	24-23; 25-20,25-41	18-35,18-26		22
	23	24-24; 25-11, 25-48, 26-3	18-30		23
24	25-46; 26-9	18-8, 18-22	3.294	24	
С	25	25-48, 25-45	18-39; 18-14	3.290	25
	26	24-20; 25-32; 26-11	18-21; 18-35		26
	27	24-23; 25-18; 25-15	18-23; 18-39		27
	28	25-44,26-14	18-19	3.291; 3.322	28
	29	24-22; 25-14,	18-35,18-26	3.293	29
	30	24-19; 25-20;	18-34,18-23	3.395	30

Приложение Б

Б.1 Объясните, почему два параллельных провода с током в противоположных направлениях отталкивают друг друга.

Б.2 Действителен ли закон Ампера для всех замкнутых контуров вокруг проводника?

Б.3 Постоянный магнит притягивает кусок железа. А кусок железа в свою очередь притягивает другого куска железа. Объясните на основе ориентированных доменов, что случится с каждым куском железа.

Б.4 Как может движение движущихся заряженных частиц быть использовано для того, чтобы различать магнитное поле от электрического поля? Приведите примеры, чтобы обосновать свои доказательства.

Б.5 Рассмотрите проводящую рамку, движущуюся через магнитное поле, создаваемого длинным тонким проводником. По проводнику течет ток (рисунок В.1). Рамка движется а) параллельно к проводнику; б) вращается вокруг проводника таким образом, что проводник остается на плоскости рамки на одинаковом расстоянии. Будет ли ЭДС индуцирована в обоих случаях?

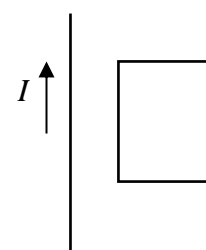


Рисунок В.1

Б.6 Сравните закон Ампера с законом Био-Савара, который из них лучше подходит для расчета \vec{B} проводника с током?

Б.7 Обмотка катушки диаметром 10 см состоит из плотно прилегающих друг к другу 25 витков тонкой проволоки. По катушке течет ток 4 А. Определите значение \vec{B} в его центре.

Б.8 Соленоид без сердечника, длиной 50 см имеет 4000 витков проволоки. Вычислите \vec{B} внутри него, если по обмотке идет сила тока 0.25 А.

Б.9 На тороид однородно намотано 750 витков. Радиус кольца, расположенного в центре его обмотки 5 см. При какой силе тока магнитная индукция в кольце будет равна 1.8 мТл?

Б.10 В магнитное поле, представленное суперпозицией полей \vec{B}_1 и \vec{B}_2 ($\vec{B}_1 \perp \vec{B}_2$), влетает электрон со скоростью $v \parallel \vec{B}_1$. Запишите выражение для вектора и модуля силы, действующей на электрон. Определите форму траектории электрона, изобразите ее на рисунке с указанием направления всех векторов.

Б.11 Две заряженные частицы движутся в одном направлении в магнитном поле со скоростью, перпендикулярной к направлению магнитного поля. Если частицы отклоняются в противоположном направлении, что можно сказать про них?

Б.12 Возможно ли поместить рамку с током в однородном магнитном поле таким образом, чтобы рамка не стремилась вращаться? Объясните.

Б.13 Два длинных параллельных провода, А и В, находятся на расстоянии 10 см друг от друга и по проводам текут токи 40 А и 20 А в

противоположных направлениях. Определить результирующее магнитное поле в точке, лежащей по середине между проводами.

Б.14 Прямоугольную рамку с движущимся контактом MN поместили в постоянное однородное магнитное поле (рисунок В.2). Контакт MN движется однородно. Какое поле существует в системе координат относительно контакту?

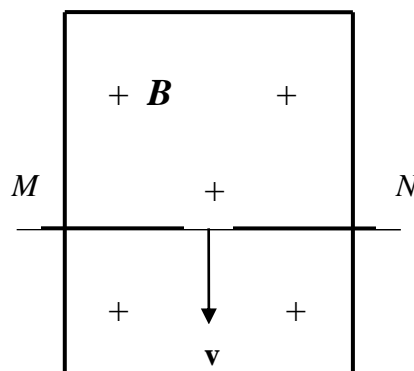
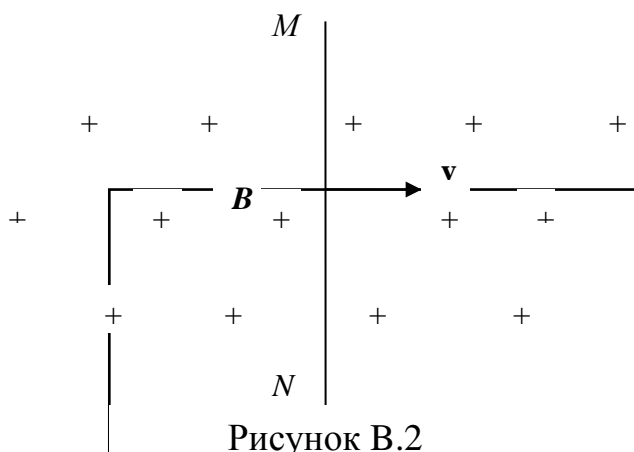


Рисунок В.3

Б.15 Два длинных параллельных провода, А и В, находятся на расстоянии 10 см друг от друга и по проводам текут токи 40 А и 20 А, соответственно, в одном направлении. Определить результирующее магнитное поле в точке, лежащей по середине между проводами.

Б.16 Объясните, почему невозможно определить заряд и массу заряженной частицы по отдельности, измеряя ускорение, которое производят электрическая и магнитная силы, действующие на частицу.

Б.17 Металлический стержень MN начал двигаться вдоль П-образной проводящей рамки в вертикальном направлении (рисунок В.3). Устройство поместили в однородное магнитное поле B . Найти его скорость и ускорение в начальном этапе движения. Предположим, что электрическое сопротивление рамки и поле индукционного тока незначительны.

Б.18 Два длинных параллельных провода, А и В, находятся на расстоянии 10 см друг от друга и по проводам текут токи 40 А и 20 А, соответственно, в противоположных направлениях. Определить результирующее магнитное поле в точке, отстоящей от провода А на расстоянии 8 см, от провода В – 18 см.

Б.19 Может ли постоянное магнитное поле привести в движение электрон, находящийся в состоянии покоя. Объясните свой ответ.

Б.20 Возможно ли поместить рамку с током в однородном магнитном поле таким образом, чтобы рамка не стремилась поворачиваться? Объясните.

Б.21 Как следует намотать катушку (соленоид), чтобы её индуктивность была очень мала?

Б.22 Что выражают третье и четвертое уравнения системы уравнений Максвелла? Симметричны ли они? Объясните почему.

Б.23 Магнитный поток через площадь проводящего кольца равномерно возрастает. Покажите, что напряженность вихревого электрического поля в кольце пропорциональна его радиусу.

Б.24 Покажите, что в однородной среде при отсутствии сторонних зарядов и токов однородное переменное магнитное поле порождает неоднородное электрическое поле.

Б.25 Покажите, что в однородной среде при отсутствии сторонних зарядов и токов однородное переменное электрическое поле порождает неоднородное магнитное поле.

Б.26 В пространстве создано однородное магнитное поле с индукцией \vec{B} . Укажите на рисунке направление силовых линий вихревого электрического поля \vec{E} в случаях: а) индукция магнитного поля растет со временем; б) индукция поля – убывает. Определите условие, при котором модуль электрического поля не будет зависеть от времени.

Б.27 Какую физическую величину Дж. К. Максвелл назвал током смещения, почему? Чему равна плотность тока смещения? Какое направление имеет вектор $\vec{j}_{см}$?

Б.28 Важный вывод, сделанный Дж. К. Максвеллом, можно сформулировать так: в природе все электрические токи замкнуты. Объясните, как это следует понимать?

Б.29 Что представляет собой электромагнитное поле? Дайте определение. Какие уравнения отражают физическую структуру электромагнитного поля?

Б.30 Может ли в какой-либо области пространства существовать электрическое поле с замкнутыми силовыми линиями? Если может, то при каких обстоятельствах?

2.4 Задания к РГР № 3. Колебания и волны. Волновые и корпускулярные свойства электромагнитного излучения

Цель: усвоение основных понятий и законов физики колебаний и волн, овладение методами их применения к решению типовых задач, связанных с расчетами параметров колебательных систем, волновых и корпускулярных характеристик электромагнитного излучения.

Т а б л и ц а 3 - Варианты заданий к РГР № 3

Уровень	Вариант	А.Г. Чертов, А.А. Воробьев «Задачник по физике». - М., 2006./*1985	Физика. Задания к практическим занятиям/ под ред. Ж.П. Лагутиной.-Минск «ВШ», 1989	И.Е. Иродов «Задачи по общей физике» - М., 2001	Приложение В
А	1	*27-1; 30-1;	19.13;		1, 27, 41
	2	*27-2; 30-2;	19.15;		2, 28, 42
	3	*27-4; 30-3;	19.13;		3, 29, 43
	4	*27-5; 30-4;	19.15;		4, 30, 44
	5	*27-6; 30-5;	19.13;		5, 31, 45
	6	*27-7; 30-6;	19.15;		6, 32, 46
	7	*27-8; 30-7;	19.13;		7, 33, 47
	8	*27-9; 30-8;	19.15;		8, 34, 48
	9	6-22; 30-9;	19.13;		9, 35, 49
	10	6-23; 30-10;	19.15;		10, 36, 50
В	11	6-24(1);30-15(1);	19.14;		11, 27, 51
	12	6-24(2); 30-15(2);	19.16;		12, 28, 52
	13	6-24(3); 30-15(3);	19.18;		13, 29, 53
	14	6-24(4); 30-15(4);	19.21;		14, 30, 54
	15	6-24(5); 30-16;	19.16;		15, 31, 55
	16	6-24(6); 30-17;	19.21;		16, 32, 56
	17	6-24(7); 30-21;		3.134;	17, 33, 57
	18	6-24(8); 31-10;		3.130;	18, 34, 58
	19	6-25; 31-11;		3.131;	19, 35, 59
	20	6-27; 31-12;		3.135;	20, 36, 60
	21	6-28; 31-13;		3.139; 3.143;	21, 61
	22	6-29(4); 31-14;		3.137; 3.144;	22, 62
	23	6-29(1); 31-15;		3.132; 3.145;	23, 63
	24	6-29(2); 31-16;		3.131; 3.146;	24, 64
	25	6-29(3); 31-17;		3.134; 3.150;	25, 65
	26	6-29(4); 31-18;		3.241(б); 3.149 (а);	26, 66
	27	6-30; 31-19;		3.137; 3.165; 3.241(а);	37
С	28			3.113; 3.140; 3.162; 3.235; 5.22;	38
	29			3.112; 3.142; 3.151; 3.234; 5.35;	39
	30			3.114; 3.140; 3.157; 3.245; 5.34;	40

Приложение В

В.1÷В.10 Изобразить на векторной диаграмме колебания а) $x=A_1\cos(\omega t+\varphi_1)$, б) $x=A_2\cos(\omega t+\varphi_2)$ в моменты времени $t_1=0$ и t_2 . Константа $A>0$. Взять соответствующие числовые значения в таблице В.1:

Таблица В.1

№	A_1 , см	A_2 , см	φ_1	φ_2	t_2
1	3,0	5,0	$\pi/6$	$2\pi/3$	$\pi/(\omega)$
2	3,0	4,5	$\pi/4$	$-\pi/6$	$\pi/(2\omega)$
3	3,0	6,0	$\pi/6$	$2\pi/3$	$\pi/(3\omega)$
4	4,0	3,0	$-\pi/6$	$\pi/3$	$\pi/(\omega)$
5	4,0	6,0	$-\pi/3$	$2\pi/3$	$\pi/(2\omega)$
6	4,0	6,0	$-\pi/3$	$3\pi/4$	$\pi/(4\omega)$
7	6,0	3,0	$\pi/6$	$3\pi/4$	$\pi/(\omega)$
8	6,0	4,0	$-\pi/4$	$\pi/6$	$\pi/(2\omega)$
9	6,0	5,0	$\pi/4$	$-\pi/3$	$2\pi/(3\omega)$
10	8,0	4,0	$\pi/3$	$-\pi/4$	$\pi/(\omega)$

В.11÷В.20 Изобразить на векторной диаграмме в момент времени $t=0$ смещение тела, колеблющегося по закону $x=A\cos(\omega t+\varphi_0)$, его скорость \dot{x} и ускорение \ddot{x} . Взять соответствующие числовые значения в таблице В.2:

Таблица В.2

№	В.11	В.12	В.13	В.14	В.15	В.16	В.17	В.18	В.19	В.20
A , см	5,0	6,0	7,0	4,0	8,0	9,0	3,0	4,0	5,0	6,0
φ_0	$\pi/4$	$\pi/6$	$\pi/3$	$2\pi/3$	$3\pi/4$	$-\pi/3$	$-\pi/4$	$-\pi/6$	$-2\pi/3$	$-3\pi/4$

В.21 Контур состоит из конденсатора емкости $C=4$ мкФ и катушки с индуктивностью $L=2$ мГн и активным сопротивлением $R=10$ Ом. Найти отношение энергии магнитного поля катушки к энергии электрического поля конденсатора в моменты максимума тока. Чему в эти моменты времени равна ЭДС самоиндукции в катушке?

В.22 Контур состоит из конденсатора емкости $C=4$ мкФ и катушки с индуктивностью $L=2$ мГн и резистора сопротивлением $R=10$ Ом. Найти отношение энергии магнитного поля катушки к энергии электрического поля конденсатора в моменты максимума тока. Каково соотношение в эти моменты времени между напряжением на катушке и разностью потенциалов между обкладками конденсатора?

В.23 Контур состоит из конденсатора емкости $C=2$ мкФ и катушки с индуктивностью $L=3$ мГн и активным сопротивлением $R=5$ Ом. Каково значение мощности, выделяемой в активном сопротивлении в моменты максимума напряжения на конденсаторе? Найти отношение энергии

магнитного поля катушки к энергии электрического поля конденсатора в указанные моменты времени.

В.24 Контур состоит из конденсатора емкости $C=3$ мкФ и катушки с индуктивностью $L=1$ мГн и активным сопротивлением $R=8$ Ом. Каково значение мощности, выделяемой в активном сопротивлении в моменты максимума напряжения на конденсаторе? Найти отношение энергии магнитного поля катушки к энергии электрического поля конденсатора в указанные моменты времени.

В.25 Контур состоит из конденсатора емкости $C=5$ мкФ и катушки с индуктивностью $L=2$ мГн и активным сопротивлением $R=5$ Ом. Найти отношение энергии магнитного поля катушки к энергии электрического поля конденсатора в моменты максимума тока. Чему в эти моменты времени равна ЭДС самоиндукции в катушке?

В.26 Контур состоит из конденсатора емкости $C=2$ мкФ и катушки с индуктивностью $L=4$ мГн и активным сопротивлением $R=5$ Ом. Найти отношение энергии магнитного поля катушки к энергии электрического поля конденсатора в моменты максимума тока. Чему в эти моменты времени равна ЭДС самоиндукции в катушке?

В.27÷36 В схеме на рисунке В.1 вольтметры V_2, V_3, V_4 показывают напряжения соответственно U_2, U_3, U_4 . Изобразить векторную диаграмму напряжений на элементах схемы и с ее помощью найти показания вольтметра V_1 . Какая средняя за период колебаний тепловая мощность выделяется в этой цепи, если известна величина сопротивления R ? Чему равен коэффициент мощности этой цепи? Каков сдвиг фаз между приложенным напряжением и силой тока? Считать, что все элементы этой цепи идеальные. Взять соответствующие варианту числовые значения в таблице В.3:

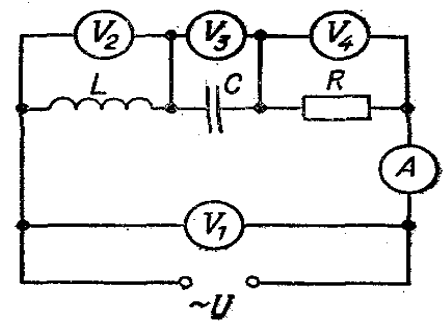


Рисунок В.1

Таблица В.3

№ варианта	V_2	V_3	V_4	R
27	100 В	100 В	100 В	100 Ом
28	200 В	100 В	100 В	100 Ом
29	100 В	200 В	100 В	50 Ом
30	100 В	300 В	100 В	100 Ом
31	400 В	100 В	400 В	100 Ом
32	100 В	400 В	400 В	200 Ом
33	100 В	140 В	30 В	100 Ом
34	150 В	120 В	40 В	20 Ом
35	140 В	100 В	30 В	30 Ом
36	300 В	200 В	80 В	100 Ом

В.37÷40 Цепь, состоящую из последовательно соединенных безындукционного сопротивления R и катушки индуктивности с активным сопротивлением, подключили к сети с действующим напряжением $U=220$ В. Найти тепловую мощность, выделяемую на катушке, если действующие напряжения на сопротивлении R и катушке равны соответственно U_1 и U_2 . Изобразить векторную диаграмму напряжений на элементах схемы и с ее помощью определить сдвиг фаз между приложенным напряжением и током. Числовые значения приведены в таблице В.4.

Таблица В.4

№ варианта	R , Ом	U_1 , В	U_2 , В
37	150	100	200
38	120	80	200
39	160	90	170
40	160	80	180

В.41÷50 В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна $\vec{E} = \vec{j}E_m \cos(\omega t - kx)$, где \vec{j} – орт оси; E_m – амплитудное значение напряженности электрического поля волны; k – волновое число.

Найти длину волны λ , частоту ω , амплитуду напряженности магнитного поля волны H_m , среднее за период колебания значение плотности энергии волны $\langle w \rangle$ и интенсивность волны I . Числовые значения приведены в таблице В.5.

Таблица В.5

№	В.41	В.42	В.43	В.44	В.45	В.46	В.47	В.48	В.49	В.50
E_m , В/м	160	120	240	80	40	60	100	150	20	30
k , м ⁻¹	0,51	1,57	6,28	20	10	12,56	3,8	4,5	6,7	3,14

В. 51÷66 В диэлектрической среде с проницаемостью $\epsilon=1,3$ распространяется плоская электромагнитная волна $\vec{H} = \vec{k}H_m \cos(\omega t - kx)$, где \vec{k} – орт оси; H_m – амплитудное значение напряженности магнитного поля волны; ω – циклическая частота.

Найти длину волны λ , волновое число k , амплитуду напряженности электрического поля волны E_m , средние за период колебания значения плотности энергии $\langle w \rangle$ и плотности потока энергии волны $\langle j_w \rangle$. Числовые значения приведены в таблице В.6.

Таблица В.6

№	В.51	В.52	В.53	В.54	В.55	В.56	В.57	В.58
H_m , А/м	0,30	0,25	0,20	0,15	0,18	0,12	0,11	0,10
ω , с ⁻¹	$5 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^8$	$6 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^8$	$6 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^8$

Продолжение Таблицы В.6

№	В.59	В.60	В.61	В.62	В.63	В.64	В.65	В.66
$H_m,$ А/м	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,08
$\omega, \text{с}^{-1}$	$0,7 \cdot 10^8$	$0,8 \cdot 10^8$	$0,4 \cdot 10^8$	$0,3 \cdot 10^8$	$0,2 \cdot 10^8$	$1,0 \cdot 10^8$	$0,7 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^8$

Методические указания к решению задач по теме

Метод векторных диаграмм.

В теории колебаний широко применяется наглядный метод представления гармонических колебаний с помощью вращающегося вектора амплитуды. Например, чтобы изобразить векторную диаграмму колебания, заданного уравнением $x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$, нужно провести горизонтальную ось OX с начальной точкой O . Из этой точки под углом, равным фазе φ колебания, проводят отрезок прямой, равный в выбранном масштабе амплитуде A данного колебания, и ставят на его конце стрелку. Получившийся вектор считается изображением заданного колебания, потому что если вращать его против часовой стрелки с угловой скоростью, равной циклической частоте ω колебания, то проекция на ось OX конца этого вращающегося вектора будет совершать заданное колебание. Фаза берется φ_0 , то есть в начальный момент времени $t=0$, если это специально не оговорено.

Метод векторных диаграмм применяется для сложения гармонических колебаний, которые происходят в одном и том же направлении с одинаковой частотой.

Широко применяется данный метод при расчете цепей переменного тока. Если все элементы электрической цепи соединены последовательно, то, согласно закону Ома, сумма всех мгновенных значений напряжений на ее элементах равна мгновенному значению приложенного напряжения (ЭДС). Поэтому в данном случае строится векторная диаграмма амплитуд напряжений, векторная (геометрическая) сумма которых равна амплитуде приложенного напряжения (ЭДС). Поскольку мгновенное значение тока в любом сечении (при выполнении условия его квазистационарности) одно и то же, то все векторы амплитуды напряжений откладываются относительно оси тока.

Список литературы

- 1 Савельев И.В. Курс общей физики в 4 т. – Т. 2. - Электричество и магнетизм. Волны. Оптика.– М.: КНОРУС, 2012. – 576 с.
- 2 Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. –М.: Высш. шк., 2005. – 668 с.
- 3 Трофимова Т.И. Курс физики. - М.: Академия, 2008. – 560 с.
- 4 Иродов И.Е. Задачи по общей физике., – М., 2001.
- 5 Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике.- М.: Высшая школа, 2006.
- 6 Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики для втузов. – М.: «Оникс 21 век», 2003.
- 7 Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. – СПб.: Книжный мир, 2003.

Содержание

Введение.....	3
1 Рекомендации к освоению дисциплин «Электромагнитные волны».....	3
2 Общие требования к выполнению и оформлению расчетно-графических (контрольных) работ.....	4
2.1 Примеры решения и оформления задач.....	5
2.2 Задание к РГР № 1. Электростатическое поле в вакууме и в веществе. Постоянный электрический ток.....	8
Приложение А.....	9
2.3 Задание к РГР № 2. Магнитное поле в вакууме и в веществе. Электромагнитная индукция.....	12
Приложение Б.....	13
2.4 Задания к РГР № 3. Колебания и волны. Волновые и корпускулярные свойства электромагнитного излучения.....	16
Приложение В.....	17
Список литературы.....	21

Алевтина Магаметжановна Саламатина
Нагима Темирбаевна Абдалиева

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

Методические указания по выполнению
расчетно-графических работ для студентов специальности
5В071800 - Электроэнергетика

Редактор Л.Т. Сластикина
Специалист по стандартизации Н. К. Молдабекова

Подписано в печать
Тираж 80 экз.
Объем 1,31 – изд.л.

Формат 60×84 1/16
Бумага типографская №
Заказ ____ . Цена 655 тг.

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

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
АЛМАТИНСКИЙ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Кафедра физики

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по УМР
АУЭС

_____ Коньшин С.В.

« ____ » _____ 2017 г.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

Методические указания к выполнению
расчетно-графических работ для студентов специальности
5В071800 - Электроэнергетика

СОГЛАСОВАНО:

Начальник УМО

" ____ " _____ 2017 г.

Председатель ОУМК и МОиЭ

_____ Б.К. Курперов

Редактор

" ____ " _____ 2017 г.

Специалист по стандартизации

« ____ » _____ 2017 г.

Рассмотрено и одобрено на
заседаний кафедры физики
Протокол №1 от 22.09.2015 г.

Зав. кафедрой физики

_____ М.Ш. Карсыбаев

Составители:

_____ А.М.Саламатина

_____ Н.Т.Абдалиева

