

Общая физика
2-й семестр
«Физика»
(электричество и магнетизм)

Борзосеков Валентин Дмитриевич

tinborz@gmail.com

+79263770421

Учебники

- 1) Д. Джанколи // Физика - Том 2 // М.:Мир, 1989
- 2) **И.В. Савельев // Курс общей физики - Том 2 –
Электричество и магнетизм //
М.: Лань, 2011**
- 3) Д. Орир // Физика – Полный курс – Примеры, задачи, решения
– Учебник // М.: «КДУ», 2010
- 4) Т.И. Трофимова // Курс физики – издание седьмое // М.:
Высшая школа, 2003
- 5)* Р.Фейнман, Р.Лейтон, М.Сэндс // Фейнмановские лекции по
физике – 9 томов // М.:URSS, 2014.

Задачники

- 1) Т.И. Трофимова // Сборник задач по курсу физики// М.:
Высшая школа, 1996
- 2) А.Г. Чертов, А.А. Воробьев // Задачник по физике – издание
пятое, переработанное и дополненное // М.: Высшая школа,
1988
- 3) **И.Е. Иродов // Задачи по общей физике – издание второе,
переработанное // М.: Наука, 1988**

Лабораторные работы

В указанное время?

1 курс (20 чел) 9⁰⁰ — 12²⁰
«Электричество» 3.1.01



Вторник

1. 26.02.19 4 н

2. 12.03.19 6 н

3. 02.04.19 9 н

4. 16.04.19 11 н

По нечетным неделям

9:00 – 10:40 Лекция (Аудитория 101)

10:50 – 13:50 Семинар (Лаборатория)

По четным неделям

9:00 – 12:10 Семинар (Аудитория 101)

Доп. занятие: 21.05.19 16 н

Начало семестра **04.02.2019** года. Окончание семестра **24.05.2019** года.

К/Р *предварительно* — 7 мая (14 мая — передача к/р)

16 занятий

5 занятий на лабораторные

2 занятия на контрольную

Итого 9 семинаров и 14 тем (8 электричество + 6 магнетизм)

На одном семинаре две темы => Объемное д/з + Две проверочные задачи

Фундаментальные постоянные

Величина	Обозначение	Приближенное значение	Лучшее из известных значений ¹⁾
Скорость света в пустоте	c	$3,00 \cdot 10^8$ м/с	$2,99792458(1,2) \cdot 10^8$ м/с
Гравитационная постоянная	G	$6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м ² /кг ²	$6,6720(41) \cdot 10^{-11}$ Н·м ² /кг ²
Число Авогадро	N_A	$6,02 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹	$6,022045(31) \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Универсальная газовая постоянная	R	$8,314$ Дж/моль·К = = 1,99 кал/моль·К = = 0,082 атм·л/моль·К	$8,31441(26)$ Дж/моль·К
Постоянная Больцмана	k	$1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К	$1,380662(44) \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Заряд электрона	e	$1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл	$1,6021892(46) \cdot 10^{-19}$ Кл
Постоянная Стефана – Больцмана	σ	$5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м ² ·К ⁴	$5,67032(71) \cdot 10^{-8}$ Вт/м ² ·К ⁴
Диэлектрическая постоянная	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл ² /Н·м ²	$8,85418782(7) \cdot 10^{-12}$ Кл ² /Н·м ²
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Тл·м/А	
Постоянная Планка	h	$6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с	$6,626176(36) \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Масса покоя электрона	m_e	$9,11 \cdot 10^{-31}$ кг = = 0,000549 а. е. м. = = 0,511 МэВ/ c^2	$9,109534(47) \cdot 10^{-31}$ кг = = 5,4858026(21) · 10 ⁻⁴ а. е. м.
Масса покоя протона	m_p	$1,6726 \cdot 10^{-27}$ кг = = 1,00728 а. е. м. = = 938,3 МэВ/ c^2	$1,6726485(86) \cdot 10^{-27}$ кг = = 1,007276470(11) а. е. м.
Масса покоя нейтрона	m_n	$1,6750 \cdot 10^{-27}$ кг = = 1,008665 а. е. м. = = 939,6 МэВ/ c^2	$1,674954(9) \cdot 10^{-27}$ кг = = 1,008665012(37) а. е. м.
Атомная единица массы (а. е. м.)		$1,6606 \cdot 10^{-27}$ кг = = 931,5 МэВ/ c^2	$1,6605655(86) \cdot 10^{-27}$ кг = = 931,5016(26) МэВ/ c^2

● Закон Кулона

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{\epsilon r^2},$$

где F — сила взаимодействия двух точечных зарядов Q_1 и Q_2 ; r — расстояние между зарядами; ϵ — диэлектрическая проницаемость среды; ϵ_0 — электрическая постоянная:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \text{Ф/м} = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{Ф/м}.$$

● Напряженность электрического поля

$$E = F/Q,$$

где F — сила, действующая на точечный положительный заряд Q , помещенный в данную точку поля.

● Сила, действующая на точечный заряд Q , помещенный в электрическое поле,

$$F = QE.$$

● Поток вектора напряженности \mathbf{E} электрического поля:

а) через произвольную поверхность S , помещенную в неоднородное поле,

$$\Phi_E = \int_E E \cos \alpha dS, \text{ или } \Phi_E = \int_S E_n dS,$$

где α — угол между вектором напряженности \mathbf{E} и нормалью \mathbf{n} к элементу поверхности; dS — площадь элемента поверхности; E_n — проекция вектора напряженности на нормаль;

б) через плоскую поверхность, помещенную в однородное электрическое поле,

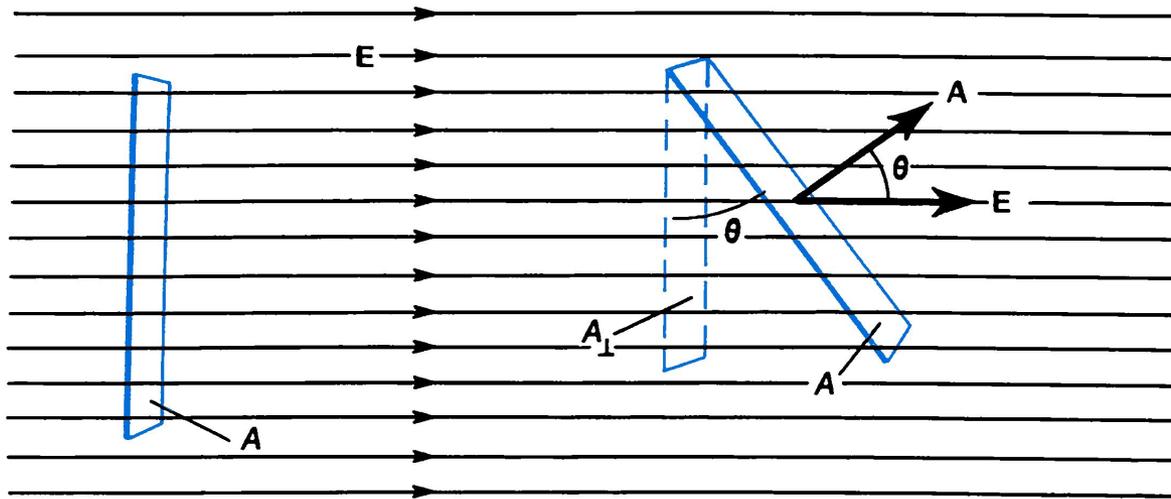
$$\Phi_E = ES \cos \alpha.$$

● Поток вектора напряженности \mathbf{E} через замкнутую поверхность

$$\Phi_E = \oint_S E_n dS,$$

где интегрирование ведется по всей поверхности.

Поток вектора напряженности



Для однородного поля

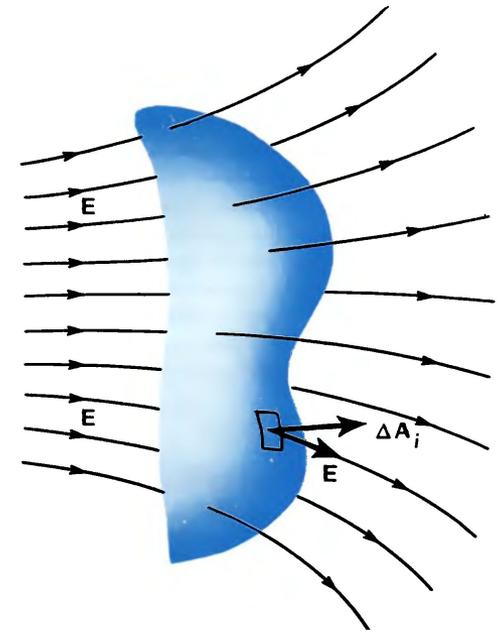
$$\Phi_E = E A_{\perp} = E A \cos \theta$$

Общий случай

$$\Phi_E = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A}$$

Теорема Остроградского-Гаусса

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$



● Теорема Остроградского — Гаусса. Поток вектора напряженности E через любую замкнутую поверхность, охватывающую заряды Q_1, Q_2, \dots, Q_n ,

$$\Phi_E = \frac{1}{\varepsilon_0 \varepsilon} \sum_{i=1}^n Q_i,$$

где $\sum_{i=1}^n Q_i$ — алгебраическая сумма зарядов, заключенных внутри замкнутой поверхности; n — число зарядов.

● Напряженность электрического поля, создаваемого точечным зарядом Q на расстоянии r от заряда,

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\epsilon r^2}.$$

● Напряженность электрического поля, создаваемого металлической сферой радиусом R , несущей заряд Q , на расстоянии r от центра сферы:

а) внутри сферы ($r < R$)

$$E = 0;$$

б) на поверхности сферы ($r = R$)

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\epsilon R^2};$$

в) вне сферы ($r > R$)

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\epsilon r^2}.$$

● Напряженность поля, создаваемого бесконечно длинной равномерно заряженной нитью (или цилиндром) на расстоянии r от ее оси,

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2\tau}{\epsilon r},$$

где τ — линейная плотность заряда.

Линейная плотность заряда есть величина, равная отношению заряда, распределенного по нити, к длине нити (цилиндра):

$$\tau = \frac{\Delta Q}{\Delta l},$$

● Напряженность поля, создаваемого бесконечной равномерно заряженной плоскостью,

$$E = \frac{1}{2} \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon},$$

где σ — поверхностная плотность заряда.

Поверхностная плотность заряда есть величина, равная отношению заряда, распределенного по поверхности, к площади этой поверхности:

$$\sigma = \frac{\Delta Q}{\Delta S}.$$

● Электрическое смещение \mathbf{D} связано с напряженностью \mathbf{E} электрического поля соотношением

$$\mathbf{D} = \epsilon_0 \epsilon \mathbf{E}.$$

3.3. В вершинах равностороннего треугольника находятся одинаковые положительные заряды $Q = 2$ нКл. Какой отрицательный заряд Q_1 необходимо поместить в центр треугольника, чтобы сила притяжения с его стороны уравновесила силы отталкивания положительных зарядов? [1,15 нКл]

13.14. Тонкий стержень длиной $l = 10$ см равномерно заряжен. Линейная плотность τ заряда равна 1 мкКл/м. На продолжении оси стержня на расстоянии $a = 20$ см от ближайшего его конца находится точечный заряд $Q = 100$ нКл. Определить силу F взаимодействия заряженного стержня и точечного заряда.

3.12. Кольцо радиусом $r = 5$ см из тонкой проволоки равномерно заряжено с линейной плотностью $\tau = 14$ нКл/м. Определить напряженность поля на оси, проходящей через центр кольца, в точке A , удаленной на расстоянии $a = 10$ см от центра кольца. [2,83 кВ/м]

3.15. Электростатическое поле создается двумя бесконечными параллельными плоскостями, заряженными равномерно одноименными зарядами с поверхностной плотностью соответственно $\sigma_1 = 2 \text{ нКл/м}^2$ и $\sigma_2 = 4 \text{ нКл/м}^2$. Определить напряженность электростатического поля: 1) между плоскостями; 2) за пределами плоскостей. Построить график изменения напряженности поля вдоль линии, перпендикулярной плоскостям. [1) 113 В/м; 2) 339 В/м]

3.18. Поле создано двумя равномерно заряженными концентрическими сферами радиусами $R_1 = 5 \text{ см}$ и $R_2 = 8 \text{ см}$. Заряды сфер соответственно равны $Q_1 = 2 \text{ нКл}$ и $Q_2 = -1 \text{ нКл}$. Определить напряженность электростатического поля в точках, лежащих от центра сфер на расстояниях: 1) $r_1 = 3 \text{ см}$; 2) $r_2 = 6 \text{ см}$; 3) $r_3 = 10 \text{ см}$. Построить график зависимости $E(r)$. [1) 0; 2) 5 кВ/м; 3) 0,9 кВ/м]

3.19. Шар радиусом $R = 10$ см заряжен равномерно с объемной плотностью $\rho = 10$ нКл/м³. Определить напряженность электростатического поля: 1) на расстоянии $r_1 = 5$ см от центра шара; 2) на расстоянии $r_2 = 15$ см от центра шара. Построить зависимость $E(r)$. [1) 18,8 В/м; 2) 16,7 В/м]

Домашнее задание

Т. 3.11 || 3.13 || 3.16 || 3.17 || 3.20

Ч. 13.18 || 13.21

Потенциал

«потенциальная энергия единичного заряда»

$\varphi_A = \frac{U_A}{q}$ в некоторой точке a точечный заряд q обладает потенциальной энергией U_a , то электрический потенциал в этой точке равен

$\Delta\varphi = \varphi_B - \varphi_A = -\frac{A_{BA}}{q}$ - разность потенциалов

$\Delta U = q\Delta\varphi$ - изменение потенциальной энергии

$A = Fr = qEr$ - работа поля

$A = q\Delta\varphi$

$\Delta\varphi = -\int_a^b E dl$ связь с напряженностью

$\Delta\varphi = -Er$ - для однородного поля

$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}$ [уединенный точечный заряд]

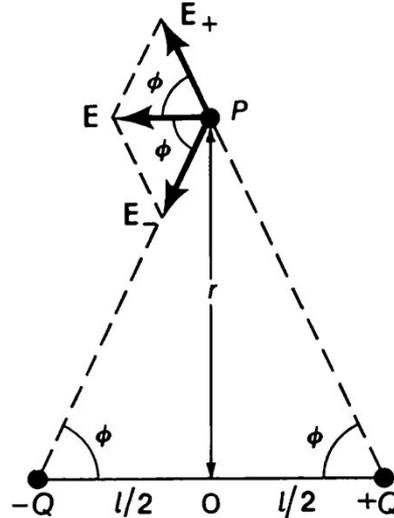
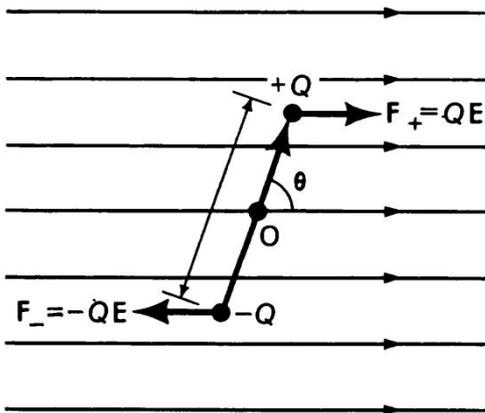
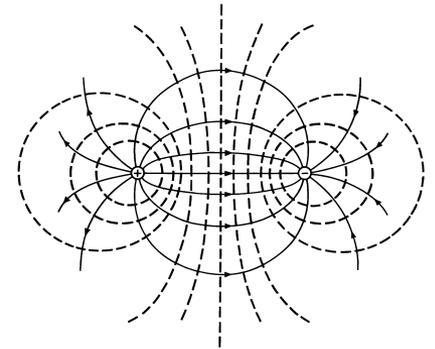
Электрические диполи

$$p = Ql \quad \text{- дипольный момент}$$

$$\tau = QE \frac{l}{2} \sin \theta + QE \frac{l}{2} \sin \theta = pE \sin \theta \quad \text{- вращающий момент} \quad \tau = \mathbf{p} \times \mathbf{E}$$

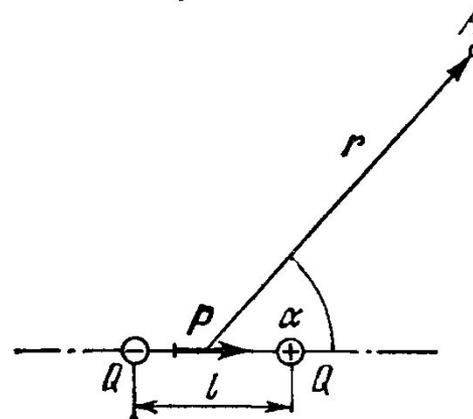
$$W = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \tau d\theta = pE \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta d\theta = pE (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) \quad \text{- работа, совершаемая электрическим полем по развороту диполя}$$

$$\varphi = \frac{p}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \cos \alpha \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p}{(r^2 + l^2/4)^{3/2}} \quad E = \frac{p}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^3} \sqrt{1 + 3\cos^2 \alpha}$$



$$P = \kappa \epsilon_0 E$$

$$\epsilon = 1 + \kappa$$



3.14. Под действием электростатического поля равномерно заряженной бесконечной плоскости точечный заряд $Q = 1$ нКл переместился вдоль силовой линии на расстояние $r = 1$ см; при этом совершена работа 5 мкДж. Определить поверхностную плотность заряда на плоскости. [8,85 мкКл/м²]

3.25. Одинаковые заряды $Q = 100$ нКл расположены в вершинах квадрата со стороной $a = 10$ см. Определить потенциальную энергию этой системы. [4,87 мДж]

3.27. Кольцо радиусом $r = 5$ см из тонкой проволоки несет равномерно распределенный заряд $Q = 10$ нКл. Определить потенциал φ электростатического поля: 1) в центре кольца; 2) на оси, проходящей через центр кольца, в точке, удаленной на расстояние $a = 10$ см от центра кольца. [1) 1,8 кВ; 2) 805 В]

3.30. Полый шар несет на себе равномерно распределенный заряд. Определить радиус шара, если потенциал в центре шара равен $\varphi_1 = 200$ В, а в точке, лежащей от его центра на расстоянии $r = 50$ см, $\varphi_2 = 40$ В.
[10 см]

15.25. Две бесконечные параллельные плоскости находятся на расстоянии $d = 0,5$ см друг от друга. На плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями $\sigma_1 = 0,2$ мкКл/м² и $\sigma_2 = -0,3$ мкКл/м². Определить разность потенциалов U между плоскостями.

16.13. Диполь с электрическим моментом $p = 100$ пКл·м свободно устанавливается в однородном электрическом поле напряженностью $E = 150$ кВ/м. Вычислить работу A , необходимую для того, чтобы повернуть диполь на угол $\alpha = 180^\circ$.

Домашнее задание

- **Т. 3.24 ||| 3.38**
- **Ч. 15.14 ||| 15.26 ||| 15.30 ||| 16.3 ||| 16.14**

Дополнительная задача

18. (III) Две нити спиральной молекулы ДНК (носителя генетического кода клеток) удерживаются вместе электростатическими силами

(рис. 22.27). Пусть заряд атомов Н и N равен $0,2e$, заряд атомов С и О равен $0,4e$, атомы в каждой молекуле находятся на расстоянии $1,0 \cdot 10^{-10}$ м, а углы между связями составляют 120° . Оцените силу, действующую между а) тимином и аденином; б) между цитозином и гуанином; в) между нитями ДНК, содержащими 10^5 пар таких молекул.

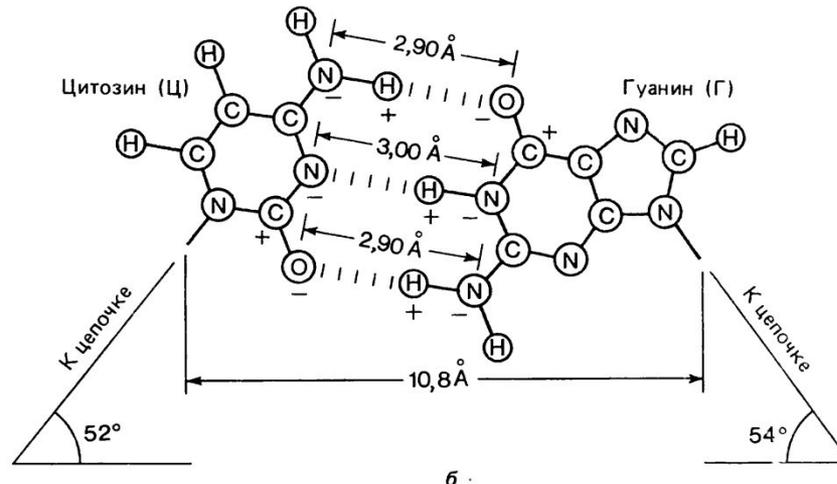
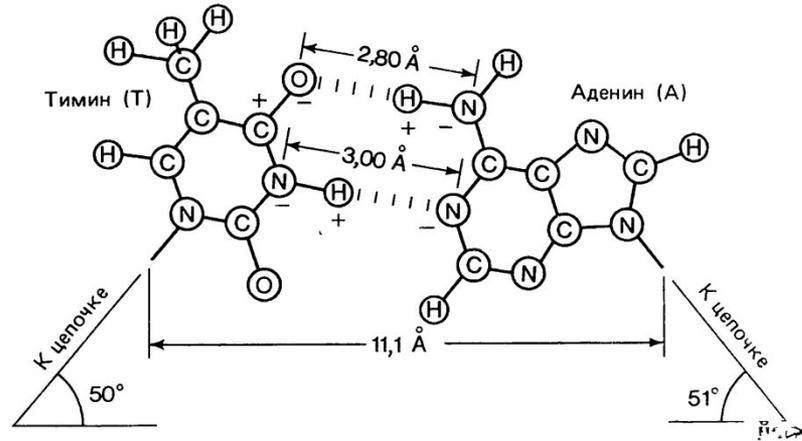


Рис. 22.27.

Джанколи Т.2

Задачи

Раздел 22.5