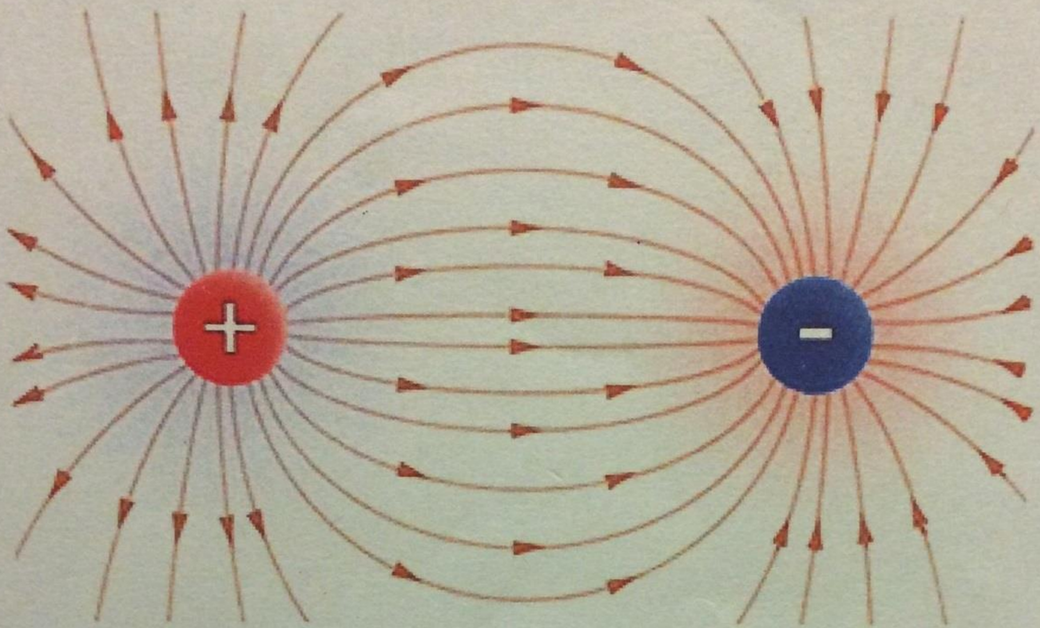

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2013

3. ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ТЕОРЕМЫ ГАУССА

При наличии определенной симметрии в расположении зарядов в некоторых случаях для расчета напряженности электрического поля применяется теорема Гаусса:

$$\oint_S \vec{E}d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum_i Q_i \,. \qquad (3.1)$$

Поток вектора напряженности в левой части выражения (3.1) вычисляется по любой наиболее удобной замкнутой поверхности S, а в правой части учтены только заряды Q_i, заключенные внутри этой поверхности.

При непрерывном распределении зарядов суммирование зарядов в правой части уравнения (3.1) заменяется интегрированием плотности электрического заряда ρ по объему V, охватываемому замкнутой поверхностью S:

$$\oint_S \vec{E}d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}\oint_V \rho dV,$$

Чтобы избежать затруднений, связанных с выбором замкнутой поверхности S при использовании теоремы Гаусса, необходимо найти направление вектора $\vec{E}$ в пространстве, окружающем заряженное тело, из соображений симметрии. При этом точка, в которой определяют вектор напряженности, должна принадлежать замкнутой поверхности интегрирования S. Поверхность S выбирают симметричной расположению зарядов, а ее составные части должны быть либо перпендикулярами (S_i), либо касательными к вектору напряженности (S_j).

В этом случае поток вектора напряженности через замкнутую поверхность можно представить как сумму поверхностных интегралов:

$$\oint_S \vec{E}d\vec{S} = \sum_i \int_{S_i} EdS\cos\alpha_i + \sum_j \int_{S_j} EdS\cos\alpha_j \,,$$

где вторая сумма равна нулю $\left(\alpha_j = \pi/2,\ \cos\pi/2 = 0\right)$, а первая преобразуется к виду $\sum_i E_i S_i \cos\alpha_i$, где $\alpha_i = 0$ или $\alpha_i = \pi$.

Напряженность и потенциал связаны между собой соотношениями

$$\vec{E} = -\operatorname{grad}\varphi \quad \text{или} \quad \varphi_A = \int_A^P \vec{E}(\vec{r})d\vec{r}\ .$$

Потенциал электрического поля в заданной точке A определяется по известной функциональной зависимости $\vec{E}(\vec{r})$. При этом принимают, что потенциал поля в точке P равен нулю. Для точечных и сферически симметричных зарядов эту точку удобно располагать на бесконечности. Из формулы (1.3) следует, что разность потенциалов между двумя точками поля A и B

$$\varphi_A - \varphi_B = \int_A^B \vec{E}d\vec{r}\ .$$

Пример 3.1. На поверхности бесконечного полого цилиндра радиусом $R = 10$ см равномерно распределен заряд с линейной плотностью $\tau = 1$ нКл/м.

Построить график изменения напряженности электрического поля в зависимости от расстояния до оси цилиндра $E = E(r)$ и найти разность потенциалов между осью цилиндра и точкой A, находящейся на расстоянии $d = 20$ см от нее.

Решение. Из соображений симметрии очевидно, что вектор напряженности электрического поля может быть направлен только радиально. Законы изменения напряженности поля с расстоянием от оси внутри и снаружи цилиндра могут различаться. Поэтому область 1 (внутри цилиндра) и область 2 (снаружи) необходимо исследовать отдельно.

Для определения напряженности в произвольной точке B, находящейся внутри заданного цилиндра (рис.3.1, *а*), выберем замкнутую поверхность в виде второго (вспомогательного) цилиндра радиусом r, ось которого совпадает с осью заданного цилиндра (цилиндры коаксиальные). Второй цилиндр имеет боковую поверхность $S_{бок}$ и два основания $S_{осн1}$ и $S_{осн2}$. Его радиус равен расстоянию от оси до точки B. Таким образом, точка B находится на боковой поверхности второго цилиндра. Зарядов внутри него нет.

В соответствии с теоремой Гаусса (3.1)

$$\oint_S \vec{E}d\vec{S} = 0 .$$

Интеграл по замкнутой поверхности S можно представить в виде суммы интегралов по основаниям и боковой поверхности

$$\int_{S_{\text{осн}1}} \vec{E}d\vec{S} + \int_{S_{\text{осн}2}} \vec{E}d\vec{S} + \int_{S_{\text{бок}}} \vec{E}d\vec{S} = 0 . \qquad (3.2)$$

Так как вектор напряженности направлен радиально, то скалярные произведения $\vec{E}d\vec{S}$ в первых двух интегралах равны нулю, а в последнем, $\vec{E}d\vec{S} = EdS\cos 0 = EdS$.

Из соображения симметрии напряженность поля в точках, принадлежащих боковой поверхности, должна быть одинаковой. Тогда равенство (3.2) примет вид

$$E\int_{S_{\text{бок}}} dS = 0 ,$$

Это равенство может иметь место только при выполнении условия $E = 0$. Таким образом, в любой точке внутри заряженного по поверхности цилиндра напряженность электрического поля равна нулю.

Аналогично для определения напряженности в произвольной точке C снаружи заданного цилиндра выберем вспомогательную

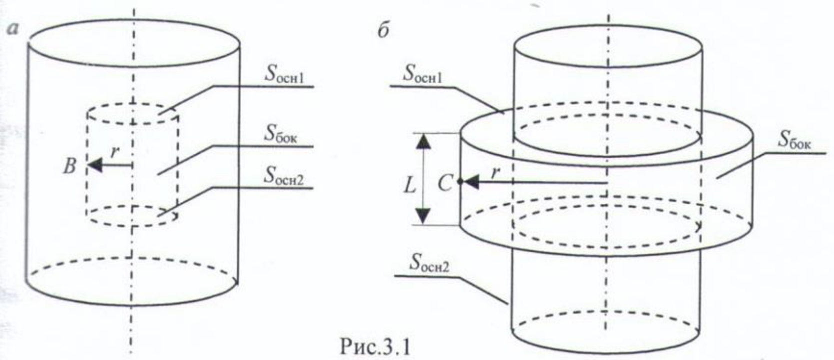

Рис.3.1

замкнутую поверхность в виде третьего коаксиального цилиндра высотой L (рис.3.1, *б*). Его радиус равен расстоянию от точки C до оси заданного цилиндра. Так как внутри вспомогательной поверхности интегрирования находится заряд $Q = \tau L$, то теорема Гаусса для нее имеет вид

$$\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \tau L .$$

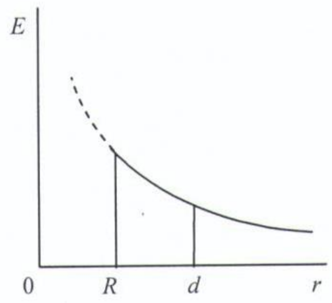

Рис.3.2

Интеграл в левой части этого равенства по аналогии с предыдущим случаем представим в виде суммы таких же трех интегралов, из которых ненулевым является только интеграл по боковой поверхности (рис.3.1, *б*):

$$\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \int_{S_{\text{осн1}}} \vec{E} d\vec{S} + \int_{S_{\text{осн2}}} \vec{E} d\vec{S} + \int_{S_{\text{бок}}} \vec{E} d\vec{S} = \int_{S_{\text{бок}}} E dS = E \int_{S_{\text{бок}}} dS .$$

Последний интеграл равен площади боковой поверхности цилиндра $S_{\text{бок}} = 2\pi r L$.

Из теоремы Гаусса получим

$$E 2\pi r L = \frac{1}{\varepsilon_0} \tau L .$$

Тогда при $r \geq R$ напряженность электростатического поля

$$E = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0 r} .$$

При $r = R$ напряженность поля максимальна:

$$E_{\max} = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0 R} ,$$

Так как внутри цилиндра поле отсутствует, то разность потенциалов между осью и заданной точкой A равна разности потенциалов между поверхностью цилиндра и этой точкой:

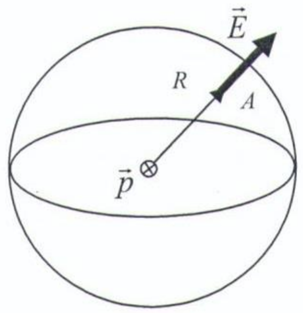

Рис.3.3

$$\varphi_0 - \varphi_A = \varphi_R - \varphi_A = \int_R^d E dr = \int_R^d \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0 r} dr =$$

$$= \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0} \ln r \Big|_R^d = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0} \ln \frac{d}{R};$$

$$\Delta\varphi = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0} \ln \frac{d}{R} = \frac{1 \cdot 10^{-9} \ln 2}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12}} = 12{,}5 \text{ В}$$

Ответ: график изменения напряженности электрического поля с расстоянием от оси цилиндра представлен на рис.3.2, разность потенциалов между осью цилиндра и точкой A равна 12,5 В.

Пример 3.2. Система зарядов представляет собой ядро с положительным зарядом, равным элементарному заряду, и «облако» отрицательного заряда, объемная плотность которого изменяется с расстоянием от ядра по закону

$$\rho = -\frac{e}{\pi R^3} e^{-\frac{2r}{R}},$$

где R – радиус, численно равный первой боровской орбите электрона в атоме водорода, $R = 0{,}53 \cdot 10^{-10}$ м; e – элементарный заряд, $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл; r – расстояние от центра ядра, м.

Найти напряженность электрического поля на расстоянии R от ядра.

Решение. Выберем замкнутую сферическую поверхность с радиусом, равным R, и центром в ядре (размерами ядра можно пренебречь). Из соображений симметрии во всех точках этой поверхности вектор напряженности электрического поля одинаков по модулю и перпендикулярен к поверхности (рис.3.3). Поэтому теорему Гаусса (3.1) для выбранной поверхности S запишем в виде

$$E \oint_S dS = \frac{1}{\varepsilon_0} Q,$$

где Q – суммарный заряд, находящийся внутри выбранной сферы, т.е. положительный заряд ядра, равный e, и отрицательный заряд электронного «облака» $Q_{обл}$.

Последний заряд определим интегрированием плотности отрицательного заряда электронного «облака» по внутреннему объему выбранной сферы. Тогда

$$Q = e + Q_{обл} = e + \int_V \rho dV .$$

Учитывая сферическую симметрию, элемент объемом dV можно представить в виде $dV = 4\pi r2dr$. Тогда

$$Q_{обл} = \int_0^R \rho 4\pi r^2 dr = -\frac{e}{\pi R^3} 4\pi \int_0^R e^{-\frac{2r}{R}} r^2 dr.$$

Выбор метода вычисления следует определить самостоятельно. Можно использовать метод интегрирования по частям или воспользоваться математическими справочниками. В результате найдем

$$Q_{обл} = -e\left(1 - 5e^{-2}\right) = -0{,}323e,$$

$$Q = e + Q_{обл} = 0{,}677e.$$

Используя теорему Гаусса

$$E = \oint_S dS = \frac{1}{\varepsilon_0} 0{,}677e ,$$

и, учитывая, что интеграл в левой части равен площади поверхности сферы $S = 4\pi R^2$, напряженность поля

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{0{,}677e}{R^2} ;$$

$$E = \frac{0{,}677 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot 0{,}53 \cdot 10^{-20}} \approx 3{,}5 \cdot 10^{11} \text{ В/м}.$$

Ответ: напряженность электрического поля на расстоянии R от ядра равна $3{,}5 \cdot 10^{11}$ В/м.

Работа 4. Вычисление полей с помощью теоремы Гаусса

Варианты 1-10. Шар (цилиндр, пластина) радиусом (толщиной) R имеет положительный заряд Q, объемная плотность которого ρ зависит от расстояния r до его центра (до оси) по закону, указанному в табл.3.1, в соответствии с номером варианта.

Таблица 3.1

Вариант	Заряженное тело	Закон	ρ_0, нКл/м^3	R, м
1	Шар	$\rho = \text{const}$, $Q = 92e$ (элементарный заряд $e = 1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл)	–	10^{-14}
2	«	$\rho = \rho_0 e^{-\alpha r^3}$, $\alpha = 10$ м^3	1	1
3	«	$\rho = \rho_0\,(1 - r/\mathrm{R})$	10	0,1
4	«	$\rho = br$, b =1 мкКл/м	–	0,1
5	«	$\rho = b/r$. b=1 мкКл/м	–	0,1
6	«	$\rho = \rho_0 \sin\left(\dfrac{\pi r^3}{R^3}\right)$	10	0,1
7	«	$\rho = \dfrac{-e}{2\pi R r^2}\sin^2\left(\dfrac{\pi r}{R}\right)$	–	10^{-10}
8	Цилиндр	$\rho = p_0 \dfrac{r}{R}$	10	0,1
9	«	$\rho = p_0 \dfrac{R}{r}$	10	0,1
10	«	$\rho = \rho_0 \cos\left(\dfrac{2\pi\lvert r\rvert}{R}\right)$	10	0.02

Определить напряженность электрического поля на поверхности шара (сферы, цилиндра) и на расстоянии $r = R/2$ от центра (от оси), а также потенциал электрического поля в центре шара (на оси) и разность потенциалов между поверхностью и центром шара (осью цилиндра).

Построить график зависимости напряженности поля $E = E(r)$.

Вариант 11. Пространство между двумя концентрическими сферами, радиусы которых $R_1 = 10$ см и $R_2 = 20$ см, заряжено с объемной плотностью $\rho = b/r^2$, где $b = 1$ нКл/м; r – расстояние от центра сфер. Определить разность потенциалов между сферами. Построить график зависимости напряженности электрического поля от расстояния до центра сфер.

Вариант 12. Шар радиусом $R = 100$ м имеет заряд $Q = 10$ нКл, однородно распределенный по его объему. Шар окружает среда, имеющая объемную плотность электрического заряда, зависящую от расстояния r до центра шара по закону $\rho = Q/(2\pi R^2 r)$. Найти разность потенциалов между поверхностью шара и точкой, находящейся на расстоянии $r = 2R$ от центра шара. Построить график зависимости напряженности от расстояния до центра шара.

Вариант 13. Шар, имеющий положительный заряд $Q = 1$ нКл, окружен симметрично отрицательным зарядом с объемной плотностью $\rho = \frac{b}{r^2} e^{-\frac{r}{R}}$, где $b = -34{,}6$ нКл/м; $R = 1$ см – радиус шара; r – расстояние от центра шара. Какова напряженность электрического поля на расстоянии $r = 2R$ от центра шара? Построить график зависимости напряженности поля от r.

Вариант 14. Пространство между двумя коаксиальными длинными цилиндрами заполнено электрическим зарядом с объемной плотностью, изменяющейся по закону $\rho = b/r^2$, где $b = 10$ нКл/м. Радиусы цилиндров $R_1 = 1$ см, $R_2 = 2$ см. Определить разность потенциалов между цилиндрами.

Вариант 15. Длинный цилиндр радиусом $R = 10$ см заряжен так, что объемная плотность электрического заряда ρ изменяется с расстоянием r от оси по закону $\rho = \rho_0 \cos[\pi r^2/(2R^2)]$, где $\rho_0 = 10$ нКл/м^3. Вычислить напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии $b = R/\sqrt{2}$ от оси. Построить график зависимости напряженности поля от r.

Вариант 16. Длинный цилиндр радиусом $R = 2$ см несет заряд, равномерно распределенный по его объему с плотностью $\rho = 10$ нКл/м^3. Рассчитать разность потенциалов между точками, отстоящими от оси цилиндра на расстояниях $r_1 = 1$ см и $r_2 = 3$ см. Построить график зависимости напряженности от расстояния до оси цилиндра.

Вариант 17. Длинная нить имеет положительный заряд с линейной плотностью $\tau = 10$ нКл/м. Радиус нити $R = 1$ мм. Среда, окружающая нить, имеет объемную плотность положительного заряда, изменяющуюся в зависимости от расстояния от оси нити r по закону $\rho = b/(2\pi r)$, где $b = 10$ мкКл/м^2. Определить разность потенциалов между поверхностью нити и точкой, отстоящей от ее оси на расстоянии $r = 11R$. Построить график зависимости напряженности от расстояния до оси нити.

Вариант 18. Длинная тонкая нить имеет положительный заряд линейной плотностью $\tau = 10$ нКл/м. Среда, окружающая нить, имеет заряд другого знака с объемной плотностью, зависящей только от расстояния r до нити по закону $\rho = \rho_0 \exp(-r^2/R^2)$, где $\rho_0 = -100$ нКл/м^3; $R = 10$ см. Найти напряженность электрического поля на расстоянии R от нити. Построить график зависимости напряженности от r.

Вариант 19. Пространство вблизи прямой длинной нити накала электронной лампы заряжено отрицательным зарядом с объемной плотностью $\rho = \dfrac{b}{r} e^{-\frac{r}{R}}$, где $R = 0{,}1$ мм – радиус нити; $b = -4{,}3$ мкКл/м^2, r – расстояние от оси нити. Сама нить заряжена положительным зарядом линейной плотностью $\tau = 1$ нКл/м. Какова напряженность электрического поля на расстоянии $r = 2R$ от оси нити? Построить график зависимости напряженности поля от r.

Вариант 20. Пластина толщиной $d = 2$ см имеет электрический заряд, распределенный так, что его объемная плотность зависит только от координаты x, перпендикулярной толщине пластины, по закону $\rho = \rho_0 \left[1 - \cos(\pi x / d)\right]$, где $\rho_0 = 10$ нКл/м^3, Определить разность потенциалов между центром и краем пластины, считая ее плоскость бесконечной. Построить график зависимости напряженности поля от координаты x.

Вариант 21. Бесконечная пластина толщиной $d = 10$ см имеет заряд, объемная плотность которого изменяется по закону $\rho = 2\rho_0 |x| / d$, где $\rho_0 = 10$ нКл/м^3; $|x|$ – расстояние от центра пластины в поперечном направлении. Вычислить разность потенциалов между центром пластины и ее поверхностью. Построить график зависимости $E = E(x)$.

Вариант 22. Тонкая пластина равномерно заряжена так, что на единицу площади ее поверхности приходится заряд $\sigma = 1$ нКл/м^2. Среда вблизи пластины имеет заряд другого знака с объемной плотностью, зависящей от расстояния x до пластины по закону $\rho = \rho_0 \exp\left(-|x|/d\right)$, где $\rho_0 = 10$ нКл/м^3, $d = 10$ см. На каком расстоянии от пластины напряженность электрического поля равна нулю? Чему равна разность потенциалов между этой точкой и пластиной?

Вариант 23. Большая плоская пластина толщиной $d = 4$ см имеет положительный заряд, равномерно распределенный по объему с объемной плотностью $\rho = 10$ нКл/м^3. Определить разность потенциалов между поверхностью и точкой, находящейся внутри пластины на расстоянии $b = 1$ см от поверхности. Построить график зависимости напряженности от расстояния до центра пластины.

Вариант 24. Пространство между двумя параллельными бесконечными плоскостями заполнено зарядом. Расстояние между плоскостями $d = 1$ см. Если принять, что координатная плоскость (yz) находится посередине между плоскостями, то объемную плотность электрического заряда можно записать как функцию $\rho = p_0 \dfrac{d}{2|x| + d}$, где $\rho_0 = 1$ мкКл/м^3. Определить разность потенциалов между точкой, имеющей координату $x = d$, и ближайшей поверхностью пластины. Построить график зависимости напряженности от координаты x.

Вариант 25. Пространство вблизи тонкой бесконечной плоской незаряженной пластины имеет электрический заряд, распределенный симметрично пластине с объемной плотностью $\rho = \rho_0 e^{-\frac{|x|}{b}}$, где $b = 1$ см: $\rho_0 = 1$ мкКл/м^3; $|x|$ – расстояние от пластины. Какова разность потенциалов между пластиной и точкой, находящейся на расстоянии b от нее? Построить график зависимости напряженности от x.

Требования к содержанию отчета и оформлению расчетно-графических работ

При выполнении расчетно-графических работ (РГР) необходимо оформить отчет в печатном виде на листах формата А4 следующего содержания.

1. Титул в соответствии с требованиями университета.

2. Формулировка задания.

3. Теоретические основы работы:

• описание явлений или процессов, изучаемых в данной работе.

• определения основных физических понятий, объектов, процессов и величин.

• законы и соотношения, описывающие изучаемые процессы.

• пояснения к физическим величинам, входящим в формулы, и единицы их измерения.

4. Расчетная часть:

• выполнить рисунок или начертить схему;

• сопровождать используемые при решении законы, уравнения и соотношения пояснениями, мотивирующими решение;

• представить результат в общем виде, т.е. преобразовать выражение для определяемой величины так, чтобы в него входили лишь буквенные обозначения величин, заданных в формулировке задания или введенных самостоятельно, а также необходимые физические константы (см. приложение);

• проверить размерности величин, полученных в результате решения;

• произвести необходимые вычисления в Международной системе единиц (СИ);

• дать полный ответ в соответствии с вопросами задания.

5. Графическая часть.

• таблицы с данными для построения графиков;

• аналитическое выражение функциональной зависимости, которую необходимо построить;

• график функции (указать на осях координат физические величины и их единицы);

6. Анализ и выводы по результатам работы.

К защите отчета по РГР допускаются студенты, подготовившие отчет в соответствии с требованиями кафедры и сдавшие его на проверку в установленные сроки. После проверки преподавателем содержания отчета при наличии ошибок и недочетов работа возвращается студенту на доработку. При соблюдении всех требований к оформлению отчета, правильном выполнении задания и решении соответствующих задач назначается аудиторная защита.

Для успешной защиты отчета необходимо изучить теоретический материал по теме работы, а также освоить математический аппарат, необходимый для решения задач расчетно-графической работы. При подготовке к защите необходимо использовать учебники и другие учебные пособия. Во время защиты студент должен ответить на вопросы преподавателя в полном объеме теоретического и методического содержания данной РГР, самостоятельно вывести необходимые расчетные формулы, проанализировать полученные зависимости и откомментировать результаты.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основной

1. *Волькенштейн В.С.* Сборник задач по общему курсу физики. СПб-М.: Лань, 2009.

2. *Детлаф А.А.* Курс физики / А.А.Детлаф, Б.М.Яворский. М.: Высшая школа, 2009.

3. *Иродов И.Е.* Сборник задач. СПб, М.: Лань, 2010 .

4. *Рогачев Н.М.* Решение задач по курсу общей физики. СПб-М.: Лань, 2008.

5. *Савельев И.В.* Курс физики. СПб-М.: Лань, 2008. Т.2.

6. *Савельев И.В.* Сборник вопросов и задач по общей физике. СПб-М.: Лань, 2007.

7. *Трофимова Т.И.* Курс физики. М.: Высшая школа, 2009.

8. *Трофимова Т.И.* Курс физики. Задачи и решения. М.: Издательский центр «Академия», 2009.

9. *Трофимова Т.И.* Сборник задач по курсу физики с решениями. М.: Высшая школа, 2009.

10. *Фирганг Е.В.* Руководство к решению задач по курсу общей физики. СПб-М.: Лань, 2009.

11. *Чертов А.Г.* Задачник по физике / А.Г.Чертов, А.А.Воробьев. М.: Физматлит, 2009.

12. *Яворский Б.М.* Основы физики / Б.М.Яворский, А.А.Пинский. М.: Наука, 2009. Т.1, 2.

Дополнительный

13. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики. М., Наука, 2009. Т.1-5.

14. *Трофимова Т.И.* Краткий курс физики. М.: Высшая школа, 2010.

15. *Фриш С.Э.* Курс общей физики / С.Э.Фриш, А.В.Тиморева. СПб-М.: Лань, 2008.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Основные физические постоянные

Физическая величина	Численное значение
Атомная единица массы (унифицированная)	1 у.а.е.м. = $1{,}660531(111)10^{-27}$ кг = $= 931{,}481(52)$ МэВ
Заряд элементарный	$e = 1{,}6021917(70)10^{-19}$ Кл
Заряд удельный электрона	$1{,}7588028(54)10^{11}$ Кл·кг$^{-1}$
Масса покоя нейтрона	$m_n = 1{,}674920(11)10^{-27}$ кг $M_n = 1{,}00866520(10)$ а.е.м.
Масса покоя протона	$m_p = 1{,}672614(11)10^{-27}$ кг $M_p = 1{,}00727661(8)$ а.е.м.
Масса покоя электрона	$m_e = 9{,}109558(54)\ 10^{-31}$ кг $M_e = 5{,}485930(34)\ 10^{-4}$ а.е.м.
Постоянная Планка	$h = 6{,}626196(50)10^{-84}$ Дж·с $\hbar = 1{,}0545919(80)10^{-34}$ Дж·с
Скорость света в вакууме	$c = 2{,}9979250(10)\ 10^{8}$ м·с$^{-1}$
Электрическая постоянная	$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф·м$^{-1}$

Таблица 2

Множители, приставки для образования десятичных, кратных единиц

Множитель	Приставка	
	Наименование	Обозначение
10^{12}	Тера	Т
10^{9}	Гига	Г
10^{6}	Мега	М
10^{3}	Кило	к
10^{-1}	Деци	д
10^{-2}	Санти	с
10^{-3}	Милли	м
10^{-6}	Микро	мк
10^{-9}	Нано	н

Таблица 3

Основные величины, их обозначение и единицы величин в СИ

Величина		Единица		
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	
			международное	русское
Длина	L	метр	m	м
Время	T	секунда	s	с
Масса	M	килограмм	kg	кг
Сила электрического тока	I	ампер	A	А
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	K	К
Количество вещества	N	моль	mol	моль
Сила света	J	канделла	cd	кд

Таблица 4

Производные единицы СИ, имеющие наименование

Величина	Единица		
	Наименование	Обозначение	Выражение через основные единицы СИ
Электрический заряд	кулон	Кл	$А \cdot с$
Напряжение, потенциал, ЭДС	вольт	В	$м^2 \cdot кг \cdot с^{-3} \cdot А^{-1}$
Электроемкость	фарада	Ф	$м^{-2} \cdot кг^{-1} \cdot с^4 \cdot А^2$
Энергия, работа, количество теплоты	джоуль	Дж	$м^2 \cdot кг \cdot с^{-2}$
Мощность, поток энергии	ватт	Вт	$м^2 \cdot кг \cdot с^{-3}$

Таблица 5

Производные единицы физических величин

Величина	Уравнение	Обозначение единицы	Определение
Электрический заряд (количество электричества)	$Q = It$	Кл	Кулон равен электрическому заряду, проходящему сквозь поперечное сечение проводника при силе постоянного тока 1 А за время 1 с
Объемная плотность электрического заряда	$\rho = Q/V$	Кл/м^3	Кулон на кубический метр равен объемной плотности электрического заряда, при которой в объеме 1 м^3 равномерно распределен заряд 1 Кл
Поверхностная плотность электрического заряда	$\sigma = Q/S$	Кл/м^2	Кулон на квадратный метр равен поверхностной плотности электрического заряда, при которой заряд, равномерно распределенный по поверхности площадью 1 м^2, равен 1 Кл
Линейная плотность электрического заряда	$\tau = Q/\ell$	Кл/м	Кулон на метр равен линейной плотности электрического заряда, при которой заряд, равномерно распределенный по нити длиной 1 м, равен 1 Кл
Напряженность электрического поля	$E = F/Q_0$	Н/Кл = В/м	Ньютон на кулон равен напряженности электрического поля в точке поля, в которой на точечный электрический заряд 1 Кл поле действует с силой 1 Н. Вольт на метр равен напряженности однородного электрического поля, создаваемого разностью потенциалов 1 В между точками, находящимися на расстоянии 1 м на линии напряженности поля
Электрическое смещение	D	Кл/м^2	Кулон на квадратный метр равен электрическому смещению, при котором поток электрического смещения сквозь поперечное сечение площадью 1 м^2 равен 1 Кл
Поток электрического смещения	$\oint_S \vec{D}d\vec{S} = \sum_{i=1}^{n} Q_1$	Кл	Кулон равен потоку электрического смещения, связанному с суммарным

			свободным зарядом 1 Кл
Величина	Уравнение	Обозначение единицы	Определение
Электрический потенциал	$\varphi = A/Q_0$	В	Вольт равен потенциалу такой точки поля, в которой заряд 1 Кл обладает потенциальной энергией 1 Дж: 1 В = 1 Дж/Кл
Электрическая емкость	$C = Q/\varphi$	Ф	Фарада равна электрической емкости такого уединенного проводника, потенциал которого изменяется на 1 В при сообщении ему заряда 1 Кл
Электрический момент диполя	$p = \lvert Q\rvert \ell$	Кл·м	Кулон-метр равен электрическому моменту диполя, заряды которого равные каждый по 1 Кл расположены на расстоянии 1 м один от другого
Поляризованность	$\vec{P} = \vec{p}/V$	Кл/м^2	Кулон на квадратный метр равен поляризованности диэлектрика, при которой диэлектрик объемом 1 м^3 имеет электрический момент 1 Кл·м

Таблица 6

Диэлектрическая проницаемость диэлектриков

Вещество	ε	Вещество	ε
Вода	81	Парафин	2
Керосин	2	Слюда	7
Масло	5	Стекло	6