

Электрическая, магнитная и гравитационная постоянные – размерные коэффициенты, а не физические константы

СОДЕРЖАНИЕ.

1. Краткие сведения из истории электрической и магнитной постоянных.
2. Электрическая, магнитная и гравитационная постоянные в истории метрологии.
3. О множителе 4π рядом с размерными коэффициентами.
4. Множитель 4π пока применяется неправильно.
5. Физическая бессодержательность электрической и магнитной постоянных.
6. Гравитационная постоянная должна зависеть от формы гравитационного поля.
7. Фазовые скорости распространения волн, необходимые для расчета размерных коэффициентов.
8. Скорость гравитационных волн намного больше скорости электромагнитных волн.

1. Краткие сведения из истории электрической и магнитной постоянных.

В определяющих уравнениях многих полевых величин в СИ присутствуют так называемые **физические постоянные**, которые характеризуют “полевую среду“, то есть среду, которая описывается системой уравнений физического поля.

В 1785 г. Ш.Кулон установил закон взаимодействия электрических зарядов в центральном поле, в котором появился коэффициент пропорциональности k , зависящий как от свойств среды, так и от системы единиц, в которой подставляются присутствующие в законе Кулона физические величины. Поскольку размерность коэффициента k в законе Кулона зависела от системы единиц, то k стали называть **размерным коэффициентом** (хотя правильно говорить о **размерностном коэффициенте**). Другой размерный коэффициент появился в установленном в 1820 г. законе Био-Савара-Лапласа, определяющем магнитную индукцию в вихревом поле.

Эти два размерных коэффициента, обозначенные впоследствии символами ε и μ , стали называть **диэлектрической и магнитной проницаемостями** вещества. Их включили в определяющие уравнения для сил электрического и магнитного взаимодействия и стали считать константами, поскольку для каждого вещества они были количественно разными.

Дж.Максвелл в 1860-1865 г.г. обнаружил, что произведение диэлектрической и магнитной проницаемостей конкретного вещества связано с фазовой скоростью распространения электромагнитных волн v_{ph} в этом веществе уравнением

$$v_{ph} = 1/\sqrt{(\varepsilon \mu)} \quad (1)$$

Поскольку в XIX веке эфир считали такой же средой, как и любое вещество, то для эфира были также введены понятия диэлектрической и магнитной проницаемости, обозначенные символами ε_0 и μ_0 . А фазовую скорость распространения электромагнитных волн в эфире стали называть **электромагнитной постоянной** и обозначать символом c . Эта физическая величина относится к фундаментальным физическим константам.

Размерный коэффициент k из закона Кулона стали представлять для эфира в виде $1/\varepsilon_0$, в котором величину ε_0 стали называть **электрической постоянной** (физической константой эфира). А размерный коэффициент из закона Био-Савара-Лапласа стали представлять в виде μ_0 и называть **магнитной постоянной** (также физической константой

эфира). Исходя из подобных представлений об эфире, Дж.Максвелл предложил для электромагнитной постоянной уравнение

$$c = 1/\sqrt{(\varepsilon_0 \mu_0)} . \quad (2)$$

На основании этого уравнения Дж.Максвелл выдвинул предположение, что распространение света является процессом распространения электромагнитных волн в эфире. После этого фазовую скорость электромагнитных волн в эфире c стали называть как **электромагнитной постоянной**, так и **скоростью света**. В XX веке слова “в эфире” заменили словами “в физическом вакууме”. Но физическое содержание полевой среды, описываемой уравнениями электромагнитного поля, от этого не изменилось.

2. Электрическая, магнитная и гравитационная постоянные в истории метрологии.

Вторая половина XIX века была периодом поиска наиболее удобной системы единиц, учитывающей достижения ученых в области электромагнетизма. Подробная история этого поиска приведена в работах А.Власова и Б.Мурина (1990) и Г.Трунова (2006). В 1870-1881 г.г. физики пользовались системами СГСЭ и СГСМ, созданными отдельно для электрических (при предположении $\varepsilon_0 = 1$, из чего следовало, что $\mu_0 = 1/c^2$) и магнитных величин (при предположении $\mu_0 = 1$, из чего следовало, что $\varepsilon_0 = 1/c^2$).

Затем их объединили в смешанную систему единиц СГС (при предположении $\varepsilon_0 = \mu_0 = 1$), для которой уравнение Дж. Максвелла (2) уже не соблюдается, что является серьезным недостатком системы СГС. В 1889 г. А.Рюкер предложил системы единиц СГС ε_0 и СГС μ_0 , но эти системы не прижились. То есть, называть ε_0 и μ_0 физическими постоянными нет никаких оснований.

Значение μ_0 , как сказано в работе А.Власова и Б.Мурина (1990), в СИ “*определяется из уравнения для силы взаимодействия двух параллельных электрических токов в вакууме*”, то есть с помощью использования закона Ампера. Затем по значениям c и μ_0 с помощью уравнения (2) определяется значение ε_0 по формуле:

$$\varepsilon_0 = 1/(\mu_0 c^2) . \quad (3)$$

Заметим, что уравнение (3) противоречит принципу причинности, ибо в соответствии с этим принципом μ_0 следует определять по ε_0 . Ведь электрическое поле является первичным по отношению к магнитному полю.

Гравитационная постоянная G (в метрологических справочниках обозначается γ) в законе всемирного тяготения Ньютона при его открытии отсутствовала. Численное значение гравитационной постоянной было определено по результатам экспериментов Г.Кавендиша в 1798 г. Размерность гравитационной постоянной не зависела от смены системы единиц, так как размерности массы и длины оставались одними и теми же с момента самой первой системы единиц, менялись только численные значения единиц: сантиметр сменялся метром, а грамм – килограммом.

3. О множителе 4π рядом с размерными коэффициентами.

Основное различие между применяемыми и применявшимися ранее системами единиц заключается в присутствии или отсутствии в знаменателе законов взаимодействия зарядов Ньютона и Кулона множителя 4π . В первоначальной записи законов этот множитель отсутствовал. Лишь в 1892 г. О.Хевисайд предложил его ввести в систему единиц СГС с целью осуществления более рациональной записи уравнений Максвелла, но его предложение в этой системе единиц не прижилось. В XX веке множитель 4π ввели в законы взаимодействия в СИ, и это введение стали называть **рационализацией законов взаимодействия**.

Покажем, что включение множителя 4π заключается отнюдь не в рационализации записи уравнений, оно имеет другое физическое обоснование.

Закон Ньютона взаимодействия гравитационных масс M и m , открытый в 1687 г., в современной литературе выглядит так:

$$\mathbf{F} = \gamma Mm \mathbf{e}_r / r^2, \quad (4)$$

где r – расстояние между центрами масс M и m . Через 100 лет, в 1785 г. Ш.Кулоном был открыт **закон взаимодействия электрических зарядов** Q и q , структура формулы которого оказалась точно такой же, как структура закона Ньютона:

$$\mathbf{F} = k_e Qq \mathbf{e}_r / r^2, \quad (5)$$

где k_e – размерный коэффициент, зависящий от свойств среды и используемой системы единиц. Из истории физики (Б.Спасский, 1979) известно, что Ш. Кулон, полагая, что наряду с электрическими существуют и магнитные заряды (магнитные массы), пришел на основании эксперимента к заключению, что силы взаимодействия между магнитными массами, обозначенными им как m_1 и m_2 , также подчиняются аналогичному закону:

$$\mathbf{F} = k_m m_1 m_2 \mathbf{e}_r / r^2, \quad (6)$$

но с другим размерным коэффициентом k_m . Уравнение (4) называется **законом Кулона для магнитных масс**.

Современная физика утверждает, что магнитных масс (магнитных зарядов) не существует. Но законом Кулона для магнитных масс продолжают успешно пользоваться и сейчас в электротехнике, так как он позволяет перенести в теорию магнитного поля методы, разработанные для электрических полей. Причем под силой \mathbf{F} в этом случае понимают силу взаимодействия двух магнитных полюсов, в которых сосредоточены действующие магнитные массы (а фактически совокупности молекулярных токов). Используя определяемую в процессе измерения силу \mathbf{F} , рассчитывают значение этих магнитных масс.

Предложение О.Хевисайда относительно множителя 4π упростило запись уравнений Максвелла, но в применявшейся тогда системе единиц СГС оно не прижилось. Но систему единиц, в которой это предложение было осуществлено, стали называть **системой Хевисайда-Лоренца**, так как идею О.Хевисайда реализовал Г.Лоренц. Эта система вошла впоследствии в систему единиц МКСА и вместе с ней в СИ. В СИ размерные коэффициенты k_e и k_m из уравнений Кулона (2) и (3) стали равными

$$k_e = 1/4\pi\epsilon_0, \quad (7) \quad \text{и} \quad k_m = \mu_0/4\pi. \quad (8)$$

Сейчас коэффициенты k_e и k_m записывают в уравнениях электродинамики только в виде (7) и (8). В тех случаях, когда числитель и знаменатель уравнения для напряженности можно сократить на 2, это не делается, множитель 4π не разукрупняют.

О.Хевисайд, не предложил поделить на 4π и гравитационную постоянную γ , хотя это тоже надо было сделать. Ведь учесть множитель 4π следует вовсе не ради рационализации записи уравнений, а для того чтобы сохранить физическое содержание.

Множитель 4π следует объединять с множителем r^2 , поскольку сила взаимодействия \mathbf{F} обратно пропорциональна площади поверхности равной напряженности (эквипотенциальной поверхности), и квадрат радиуса является лишь множителем в формуле площади. Но множитель 4π и квадрат радиуса r^2 по-прежнему отделены друг от друга, а это уже принципиально неверно. Обратная пропорциональность квадрату радиуса, называемая в физике **законом обратных квадратов**, является всего лишь

следствием обратной пропорциональности площади эквипотенциальной поверхности. Вместо закона обратных квадратов следует говорить о **законе обратных площадей**.

Получается, что множитель 4π не надо было вводить принудительно, как это предложил О.Хевисайд. Множитель 4π должен был там находиться с самого момента открытия этих законов, что, к сожалению, не предусмотрели ни И.Ньютон, ни Ш.Кулон. Рационализация системы единиц, предложенная О.Хевисайдом, всего лишь смогла исправить форму записи законов этих великих ученых.

После рационализации единиц по О.Хевисайду и предложения Дж.Джорджи заменить сантиметр и грамм на метр и килограмм в первой половине XX века появилась система единиц МКСА, в которой ε_0 и μ_0 уже умножались на $(1/4\pi)$, то есть они стали равными $(1/4\pi\varepsilon_0)$ и $(\mu_0/4\pi)$. Затем система МКСА плавно перешла во второй половине XX века в общепринятую сейчас систему единиц СИ с теми же размерными коэффициентами $(1/4\pi\varepsilon_0)$ и $(\mu_0/4\pi)$.

4. Множитель 4π пока применяется неправильно.

Итак, в рационализированных системах единиц, к числу которых принадлежит СИ, площадь эквипотенциальной поверхности $S = 4\pi r^2$ присутствует, но искусственно разделяется на два сомножителя. Обобщенное уравнение взаимодействия должно иметь такую форму записи:

$$\mathbf{F} = k_{f0} Qq \mathbf{e}_r / S = k_{f0} Qq \mathbf{e}_r / 4\pi r^2 . \quad (9)$$

Однако множитель 4π искусственно ставится рядом с размерным коэффициентом k_{f0} . В результате чего уравнение (8) сейчас выглядит так:

$$\mathbf{F} = (1/4\pi\varepsilon_0) (Qq \mathbf{e}_r / r^2) . \quad (10)$$

В результате при взгляде на уравнение (10) уже не просматривается физическое содержание закона Кулона. А в справочнике по физике Б.Яворского и А.Детлафа (1990) уравнение (10) приобретает даже вид:

$$\mathbf{F}_{12} = (1/4\pi\varepsilon_0) (Qq \mathbf{r}_{12} / r^3) , \quad (11)$$

где \mathbf{r}_{12} – орт радиус-вектора r . Подобная запись вводит только в заблуждение, так как надо еще дополнительно пояснять, откуда в знаменателе появился радиус-вектор в третьей степени. Может быть, с точки зрения математики запись этих уравнений и стала удобнее, но при преподавании физики важнее все же физическое содержание уравнений.

Еще хуже обстоит дело с уравнением для определения силы тяготения в уравнении (4). В этом уравнении вообще нет множителя 4π , так что о существовании эквипотенциальной поверхности и не догадаешься, если об этом не упомянуть при преподавании. Для того чтобы физическое содержание уравнения (4) стало понятным, следует сделать коэффициент $k_{g0} = (1/\gamma_0)$ аналогично коэффициенту $(1/\varepsilon_0)$ в электрическом поле. При этом коэффициент $\gamma_0 = 1/(4\pi\gamma)$. Именно такую форму записи размерного коэффициента для гравитационного поля диктует логика систематизации физических величин.

5. Физическая бессодержательность электрической и магнитной постоянных.

Г.Трунов (2006, 2007), ссылаясь на мнения многих известных физиков и метрологов, доказал следующее положение. “...величины ε_0 и μ_0 , называемые в настоящее время диэлектрической и магнитной постоянными, по своей сути являются размерными коэффициентами, которые появляются в определяющих уравнениях электромагнетизма (в законе Кулона для точечных зарядов и в законе Ампера для двух параллельных

проводников с токами) при переходе от трехмерной системы СГС к четырехмерной системе электромагнитных единиц СИ“.

О физической бессодержательности величин ϵ_0 и μ_0 после внесения этих величин в метрологические стандарты говорит автор известного учебника по физике Д.Сивухин (1979): “Дух отживших физических представлений витает над системой СИ. В частности, он повлиял на терминологию: первоначально величины ϵ_0 и μ_0 назывались диэлектрической и магнитной проницаемостями вакуума. Только полная бессодержательность таких понятий заставила отказаться от этих терминов и заменить их нейтральными терминами электрическая и магнитная постоянные. От этого, конечно, величины не сделались содержательными. Эти ненужные величины засоряют физику и загромождают формулы“.

В системе величин ЭСВП, предлагаемой автором, значения размерных коэффициентов ϵ_0 и μ_0 соответствуют их значению в системе единиц СГСЭ, в частности, $\epsilon_0 = 1$ и его размерность также равна 1. Именно такая размерность ϵ_0 приводит к тому, что размерность потока вектора напряженности электростатического поля оказывается равной размерности заряда центрального поля, что и требует теорема Гаусса. Другие размерности коэффициента ϵ_0 к такому выводу не приводят. И тогда в соответствии с уравнением (2) размерный коэффициент μ_0 становится равным $(1/c^2)$. При этом следует обратить внимание на то, что в ЭСВП μ_0 определяется по ϵ_0 , и такая последовательность уже не противоречит принципу причинности.

Заметим, что в настоящее время появились серьезные доводы против предположения Дж.Максвелла о том, что электромагнитная постоянная и скорость света в физическом вакууме имеют одинаковую физическую природу. Например, В.Ацюковский (2006) приводит экспериментальные данные, показавшие, что затухание света в воде Черного моря в миллион раз слабее, чем затухание электромагнитных волн. Такое расхождение можно объяснить лишь различной природой света и электромагнитных волн. Действительно, поперечные электромагнитные волны воздействуют на жидкость в целом, без учета ее молекулярного состояния, и поэтому более быстрое затухание электромагнитных волн в жидкости объясняется ее достаточно большой плотностью. А свет представляет собой поток элементарных частиц (фотонов). Соппротивление потоку фотонов идет на уровне ядер и электронов в атомах, и поэтому затухание света в жидкости значительно более слабое.

6. Гравитационная постоянная должна зависеть от формы гравитационного поля.

Точно так же, как электромагнитное поле представлено в двух формах – центральное (электростатическое поле) и вихревое (магнитное поле), гравитационное поле тоже должно быть представлено в двух формах – центральное (**гравистатическое поле**) и вихревое (**гравидинамическое поле**).

Однако в современной физике сила взаимодействия, определяемая в законе всемирного тяготения Ньютона, рассматривается только для гравистатического поля. В законе Ньютона присутствует **размерный коэффициент γ** , называемый в физике **гравитационной постоянной**. Он, в частности, входит во все уравнения для определения значений планковских единиц.

При рассмотрении двух разных форм гравитационного поля размерные коэффициенты для них должны индексироваться по-разному, например, k_{g0} (для гравистатического поля) и k_{i0} (для гравидинамического поля).

В СИ, как предложил Ю.Немчинов (1995), размерный коэффициент k_{g0} можно записать в виде $1/\gamma_0$ по аналогии с размерным коэффициентом электростатического поля $1/\epsilon_0$. В этом случае в качестве **гравистатической постоянной** (уже не гравитационной постоянной!) следует считать не γ , а размерный коэффициент $\gamma_0 = 4\pi/\gamma$ (или $\gamma_0 = 4\pi/G$).

Введение множителя 4π в состав гравистатической постоянной γ_0 требует пересчета численных значений всех планковских единиц.

По аналогии с электростатическим полем в законах взаимодействия гравитационных систем в физическом вакууме размерный коэффициент для гравистатического поля k_{g0} должен быть равным 1, подобно размерному коэффициенту для электростатического поля (электрической постоянной) ϵ_0 .

Для гравидинамического поля (вихревой составляющей гравитационного поля) должен быть свой размерный коэффициент k_{i0} , аналогичный магнитной постоянной μ_0 в магнитном поле. Этот размерный коэффициент, обозначенный нами символом δ_0 , в современной физике отсутствует. Впрочем, и само понятие гравидинамического поля встречается в литературе редко.

В принципе, размерный коэффициент δ_0 , который можно назвать **гравидинамической постоянной**, можно будет определить лишь тогда, когда станет известно значение фазовой скорости гравитационных волн c_g , которая, как и скорость электромагнитных волн c , должна определяться уравнением

$$c_g = 1/\sqrt{(\gamma_0 \delta_0)} \quad , \quad (12)$$

аналогичным уравнению Максвелла $c = 1/\sqrt{(\epsilon_0 \mu_0)}$. В частности, фазовая скорость электромагнитных волн c и фазовая скорость гравитационных волн c_g вошли в “Единую математическую формулу законов природы, предложенную М.Вудынским (1971).

В современной физике указывается на различную природу электромагнитных волн и потока фотонов света, несмотря на одинаковое значение их скорости, то есть на отсутствие так называемого корпускулярно-волнового дуализма. По-видимому, природа гравитационных волн и потока гравитонов также различна.

7. Фазовые скорости распространения волн, необходимые для расчета размерных коэффициентов.

Продольные волны могут распространяться лишь в упругой среде. Для поперечных волн, какими являются электромагнитные волны, это условие не обязательно. В современной физике фазовая скорость распространения волн в упругой среде v_{ph} определяется по уравнению:

$$v_{ph} = 1/\sqrt{(\beta_{ad} \rho)} = \sqrt{(K_{ad} \rho)} \quad , \quad (13)$$

где β_{ad} – адиабатическая сжимаемость среды; K_{ad} – адиабатический модуль объёмного сжатия среды; ρ – плотность среды. По-видимому, можно считать, что присутствующие в уравнении (13) произведения физических величин $(\beta_{ad} \rho)$ и $(K_{ad} \rho)$ являются фундаментальными физическими константами.

Адиабатический процесс предполагает отсутствие теплообмена системы с окружающей средой. В полевой среде более уместно говорить об отсутствии энергообмена. Это тем более обосновано, если учесть чрезвычайно большое значение частоты волнового движения.

Из теории распространения продольных волн в упругой твердой среде известно, что их фазовая скорость в $\sqrt{(E/G)}$ больше, чем фазовая скорость поперечных волн в той же среде (E – модуль продольной упругости среды, а G – модуль ее поперечной упругости). Это же относится и к жидкой среде, хотя и с некоторыми особенностями.

В любой среде модуль продольной упругости во много раз больше модуля ее поперечной упругости. Это объясняется тем, что при распространении продольных волн происходят колебания деформации растяжения-сжатия, что связано с колебанием давления в среде и, как следствие, с колебанием плотности среды. А при распространении поперечных волн происходят колебания деформации сдвига, что не приводит к

колебаниям плотности среды, а может приводить лишь к потерям энергии на внутреннее трение.

Приведем пример различия между продольными и поперечными волнами из хорошо знакомой земной реальности. Фазовая скорость звука в воде (продольные колебания в жидкости) во много раз больше фазовой скорости движения волн на поверхности воды (поперечные колебания жидкости). При подводных землетрясениях до берега сначала доносятся продольные волны, движущиеся внутри воды, их чувствуют морские животные. Затем по воздуху доносится инфразвук значительной мощности, вызванный зародившимися волнами цунами, он движется со скоростью звука в воздухе (продольные колебания в воздухе), и его слышат, только позже, земные животные, убегающие подальше от берега. И лишь через некоторое время на берег обрушиваются поверхностные поперечные волны (волны цунами), которые движутся со значительно меньшей скоростью.

8. Скорость гравитационных волн намного больше скорости электромагнитных волн.

Можно предположить, что фазовая скорость распространения продольных волн в физическом вакууме (скорость гравитационных волн) также во много раз больше скорости распространения поперечных волн в этой же среде (в частности, намного больше скорости электромагнитных волн в физическом вакууме c). Еще П.Лаплас утверждал, что скорость гравитационных волн в вакууме должна быть на несколько порядков выше скорости электромагнитных волн. Фазовая скорость распространения гравитационных волн в полевой среде c_g и является фазовой скоростью распространения продольных волн.

Сверхсветовую скорость наблюдал Н.Тесла (1904) при опытах со своим знаменитым трансформатором Тесла. У него электромагнитные колебания в хитро задуманном им устройстве порождали колебания эфира. Н.Тесла заметил, что наблюдаемые им волны, в отличие от поперечных электромагнитных волн, проникают сквозь металл. Это можно было бы объяснить, например, тем, что длина этих волн настолько мала, что она значительно меньше межатомных и межмолекулярных расстояний, эти волны просто не ощущают препятствий при прохождении сквозь тело, состоящее из атомов и молекул. Тогда как длины волн поперечных электромагнитных колебаний соизмеримы с размерами микрочастиц, и поэтому электромагнитные волны задерживаются земными материалами в той или иной степени.

Продольные гравитационные волны изучал видный ученый А.Вейник. У В.Леонова (2001) сказано по этому поводу так: “Установить природу гравитационных волн позволила теория упругой квантованной среды (УКС), которая на сегодняшний день является самым мощным аналитическим аппаратом исследования материи и сложнейших физических явлений. Теория УКС представляет собой теорию единого поля (ТЕП), раскрывает структуру вакуума, заменяет теорию относительности Эйнштейна как изжившую себя и представляет собой дальнейшее развитие квантовой теории и квантовых представлений о природе материи с позиций электромагнетизма... Проведенный анализ волновых колебаний в УКС (вакуумном поле) позволяет предположить, что Вейником впервые экспериментально были зарегистрированы продольные гравитационные волны в виде перемещающихся зон сжатия и разрежения квантовой плотности вакуумной среды, излучаемые в момент изменения деформационно нагруженного состояния вещества. Результаты Вейника воспроизводятся другими исследователями“.

На сегодняшний день в литературе имеется большой разброс предполагаемых значений скорости продольных гравитационных волн. В любом случае, скорость распространения электромагнитных волн в вакууме не является предельным значением скорости.

Литература

1. Ацюковский В.А., 2006, Популярная эфиродинамика, или Как устроен мир, в котором мы живем. – М.: Знание, 288с.
2. Власов А.Д., Мурин Б.П., 1990, Единицы физических величин в науке и технике. – М., Энергоатомиздат, 176 с.
3. Вудынский М.М., 1971, Законы физики и электроника. – ВИНТИ, Итоги науки и техники, Серия “Автоматика и радиоэлектроника“.
4. Коган И.Ш., 2011, Развитие идеи объединения электромагнетизма и гравитации. – “Мир измерений”, **3**, с.с. 51-53.
5. Леонов В.С., 2001, «Открытие гравитационных волн профессором Вейником», Москва, Агроконсалт, 60 с.
6. Немчинов Ю.В., 1995, О том, как соединить гравитацию с электромагнетизмом. – “Законодательная и прикладная метрология”, № 1, с.с. 44-47.
7. Сивухин Д.В., 1979, О Международной системе физических величин. – “Успехи физических наук”, 129, вып. 2, с.с. 335-338
8. Спасский Б.И., 1979, Физика в ее развитии. - М.: Просвещение, 103 с.
9. Тесла Н., 1904, Передача электрической энергии без проводов. The Electrical World and Engineer
10. Трунов Г.М., 2006, Уравнения электромагнетизма и системы единиц электрических и магнитных величин. – Пермь, ПГТУ, 130 с.
11. Трунов Г.М., 2007, Магнитная постоянная μ_0 : фундаментальная физическая константа или просто размерный коэффициент? – “Законодательная и прикладная метрология”, 2.
12. Яворский Б.М., Детлаф А.А., 1990, Справочник по физике. 3-е изд. М.: Наука, Физматгиз, 624 с.