

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

**Е. В. Дырнаева, Р. Г. Кирсанов**

# **Физика с основами биофизики**

*Курс лекций*

**Часть 1**

Самара 2013

УДК 53(07):57(07)  
ББК 22.3 Р : 28Р  
Д-90

*Рецензенты:*

канд. пед. наук, зав. кафедрой физики и методики обучения  
ФГБОУ ВПО «Поволжская социально-гуманитарная академия»

*Е. В. Галиева;*

канд. пед. наук, доцент кафедры математики ФГБОУ ВПО «Самарская  
государственная сельскохозяйственная академия»

*О. Н. Бершвили*

**Дырнаева, Е. В.**

**Д-90** Физика с основами биофизики : курс лекций /  
Е. В. Дырнаева, Р. Г. Кирсанов. – Самара : РИЦ СГСХА,  
2013. – Ч.1. – 224 с.

**ISBN 978-5-88575-322-7**

Издание содержит основные вопросы по общему курсу физики и биофизики.

Курс лекций предназначен для студентов, обучающихся по специальностям: «Зоотехния» (111100.62), «Ветеринария» (111801.65), «Биоэкология» (020803.65).

© Дырнаева Е. В., Кирсанов Р. Г., 2013  
© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2013

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс лекций разработан согласно требованию Государственного образовательного стандарта третьего поколения высшего профессионального образования, рекомендованного Государственным комитетом России по образованию.

Цель издания – помочь студентам в изучении фундаментальных законов классической и современной физики, выработать умения по применению законов физики в сельскохозяйственном производстве.

В процессе изучения данного издания у студентов должны формироваться следующие профессиональные компетенции: способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

Курс лекций содержит три раздела: «Физические основы механики», «Молекулярная физика и термодинамика», «Электричество». Каждый раздел включает необходимый объем учебной информации, контрольные вопросы. В приложении предлагаются тестовые задания, позволяющие студентам осмыслить предлагаемый материал.

Авторы искренне благодарят рецензентов и всех коллег, чьи рекомендации позволили улучшить издание.

# РАЗДЕЛ 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

## Лекция 1. Значение и роль физики в системе АПК

- 1.1. Предмет физики.
- 1.2. Методы физического исследования.
- 1.3. Роль физики в развитии аграрных наук.
- 1.4. Связь физики с другими науками.
- 1.5. Физические основы механики.

### 1.1. Предмет физики

**Физика** (от греч. – природа) – наука о наиболее простых, и, вместе с тем, наиболее общих формах движения материи и их взаимных превращениях. Изучаемые физикой формы движения материи (механическая, тепловая и др.) присутствуют во всех высших и более сложных формах движения материи (химических, биологических и др.) и являются предметом изучения этих и других наук. Термин «физика» впервые появился в сочинениях одного из величайших мыслителей древности – Аристотеля, жившего в IV веке до нашей эры. Первоначально термины «физика» и «философия» были синонимичны, поскольку обе дисциплины пытаются объяснить законы функционирования Вселенной. Однако в результате научной революции XVI века физика выделилась в отдельное научное направление.

В современном мире значение физики чрезвычайно велико. Всё то, чем отличается современное общество от общества прошлых веков, появилось в результате применения на практике физических открытий. Так, исследования в области электромагнетизма привели к появлению телефонов, открытия в термодинамике позволили создать автомобиль, развитие электроники привело к появлению компьютеров.

Физическое понимание процессов, происходящих в природе, постоянно развивается. Большинство новых открытий вскоре получают применение в технике и промышленности. Однако новые исследования постоянно поднимают новые загадки и обнаруживают явления, для объяснения которых требуются новые физиче-

ские теории. Несмотря на огромный объём накопленных знаний, современная физика ещё очень далека от того, чтобы объяснить все явления природы.

Физика – это наука о природе в самом общем смысле. Она изучает различные субстанции бытия (материю, вещество, поля) и наиболее простые и вместе с тем наиболее общие формы её движения, а также фундаментальные взаимодействия природы, управляющие движением материи.

Некоторые закономерности являются общими для всех материальных систем, например, сохранение энергии, – их называют физическими законами. Физику иногда называют «фундаментальной наукой», поскольку другие естественные науки (биология, геология, химия и др.) описывают только некоторый класс материальных систем, подчиняющихся законам физики.

Например, химия изучает атомы, образованные из них вещества и превращения одного вещества в другое. Химические же свойства вещества однозначно определяются физическими свойствами атомов и молекул, описываемыми в таких разделах физики, как термодинамика, электромагнетизм и квантовая физика.

Физика тесно связана с математикой: математика предоставляет аппарат, с помощью которого физические законы могут быть точно сформулированы. Физические теории почти всегда формулируются в виде математических выражений, причём используются более сложные разделы математики, чем в других науках. И наоборот, развитие многих областей математики стимулировалось потребностями физических теорий.

## 1.2. Методы физического исследования

Процесс познания в физике начинается с **наблюдения явления** в естественных условиях. Умозрительное обобщение результатов наблюдений приводит к **выдвижению гипотезы** – предположения о закономерностях, которые требуют проверки и доказательства опытным путем, т.е. **постановки эксперимента**. В результате – ошибочные гипотезы (например, флогистона, эфира и др.) отбрасываются, а на основе правильных, подтвержденных экспериментами, формируется **физическая теория**. Физическая теория дает качественное и количественное объяснение целой об-

ласти явлений природы с единой точки зрения – вскрывает механизм этих явлений и формулирует их закономерности.

Развитие науки – от опыта к теории, от теории к опыту – этим не ограничивается. Обнаруживаются новые области явлений и факты, объяснение которых не укладывается в рамки существующей теории и требует выдвижения новых гипотез. Новые открытия ведут к исправлению или дополнению теорий, созданию новых, более глубоко и точно отражающих объективные закономерности природы.

Новая теория не всегда отрицает старую, чаще всего включает ее в себя как часть, частный случай, т.е. является более широкой и всеохватывающей (например, классическая механика стала составной частью релятивистской механики). Таким образом, по непрерывно восходящей спирали идет развитие науки.

### 1.3. Роль физики в развитии аграрных наук

Уместно несколько подробнее отметить роль физики в сельскохозяйственном производстве. Еще в 1788 г. один из основателей отечественной агрономии И. М. Комов писал в книге «О земледелии», что «земледелие же и с высокими науками тесный союз имеет, каковы суть история естественная, наука лечебная, химия, механика и почти вся физика, и *само оно не что есть иное, как часть физики опытной, только всех полезнейшая*». В течение многих лет большим энтузиастом в деле внедрения физики в сельское хозяйство был один из крупнейших советских физиков – академик *А.Ф. Иоффе*.

Не останавливаясь на таких общеизвестных вопросах, как механизация, электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства и внедрение во все его отрасли современной контрольно-измерительной аппаратуры, укажем на некоторые специфические направления творческого содружества физики с сельским хозяйством.

Процессы жизнедеятельности сельскохозяйственных растений в значительной мере определяются *физическими условиями* среды, в которой развивается растение: световым, тепловым, водным и воздушным режимами. Задача физики состоит в изучении этих условий и установлении наиболее благоприятных режимов для роста сельскохозяйственных культур. Не менее важным явля-

ется решение аналогичной задачи применительно к сельскохозяйственным животным.

Для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животноводства большое значение имеет изучение проблемы фотосинтеза и исследование методом меченых атомов процессов питания растений и животных.

#### 1.4. Связь физики с другими науками

Физика тесно связана с другими естественными науками. Эта связь привела к тому, что физика тесно переплелась с астрономией, геологией, химией, биологией, агрономией и др.

Физика тесно связана с философией. В основе научного познания мира лежит метод диалектического материализма. Диалектика – это наука о всеобщих законах движения, изменения, обновления и развития материи в наиболее далеком от односторонности виде.

Такие крупные открытия в области физики, как закон сохранения и превращения энергии, соотношение неопределенностей и др. являются ареной борьбы между материализмом и идеализмом.

#### 1.5. Физические основы механики

Простейшей формой движения материи является механическая – изменение взаимного положения тел в пространстве с течением времени. Исторические приоритеты в развитии механики обусловили потребности военного дела и техники еще в древнейшие времена. Развитие механики начинается со времен Архимеда (III век до н.э.), когда он сформулировал закон равновесия рычага и закон равновесия плавающих тел. Основные законы механики установлены Галилеем (XVI век) и окончательно сформулированы Ньютоном (XVII век). В настоящее время механика условно подразделяется на три части:

- 1) классическая механика Галилея – Ньютона;
- 2) релятивистская механика, основанная на специальной теории относительности;
- 3) квантовая механика.

**Классическая механика** делится на 3 раздела: кинематику, динамику и статику.

**Кинематика** изучает движение тел, не рассматривая причин, которые вызвали это движение.

**Динамика** изучает законы движения тел во взаимосвязи с причинами, которые вызывают или изменяют движение.

**Статика** изучает законы равновесия этих сил.

### Контрольные вопросы

1. Приведите примеры основных физических единиц в Международной системе.
2. Какие процессы составляют физическую форму движения материи?
3. В чем состоят задачи физики?
4. Из каких разделов состоит механика?
5. Назовите основоположников развития механики как науки.
6. Какими открытиями в области физики знамениты Аристотель, Ньютон, Галилей?
7. Как связана физика с другими науками (математикой, химией, философией и т.д.)?
8. Сформулируйте определения следующих понятий: гипотеза, метод, способ, теория.
9. Покажите роль физики в развитии агрономии.

## Лекция 2. Основы кинематики

- 2.1. Модели в механике. Система отсчета. Кинематические характеристики движения.
- 2.2. Скорость материальной точки.
- 2.3. Ускорение материальной точки.

### 2.1. Модели в механике. Система отсчета. Кинематические характеристики движения

В физических исследованиях часто используют научную абстракцию. При изучении движения или свойств тел не принимают во внимание несущественные для данной задачи характеристики тела, например, его размеры, строение, внутреннее состояние и т.п. Простейшим примером научной абстракции или физической моделью является понятие материальной точки.

**Материальная точка** – это тело, размерами которого можно пренебречь (они пренебрежимо малы по сравнению с масштабами движения и расстояниями) в данной задаче. Например, рассмат-

ривая движение Земли в Солнечной системе, молекулы в сосуде, их можно считать материальными точками.

**Система материальных точек.** Всякое тело можно мысленно разделить на такие части, каждую из которых можно рассматривать как материальную точку в данном масштабе движения. Тогда изучение движения тела или системы тел сводится к изучению движения системы материальных точек.

**Абсолютно твердое тело** – тело, которое ни при каких условиях в данной задаче не может деформироваться и расстояние между двумя частицами этого тела остается постоянным.

Изучение механического движения начнем с простейшего – поступательного.

**Поступательное движение** – это движение, при котором любая прямая, жестко связанная с движущимся телом, остается параллельной своему первоначальному положению. Движение в механике рассматривается как перемещение материальных точек (или просто точек) или их систем в пространстве и во времени. Положение материальной точки определяется по отношению к телу отсчета, считаемому неподвижным. Связанная с ним система координат и часов называется системой отсчета. Положение точки  $A$  в декартовой системе координат в данный момент времени определяется координатами  $x, y, z$  или радиусом – вектором  $\vec{r}$  (рис. 1.1).

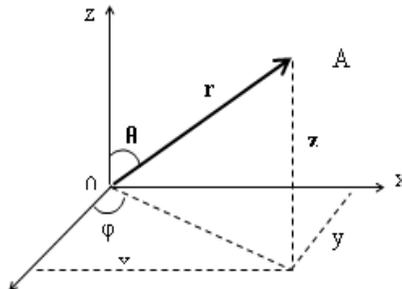


Рис. 1.1

При движении материальной точки координаты с течением времени изменяются, т.е. являются функциями времени. Скалярные уравнения:

$$x = x(t); y = y(t); z = z(t). \quad (1)$$

В общем случае (1) являются кинематическими уравнениями движения точки. Система уравнений (1) эквивалентна векторному уравнению:

$$\vec{r} = \vec{r}(t).$$

**Числом степеней свободы** материальной точки называют число независимых координат, которые полностью определяют ее положение в пространстве. Если точка движется в пространстве, то ее положение определяется тремя координатами  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и она обладает тремя степенями свободы. При движении по плоскости у точки две степени свободы, а при движении по прямой точка обладает только одной степенью свободы.

**Траекторией движения** называют линию, описываемую движущейся точкой. Пусть материальная точка перемещается по кривой из положения  $A$  в положение  $B$  (рис. 1.2).

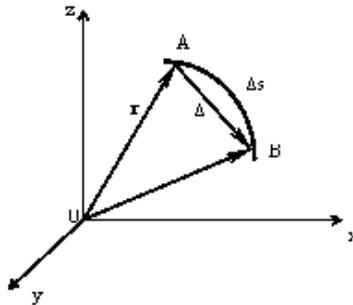


Рис. 1. 2

Тогда дуга  $A'B$  будет траекторией, а длина этой дуги  $\Delta s$  будет **длиной пути**. Длина пути  $\Delta s$  представляет собой скалярную функцию времени  $\Delta s = \Delta s(t)$ . Начальное положение материальной точки задается радиусом-вектором  $\vec{r}_0$ , а конечное – радиусом-вектором  $\vec{r}$ . Вектор  $\Delta \vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0$  (приращение радиуса – вектора за рассматриваемый промежуток времени) называется **перемещением**. При прямолинейном перемещении  $|\Delta \vec{r}| = \Delta s$ .

## 2.2. Скорость материальной точки

Быстрота и направление движения точки характеризуется **скоростью**. Скорость векторная величина. Пусть точка перемещается из положения  $A$  в положение  $B$  (рис. 1.3).

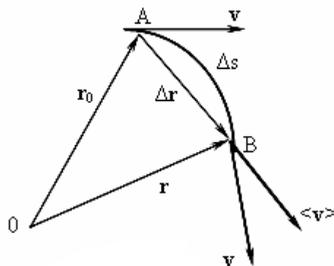


Рис. 1. 3

В момент времени  $t$  положение материальной точки характеризует радиус-вектор  $\vec{r}_0$ . За малый промежуток времени  $\Delta t$  точка прошла путь  $\Delta s$  до положения  $B$  и совершила элементарное перемещение  $\Delta \vec{r}$ . Вектором **средней скорости** называют отношение

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}.$$

Направление  $\langle \vec{v} \rangle$  совпадает с направлением  $\Delta \vec{r}$ .

Мгновенной скоростью  $\mathbf{v}$  называют предел отношения приращения радиуса-вектора точки  $\Delta \vec{r}$  к промежутку времени  $\Delta t$ , стремящемуся к нулю

$$\mathbf{v} = |\mathbf{v}| = \left| \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \right| = \frac{dr}{dt},$$

т.е.  $v$  есть первая производная радиуса-вектора по времени. В пределе при  $\Delta t \rightarrow 0$ , секущая  $AB$  совпадает с касательной и, следовательно, мгновенная скорость  $\mathbf{v}$  направлена по касательной в каждой точке траектории.

По мере уменьшения  $\Delta t$  путь  $\Delta s$  будет приближаться к значению модуля перемещения  $|\Delta \vec{r}|$ , поэтому модуль мгновенной скорости будет равен:

$$v = |\mathbf{v}| = \left| \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \right| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \mathbf{r}|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}.$$

Путь  $s$ , пройденный за время  $\Delta t$ , найдем, интегрируя выражение  $ds = v dt$  в пределах от  $t$  до  $t + \Delta t$