

Е. Д. Эйдельман

ФИЗИКА

С ЭЛЕМЕНТАМИ БИОФИЗИКИ

УЧЕБНИК

Министерство образования и науки РФ

Рекомендовано ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» в качестве учебника для студентов учреждений высшего профессионального образования, обучающихся по специальностям 060301 «Фармация», 060601 «Медицинская биохимия», 060602 «Медицинская биофизика», 240700 «Биотехнология» (специалитет), 020501 «Биоинженерия и биоинформатика» по дисциплине «Физика»

Регистрационный номер рецензии 439 от 10 сентября 2012 года
ФГАУ «Федеральный институт развития образования»



Москва
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»
2013

УДК [53 + 577.3](075.8)
ББК 22.3я73 + 28.071я73
Э30

Автор: д-р физ.-мат. наук, проф., зав. кафедрой физики ГБОУ ВПО «Санкт-Петербургская химико-фармацевтическая академия» Минздравсоцразвития России, старший научный сотрудник лаборатории физики кластерных структур Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН *Е.Д. Эйдельман*.

Рецензенты: канд. фарм. наук, проф., зав. кафедрой фармакогнозии, ректор ГБОУ ВПО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Минздравсоцразвития России *Г.И. Олешко*; канд. физ.-мат. наук, доцент, зав. кафедрой физики и математики ГБОУ ВПО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Минздравсоцразвития России *М.И. Вахрин*; заслуженный работник здравоохранения России, д-р фарм. наук, проф., зав. кафедрой фармацевтической химии Пятигорского филиала ГБОУ ВПО ВолгГМУ Минздрава России *Е.Н. Вергейчик*; д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой физики и математики Пятигорского филиала ГБОУ ВПО ВолгГМУ Минздрава России *В.Т. Казуб*.

Эйдельман, Е. Д.

Э30 Физика с элементами биофизики : учебник / Е. Д. Эйдельман. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. — 512 с. : ил.

ISBN 978-5-9704-2524-4

Учебник состоит из 20 глав, созданных на основе лекций в соответствии с учебной программой по физике и биофизике для студентов фармацевтических вузов (факультетов) и действующим Федеральным государственным образовательным стандартом 3-го поколения высшего профессионального образования. Рассмотрены вопросы классической и квантовой физики с целью подготовки учащихся к изучению циклов химических и биологических дисциплин. Изложены физические основы методов анализа, в соответствии с требованиями фармакопеи, и основы квантовой химии на базе рассмотрения теории атома водорода. Представлены важные сведения по молекулярной биофизике и мембранологии, а также по биофизике макросистем, в том числе по фармакокинетике. В конце каждой главы представлены контрольные вопросы и задания.

Учебник предназначен студентам фармацевтических вузов (факультетов), а также может быть полезен студентам химикам-технологам и биотехнологам, студентам медицинских и биологических специальностей.

УДК [53 + 577.3](075.8)
ББК 22.3я73 + 28.071я73

Права на данное издание принадлежат ООО Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа». Воспроизведение и распространение в каком бы то ни было виде части или целого издания не могут быть осуществлены без письменного разрешения ООО Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа».

© Эйдельман Е.Д., 2013
© ООО Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа», 2013
© ООО Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа»,
оформление, 2013

ISBN 978-5-9704-2524-4

Глава 1

ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

Тема

Основная задача механики. Законы Ньютона.
Равноускоренное и колебательное движения

1.1. ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА МЕХАНИКИ. ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИЖЕНИЯ

Главнейшая цель науки — предсказать будущее. В конкретных областях научных знаний эта глобальная цель наполняется реальным содержанием. Приступая к изучению основ механики, необходимо знать, что *основной задачей (целью) механики является определение (предсказание) положения и движения тела в любой момент времени (t) в будущем или в прошлом, если известно его движение сейчас (в момент t_0).*

Для того чтобы научиться решать основную задачу механики, приведем в систему имеющиеся у каждого интуитивные и школьные представления о движении.

Положение тела определяется его *координатой* $x = x(t)$ (в пространстве — тремя координатами). При этом часто считают, что $t_0 = 0$, полагая, что часы включаются, когда начинается движение. *Перемещение* $s = x - x_0$. Перемещение и координата измеряются в метрах (м).

Единицы измерения (*размерность*) в физике записывают с использованием квадратных скобок. Например, для перемещения: $[s] = \text{м}$.

Время измеряется в секундах (с): $[t] = \text{с}$. Все помнят, сколько секунд в часе? $1 \text{ час} = 3600 \text{ с}$.

Рассмотрим скорость движения. По определению *скорость* v есть производная от координаты по времени. Например, если движение происходит по оси x , то

$$v = \frac{dx}{dt}. \quad (1.1)$$

Отметим сразу, что в физике и технических дисциплинах удобно записывать производную как отношение дифференциалов, а не обозначать ее штрихом. Обозначение в виде отношения dx/dt позволяет переходить к отношению разностей $\Delta x/\Delta t$, если это допустимо по естественно-научным соображениям. Очевидно, что $[v] = \text{м/с}$.

Зная скорость v , находим положение тела (координату) обратным по отношению к взятию производной действием — интегрированием (нахождением первообразной). Имеем:

$$s = x - x_0 = \int_0^t v dt. \tag{1.2}$$

Необходимо знать и зависимость от времени ускорения a . По определению ускорение — это скорость изменения скорости, или

$$a = \frac{dv}{dt}. \tag{1.3}$$

Единица измерения ускорения: $[a] = \text{м/с}^2$.

Напомним, что на графике (**рис. 1.1**) производная соответствует (равна!) тангенсу угла наклона касательной к оси абсцисс.

Это особенно понятно из рассмотрения малого прямоугольного треугольника с катетами Δv ; Δt . Ведь тангенс — отношение противолежащего катета Δv к прилежащему катету Δt , в пределе переходит в $a = dv/dt$. Интегралу на графике соответствует площадь между линией графика интегрируемой функции и осью абсцисс.

Первоначально в механике рассматривают движение точек — тел, размерами которых в данных условиях можно пренебречь. Оказывается, что любое движение, как точки, так и тел, можно представить как наложение (сумму) двух движений — прямолинейного и равномерного вращения по окружности.

При прямолинейном движении все точки тела совершают одинаковые перемещения s . При вращении тела все точки тела поворачиваются на одинаковый угол φ , который измеряется в радианах (рад). Поэтому для вращательного движения можно по аналогии ввести вместо скорости $v = ds/dt$ угловую скорость ω . При вращении угловая скорость

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \tag{1.4}$$

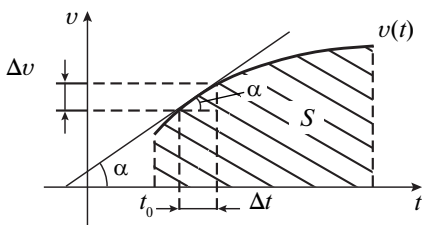


Рис. 1.1. Характеристики движения на графике зависимости скорости от времени. Ускорение — тангенс угла наклона касательной α . Перемещение — площадь s между графиком и осью t

одинакова для всех точек тела. Угловая скорость имеет размерность радиан в секунду (рад/с). Часто «радианы» в размерности не указывают и пишут $1/\text{с}$ или $[\omega] = \text{с}^{-1}$.

Между длиной дуги s , пройденной какой-либо точкой (пройденный путь) при вращении, и углом поворота существует связь. Для точки, находящейся на расстоянии r от оси вращения,

$$s = \varphi r. \quad (1.5)$$

Подобная же связь существует и между скоростями:

$$v = \omega r. \quad (1.6)$$

Имеется и аналог ускорения — *угловое ускорение*:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}, \quad (1.7)$$

которое имеет размерность радиан в секунду в квадрате ($1 \text{ рад}/\text{с}^2 = 1/\text{с}^2$), $[\varepsilon] = \text{с}^{-2}$.

Заметим, что ускорение при движении по окружности разделяется на две части: ускорение, направленное к центру вращения (*центростремительное*):

$$a_{\text{ц}} = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}, \quad (1.8)$$

и ускорение, направленное по скорости (*касательное*):

$$a_{\text{т}} = \varepsilon r. \quad (1.9)$$

Общее ускорение при таком движении, как это видно на **рис. 1.2**, можно найти с помощью теоремы Пифагора: $a = \sqrt{a_{\text{ц}}^2 + a_{\text{т}}^2}$. Итак, *основные характеристики движения — это перемещение (угол поворота) и две первые производные — скорость и ускорение.*

Казалось бы, так нужно вводить в рассмотрение и производные еще более высоких порядков. Оказывается, что в этом нет необходимости. Ускорение можно найти по-другому, используя один из важнейших законов физики — второй закон Ньютона.

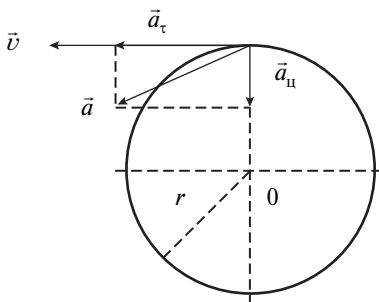


Рис. 1.2. Ускорение при движении по окружности

! Рекомендуем выполнить задание 1 в конце главы.