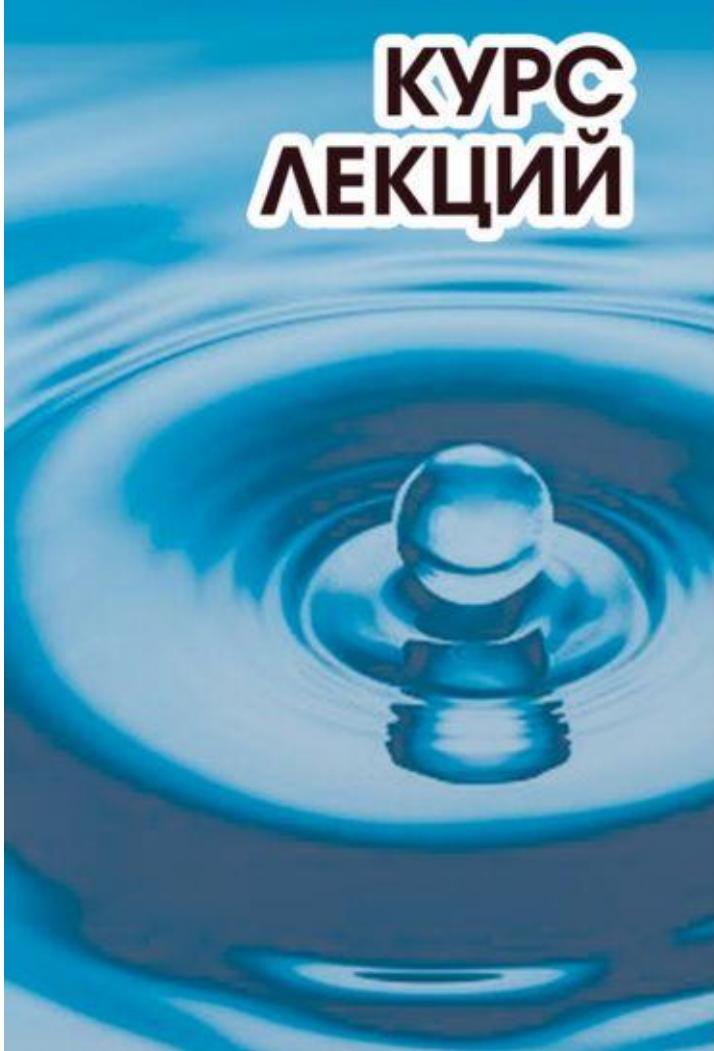


Ю. В. Бобылев, А. И. Грибков,  
В. А. Панин, Р. В. Романов

# МЕХАНИКА

## КУРС ЛЕКЦИЙ



Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВПО «Тульский государственный педагогический университет  
им. Л. Н. Толстого»

**Ю. В. Бобылев,  
А. И. Грибков,  
В. А. Панин,  
Р. В. Романов**

# **Механика**

## **КУРС ЛЕКЦИЙ**

*Учебное пособие*

*Допущено Учебно-методическим объединением  
по направлению «Педагогическое образование»  
Министерства образования и науки РФ  
в качестве учебного пособия для студентов  
высших учебных заведений, обучающихся  
по направлению подготовки 050100  
«Педагогическое образование»*

Тула  
Издательство ТГПУ им. Л. Н. Толстого  
2014

*Рецензенты:*

доктор физико-математических наук, профессор Ю. Ф. Головнёв

(Тульский государственный педагогический

университет им. Л. Н. Толстого);

доктор технических наук, профессор В. В. Жигунов

(Тульский государственный университет)

Б72

**Бобылев, Ю. В.**

Механика. Курс лекций: Учеб. пособие / Ю. В. Бобылев, А. И. Грибков, В. А. Панин, Р. В. Романов.— Тула: Изд-во Тул. гос. пед. ун-та им. Л. Н. Толстого, 2014.— 300 с.

ISBN 978-5-87954-873-0

Данное пособие представляет собой лекционный курс по механике и содержит необходимый материал, полностью соответствующий Государственному образовательному стандарту.

Издание предназначено главным образом для студентов, обучающихся по направлению «Педагогическое образование» (профиль подготовки «Физика»). Структура материала позволяет использовать его для подготовки к лекционным, практическим, лабораторным занятиям. Дополнительные материалы к каждой лекции способствуют расширению кругозора читателей и ликвидации пробелов в их знаниях по изучаемой дисциплине. Приведенные в большом количестве исторические сведения, описания фундаментальных экспериментов будут интересны для студентов, занимающихся самообразованием, в том числе и обучающихся дистанционно.

Подробное изложение теоретических выкладок позволяет использовать это пособие студентам других профилей подготовки.

**ББК 22.2я73**

ISBN 978-5-87954-873-0

© Ю. В. Бобылев, А. И. Грибков,  
В. А. Панин, Р. В. Романов, 2014  
© ТГПУ им. Л. Н. Толстого, 2014

## **Предисловие**

В силу сложившихся традиций изучение современной физики в педагогических вузах происходит поэтапно: в рамках общей и экспериментальной физики, курсе основ теоретической физики, ряде прикладных дисциплин, таких как астрономия, электротехника и радиотехника, а также специальных курсах. Произошедший в последнее десятилетие переход на систему многоуровневого высшего профессионального образования привел к значительному сокращению аудиторных часов, выделяемых на изучение профильных дисциплин, значительно повысив при этом роль самостоятельной работы студентов. В свою очередь, перед преподавателями вузов встала задача обеспечения студентов соответствующими максимально доступными и понятными дидактическими материалами (конспектами лекций, решебниками и пр.) по всем дисциплинам. При этом в данных материалах помимо подробного отражения непосредственно физики рассматриваемых явлений, необходимо учесть ослабление математической подготовки студентов, закладываемое уже в школе, и затем только усугубляемое в вузе, в силу опять-таки недостатка часов, что особенно актуальным становится при изучении теоретической физики.

Авторы данного пособия около тридцати лет преподают различные курсы общей и теоретической физики на факультете математики, физики и информатики Тульского государственного педагогического университета им. Л. Н. Толстого. В результате накопленного опыта преподавательской деятельности возникла идея создания единого сквозного курса общей и теоретической физики, который удовлетворял бы отмеченным выше условиям. Такой курс позволил бы выдержать единый стиль изложения и оформления, одинаковые обозначения, единую систему единиц, преемственность использования математического аппарата, что, безусловно, упростило бы восприятие материала студентами.

Первый шаг в реализации проекта сделан авторами еще в 2002 году с выходом учебного пособия «Электричество и магнетизм: курс лекций. Часть 1. Электростатика», допущенного учебно-методическим объединением Министерства образования в качестве учебного пособия для студентов физико-математических специальностей. Затем вышли в 2007 году «Электродинамика. Краткий курс лекций» и «Электродинамика в задачах» в 2012. Такой выбор «начальной» дисциплины обусловлен тем, что научные интересы авторов лежат в области нелинейной электродинамики плазмы, а также отдельных вопросов плазменной электроники и радиофизики.

Настоящее учебное пособие представляет собой курс лекций по первому разделу общей физики – механике. По своему объему и содержанию оно позволяет организовать как аудиторную, так и самостоятельную работу студентов, помочь в подготовке к практическим и лабораторным занятиям. Описания классических экспериментов, астрономические сведения, цитаты из трудов творцов физики, объяснение принципов работы различных механизмов позволяют не только «оживить» материал, но и продемонстрировать связь

теории с практикой. Физика – наука экспериментальная, и хорошая теория предполагает обобщение экспериментальных закономерностей до физических законов. Однако помимо практического описания физических явлений, авторы старались донести до студентов неизбежную потребность в теоретических расчетах. Поэтому в изложении присутствует определенная математическая строгость, но при этом авторы стремились обеспечить доступность для понимания его студентами с различным уровнем подготовки. Часть материала, который по своему уровню может быть отнесен скорее к некоторым разделам теоретической механики, сознательно вынесен в приложения. При изучении общей физики эти главы могут быть востребованы наиболее подготовленными студентами для дополнительного самообразования, а при изучении теоретической механики, когда эти сведения станут обязательными, ссылка на них также будет полезной, поскольку позволит повторить соответствующие экспериментальные факты из общей физики.

Большое количество иллюстраций и особое внимание к графическому представлению изучаемых зависимостей, на наш взгляд, повышает наглядность и способствует более глубокому пониманию изучаемой дисциплины.

Материал хорошо структурирован, что по нашему мнению окажет серьезную помощь студентам, которые по тем или иным (будем считать уважительным) причинам не могут посещать или посещают нерегулярно аудиторные занятия и занимаются самообразованием.

В пособии приведены все справочные данные, необходимые для понимания рассматриваемого материала. В качестве основной использована Международная система единиц (СИ).

Материал курса соответствует минимуму, указанному в Государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования, и учебному плану.

Пособие предназначено, главным образом, для студентов, обучающихся по направлению «Педагогическое образование» профиль подготовки «Физика». Также может быть рекомендовано как студентам других направлений подготовки, так и учителям школ, а также школьникам, изучающим физику углубленно.

Будем крайне признательны за указанные устно или письменно фактические или полиграфические ошибки.

*Авторы  
Тула, 2013*

## Введение в физику

### 1. Физика как наука

def<sup>1</sup>: Физика – наука, изучающая наиболее общие закономерности явлений природы, свойства и строение материи, законы ее движения.

Физика относится к точным наукам и изучает не только качественные, но и количественные закономерности явлений.

Название происходит от греческого *φύσις* (природа). Изначально физика охватывала все области знания о природных явлениях. В дальнейшем же произошло разделение наук, сначала достаточно глубокое: химия, астрономия, но затем стала наблюдаться интеграция: биофизика, химическая физика, астрофизика и т. д.

Законы физики базируются на фактах, установленных экспериментально, и имеют применение опять-таки в экспериментах и реальной жизни. Законы физики представляют собой количественные соотношения и формулируются на языке математики.

При изучении физики принято выделять:

- экспериментальную физику – опыты, проводимые для обнаружения новых фактов и проверки известных физических законов;
- теоретическую физику – формулировка законов природы и объяснение конкретных явлений, предсказание новых явлений;
- вычислительную физику – описание явлений природы и их компьютерное моделирование.

Наилучшие результаты получаются, когда теория, эксперимент и компьютер взаимодействуют друг с другом.

Курс общей физики как учебная дисциплина представляет собой некий симбиоз 3 видов физики.

### 2. Физическая картина мира

Основная задача физики состоит в том, чтобы создать в нашем сознании такую картину реального мира (физическую картину мира), которая наиболее полно отражает свойства действительности. Для этого нам приходится вводить понятия и обозначения, о которых природа не имеет ни малейшего понятия.

В реальном мире связи между явлениями столь многообразны и сложны, что охватить их и описать невозможно не только практически, но принципиально теоретически. Это обусловлено, вообще говоря, неисчерпаемостью материи и нашего знания о ней. Например, при падении камня, он нагревается, меняются его химические свойства, электромагнитные и так далее, а это, в свою очередь, влияет на его падение.

Поэтому любой физик вынужден создавать модели, то есть выделять существенные для данного круга явлений свойства и связи, забывая при этом об остальных.

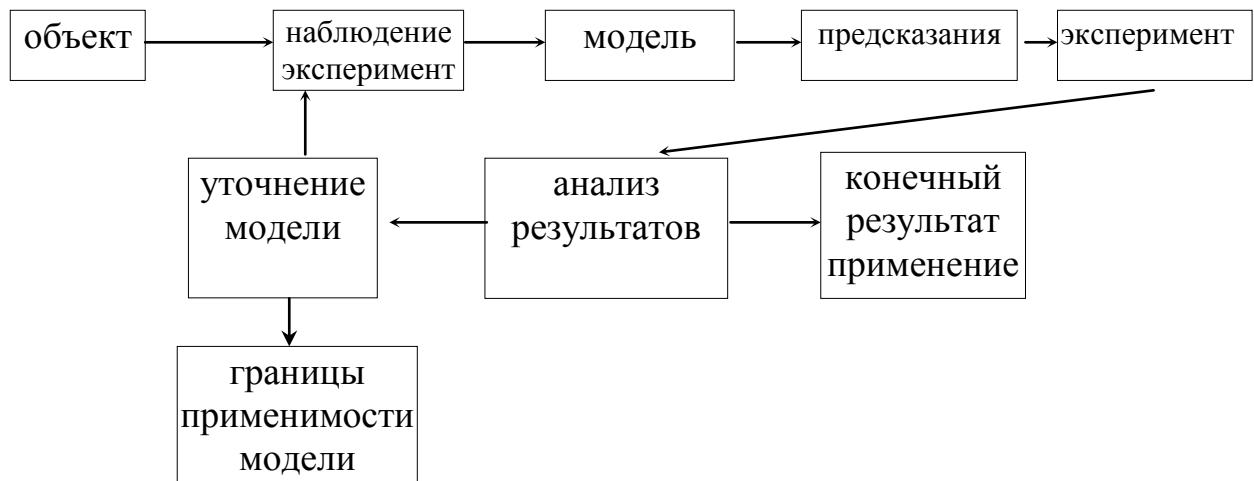
---

<sup>1</sup> def – definition, определение.

Очевидно, что любая модель справедлива лишь в определенных границах, за пределами которых она может стать не только неприменимой, но и бессмысленной.

### 3. Метод физики

Основной метод изучения в физике заключается в следующем:



Наиболее интересными являются два случая:

- предсказания не подтверждаются или опровергаются экспериментом;
- новый класс явлений, для которых вообще нет моделей.

Первый случай ведет к уточнению модели или созданию новой теории (СТО, квантовая физика).

Во втором случае появляется новый раздел физики (физика плазмы, физика сверхпроводников и т. д.)

Важно отметить, что в обоих случаях речь идет не об опровержении старой модели, а о границах ее применимости и разработке новой модели, охватывающей более широкий класс явлений.

### 4. Проблемы современной физики

Когда собственно зародилась физика сказать трудно. Видимо эти знания существовали в древнем Египте, Греции и т. д.

Однако за тысячелетия еще далеко не все стало известно, и огромное количество вопросов требуют своего освещения, причем этих вопросов становится не меньше, а больше.

К основным направлениям следует отнести:

1. Исследование материи на элементарном уровне
  - 1.1) кварки;
  - 1.2) суперструны;
  - 1.3) физика вакуума;
  - 1.4) проблема великого объединения или супергравитация.
2. Астрофизика
  - 2.1) состояние материи внутри черных дыр;
  - 2.2) природа квазаров, радиогалактик, сверхновых, пульсаров;
  - 2.3) нейтринное излучение Солнца;
  - 2.4) эволюция Вселенной в целом.

3. Физика ядра:
  - 3.1) расчет энергии связи, ядерных сил;
  - 3.2) острова стабильности (тяжелые элементы с порядковыми номерами 114÷126 могут быть стабильны);
  - 3.3) УТС (управляемый термоядерный синтез).
4. Квантовая электроника
  - 4.1) повышение мощности лазеров;
  - 4.2) плавная перестройка по частоте;
  - 4.3) рентгеновский лазер;
  - 4.4) лазер на свободных электронах.
5. Физика твердого тела
  - 5.1) высокотемпературная сверхпроводимость (ВТСП);
  - 5.2) сверхвысокие давления;
  - 5.3) сверхнизкие температуры;
6. Физика плазмы
  - 6.1) УТС удержание плазмы;
  - 6.2) устойчивость плазмы;
  - 6.3) неустойчивость плазмы;
  - 6.4) ускорение заряженных частиц.

Таким образом, работы хватит еще многим и многим поколениям физиков, как теоретиков, так и экспериментаторов.

## 5. Структура физики

В соответствии с многообразием исследуемых объектов и форм движения физика разделяется на ряд разделов. Очевидно, что это деление неоднозначно и его можно проводить, используя разные критерии.

- 1) по объектам:
  - 1.1) элементарные частицы;
  - 1.2) ядро;
  - 1.3) атомы и молекулы;
  - 1.4) газы и жидкости;
  - 1.5) твердое тело;
  - 1.6) плазма и т.д.
- 2) по формам движения материи:
  - 2.1) механика материальной точки и твердого тела;
  - 2.2) механика сплошных сред и акустика;
  - 2.3) термодинамика;
  - 2.4) статистическая физика;
  - 2.5) электродинамика;
  - 2.6) теория тяготения;
  - 2.7) квантовая механика;
  - 2.8) квантовая теория поля и т. д.

Мы будем придерживаться главным образом последнего деления по формам движения материи, поэтому курс начинается с механики материальной точки и твердого тела.

## Лекция № 1

### Введение в механику

#### **1. Механика – как наука**

def: Механика (греч. – наука о машинах, искусство построения машин) – наука о механическом движении материальных тел и взаимодействиях между ними.

def: Механическим движением называется изменение во времени взаимного положения объектов или их частей в пространстве.

В соответствии с характером решаемых задач выделяют:

- статику – учение о равновесии тел под действием сил;
- кинематику – учение о геометрических свойствах движения тел;
- динамику – учение о движении тел под действием сил;
- теорию колебаний,
- механику тел переменной массы,
- теорию удара и т. д.

#### **2. Историческая справка**

Египет – блоки (при строительстве пирамид);

Аристотель – 4 в до н. э. – термин “Механика”;

Архимед – 3 в до н. э. – рычаг, центр тяжести, гидростатика;

Леонардо да Винчи – 15 в. – параллелограмм сил, момент силы, вертолет;

С. Стевин (Голландия) – 16 в. – равновесие тел на наклонной плоскости;

П. Вариньон (Франция) – 17 в. – сложение сил, моменты сил;

Л. Пуансо (Франция) – 1804 – пара сил;

Н. Коперник (Польша) – 16 в. – гелиоцентрическая система;

И. Кеплер (Германия) – 17 в. – законы движения планет;

Г. Галилей (Италия) – свободное падение, маятник, относительность;

Х. Гюйгенс (Голландия) – физический маятник;

И. Ньютона (Англия) – 17 в. – аксиомы динамики;

Р. Гук (Англия) – деформации в твердом теле;

Л. Эйлер – 18 в. – кинематика твердого тела;

И. Бернулли (Швейцария) – интегральное и дифференциальное исчисление;

Л. Карно – проективная геометрия, равновесие тел;

Ж. Фурье – колебания, Ряды Фурье;

Ж. Лагранж – математическая формализация механики;

Даламбер – обобщенные координаты;

П. Мопертюи – принцип наименьшего действия;

Д. Бернулли – гидродинамика;

Остроградский (Россия) – 19 в. – гидродинамика;

К. Якоби – аэростатика;

Г. Герц – колебания и волны;

Н. Е. Жуковский – 20 в. – аэростатика;

Г. Кориолис – сила Кориолиса;

Л. Навье, О. Коши – упругость, вязкость;  
 Дж. Грин, У. Томсон, Дж. Стокс – движение в вязкой среде;  
 С. Пуассон, А. Сен-Венан, Г. Ламе – пластическое течение материала;  
 Г. Кирхгоф – отрывное обтекание тел;  
 Г. Гельмгольц – учение о вихрях;  
 О. Рейнольдс – турбулентность;  
 Л. Я. Ляпунов – 20 в. – нелинейные колебания;  
 И. В. Мещерский – переменная масса;  
 К. Э. Циолковский – космонавтика.

Мы останавливаемся на начале XX века, так как классическая механика к этому времени практически закончена.

### **3. Современные проблемы механики**

- теория нелинейных колебаний;
- динамика твердого тела;
- устойчивость движения;
- механика тел переменной массы;
- динамика космических полетов;
- теория пластичности и ползучести;
- турбулентное течение жидкостей и газов;
- магнитная гидродинамика и т. д.

### **4. Пространство и время по Ньютону**

Механическое движение происходит в пространстве и во времени.

Пространство и время – категории, обозначающие формы существования материи.

Пространство выражает сосуществование объектов, а время – порядок смены явлений.

свойства	пространство	время
метрические	протяженность	длительность
топологические	размерность -3 непрерывность связность изотропно однородно	размерность -1 непрерывность связность анизотропно однородно направление порядок

Топология пространства и времени интенсивно развивается с 60 годов XX века, но пока на уровне гипотез.

### **5. Границы применимости классической механики**

1. Пространство и время представляют собой особый род бытия, самостоятельные сущности, не зависящие друг от друга, от материальных объектов, от протекающих процессов (например, от масс или скорости).
2. Геометрия пространства – Эвклидова, то есть нулевая кривизна. Пространство трехмерное, то есть положение точки может быть задано

тремя числами (пространство арифметизировано), однородно, изотропно, безгранично. Эксперимент показывает, что геометрия Эвклида справедлива в масштабах от  $10^{-16}$  до  $10^{+26}$  м.

3. Время однородно, безгранично, одномерно, анизотропно.

4. Ограничения на скорость

$v < c$ , где  $c = 299792458$  м/с – скорость света в вакууме.

5. Ограничения на микроскопичность

$h \ll S$ ,  $h=6,626176 \cdot 10^{-34}$  Дж·с (1977) – постоянная Планка – квант действия.

Величину  $S$  в физике называют действием.

$$S = \int_{t_0}^t L dt,$$

где  $L = T - \Pi$  – функция Лагранжа,  $T$  – кинетическая энергия,  $\Pi$  – потенциальная энергия.

Как правило, механика справедлива для всех макроскопических тел, и часто для микрочастиц, например, электрон в электронно-лучевой трубке (ЭЛТ).

6. Ограничения на массивность.

Механика справедлива вдали от очень массивных тел, то есть там, где искривление геодезических линий пространства-времени мало.

$r > R_g$  – гравитационный радиус

$$R_g = 2\gamma \frac{M}{c^2},$$

$\gamma=6,6720 \cdot 10^{-11}$  Н·м/кг<sup>2</sup> гравитационная постоянная. Для Земли  $R_g=0,9$  см, для Солнца гравитационный радиус около 3 км.

## 7. Системы отсчета

Очевидно, что основная задача механики – описать механическое движение объекта, то есть указать его положение в пространстве в любой момент времени.

Однако как это сделать? Точки пространства не могут быть пронумерованы вообще (хотя в армии есть “квадрат 36-80”).

Кроме того, высказывание о точке пространства имеет смысл, когда указано ее положение относительно какого-либо материального объекта (окно находится справа от меня, но слева от вас).

Ясно, что для описания положения точки пространства необходимо указать тело отсчета.

Затем мы можем каждой точке дать “адрес” – 3 числа, то есть ввести систему координат. Выбор этих трех чисел – дело соглашения. Наиболее употребительны: декартова, цилиндрическая, сферическая системы координат.

Эти 3 числа – называются координатами точки. Так как движение происходит во времени, необходимо его измерять. Это делается с помощью часов.



Рис. 1.1

- def: Часы – периодический процесс, принятый за эталон.  
 Во всех точках пространства часы должны иметь одинаковый темп хода и быть синхронизированы.
- def: Тело отсчета, система координат и часы образуют систему отсчета.

## 7. Система единиц

В мире с 1960 г., а в России с 1982 г. принята СИ в которой основными единицами для механики считают для расстояний (длин) – 1 метр, для времени – 1 секунда.

def: 1 секунда – время равное 9192631770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

def: 1 метр – расстояние, которое проходит свет в вакууме за 1/299792458 с.

Дополнительные единицы, которые широко применяются в механике.

def: 1 радиан – единица СИ измерения плоского угла – равная углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу.

def: 1 стерадиан – единица СИ измерения телесного (объемного) угла – равная телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы.

О единице массы мы будем говорить в соответствующем разделе курса.

## 8. Кратные и дольные приставки

наименование	обозначение		множитель
	русское	международное	
экса	Э	E	$10^{+18}$
пета	П	P	$10^{+15}$
тера	Т	T	$10^{+12}$
гига	Г	G	$10^{+9}$
мега	М	M	$10^{+6}$
кило	к	k	$10^{+3}$
гекто	г	h	$10^{+2}$
дека	да	da	$10^{+1}$
			$10^0=1$
дэци	д	dd	$10^{-1}$
санти	с	c	$10^{-2}$
милли	м	m	$10^{-3}$
микро	мк	$\mu$	$10^{-6}$
нано	н	n	$10^{-9}$
пико	п	p	$10^{-12}$
фемто	ф	f	$10^{-15}$
атто	а	a	$10^{-18}$

## Внимание!

Это демо-вариант.

Для получения полного издания свяжитесь с авторами.

[physics@tspu.tula.ru](mailto:physics@tspu.tula.ru)

## **Литература**

1. Матвеев, А. Н. Механика и теория относительности / А. Н. Матвеев.– 4-е изд., стер.– М.: Лань, 2009.– 336 с.
2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: В 5 т. Т. 1. Механика / Д. В. Сивухин.– 5-е изд., стер.– М: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2010.– 560 с.
3. Савельев, И. В. Курс общей физики. В 5 т. Т. 1. Механика: Учеб. пособие для студентов вузов / И. В. Савельев.– 5-е изд., стер.– СПб.: Лань, 2011.– 352 с.
4. Гершензон, Е. М. Курс общей физики. Механика / Е. М. Гершензон, Н. Н. Малов, А. Н. Мансуров.– М.: Академия, 2001.– 378 с.
5. Трофимова, Т. И. Курс физики: Учеб. пособие для инженерно-технических специальностей вузов / Т. И. Трофимова.– 18-е изд., стер.– М: Академия, 2010.– 560 с.
6. Зисман, Г. А. Курс общей физики: В 3 т. Т. 1. Механика. Молекулярная физика. Колебания и волны / Г. А. Зисман, О. М. Тодес.– 7-е изд.– М.: Лань, 2007.– 352 с.
7. Айзенсон, А. Е. Курс физики: Учеб. пособие / А. Е. Айзенсон.– 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Высш. школа, 2009.– 374 с.
8. Детлаф, А. А. Курс физики. Учеб. пособие для вузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский.– 4-е изд., испр.– М.: Высш. школа, 2002.– 718 с.
9. Ландсберг, Г. С. Элементарный учебник физики: В 3 т. Т. 3. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика / Г. С. Ландсберг.– 13-е изд., стер.– М: ФИЗМАТЛИТ, 2006.– 656 с.
10. Фриш, С. Э. Курс общей физики: В 3 т. Т. 1. Физические основы механики. Молекулярная физика. Колебания и волны / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева.– 13-е изд., стер.– М.: Лань, 2009.– 480 с.
11. Ремизов, А. Н. Курс физики: Учеб. для вузов / А. Я. Потапенко, А. Н. Ремизов.– 2-е изд.– М.: Дрофа, 2004.– 720 с.
12. Путилов, К. А. Курс физики: В 3 т. Т. 1. Механика. Акустика. Молекулярная физика. Термодинамика / К. А. Путилов.– 11-е изд.– М.: ГИ ФМЛ, 1963.– 560 с.
13. Хайкин, С. Э. Общий курс физики. Т. 1. Механика / С. Э. Хайкин.– М.: ГИ ТТЛ, 1940.– 372 с.
14. Стрелков, С. П. Общий курс физики. Механика / С. П. Стрелков.– 3-е изд.– М.: Наука, 1975.– 560 с.
15. Хвольсон, О. Д. Курс физики. Т. 1 / О. Д. Хвольсон.– 7-е изд.– Л.: ГТТИ, 1933.– 656 с.
16. Хвольсон, О. Д. Курс физики. Т. 2. Учение о звуке (акустика). Учение о лучистой энергии / О. Д. Хвольсон.– 3-е изд.– СПб.: Издание К. Л. Риккера, 1911.– 578 с.
17. Киттель, Ч. Берклевский курс физики. Механика / Ч. Киттель, У. Найт, М. Рудерман.– 3-е изд.– М.: Лань, 2005.– 480 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	3
Введение в физику .....	5
Лекция № 1. Введение в механику .....	8
Лекция № 2. Кинематика точки. Скорость .....	12
Лекция № 3. Ускорение. Частные случаи движения точки.....	19
Лекция № 4. Кинематика абсолютно твердого тела .....	25
Лекция № 5. Относительность движения .....	30
Лекция № 6. Основные понятия динамики. Закон инерции .....	34
Лекция № 7. Основные законы динамики .....	41
Лекция № 8. Силы в природе и в механике .....	47
Лекция № 9. Силы трения .....	55
Лекция № 10. Сила упругости. Деформации.....	61
Лекция № 11. Работа и энергия.....	68
Лекция № 12. Динамика механической системы .....	77
Лекция № 13. Применения теоремы об изменении импульса .....	92
Лекция № 14. Динамика абсолютно твёрдого тела.....	98
Лекция № 15. Элементарная теория гироскопов .....	108
Лекция № 16. Элементы статики .....	110
Лекция № 17. Движение в неинерциальных системах отсчета .....	114
Лекция № 18. Кинематика колебаний .....	123
Лекция № 19. Динамика гармонических колебаний.....	131
Лекция № 20. Затухающие колебания.....	134
Лекция № 21. Вынужденные колебания. Резонанс .....	139
Лекция № 22. Механические волны .....	142
Лекция № 23. Гидростатика .....	157
Лекция № 24. Гидродинамика .....	169
Лекция № 25. Трение в жидкости .....	175
Лекция № 26. Твердое тело в жидкости.....	181
Лекция № 27. Элементы акустики .....	189
Лекция № 28. Характеристики звука.....	203
Лекция № 29. Элементы специальной теории относительности.....	216
Приложения	
К лекции № 4. Вращение вокруг точки. Углы Эйлера.....	229
К лекции № 9. О силах трения.....	233
К лекции № 9. Трение. Формула Эйлера .....	238
К лекции № 11. Потенциальные и консервативные поля .....	241
К лекции № 14. Тензор инерции. Вращение вокруг точки. Свободные оси.....	244
К лекции № 19. Уравнение маятника. Центр качаний .....	252
К лекции № 19. Ангармонический осциллятор .....	255
К лекции № 20. Колебания при сухом трении .....	258
К лекции № 21. Автоколебания.....	264
К лекции № 23. Об уровне жидкости в сосуде .....	270
К лекциям № 27–28. Скорость звука. Слуховой и голосовой аппарат человека .....	271
Основные формулы механики .....	275
Вместо заключения. 30 самых актуальных проблем современной физики	
и астрофизики.....	278
Именной указатель и биографические ссылки .....	282
Справочник: Вселенная XX столетия .....	283
Литература .....	299





МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ  
ОБЪЕДИНЕНИЕ ПО НАПРАВЛЕНИЮ  
«ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ»

191186, Санкт-Петербург, наб.р.Мойки, 48;  
телефоны: (812) 571-60-88; 315-56-09; 571-34-84;  
факс: (812) 312-11-95; 571-35-29; 312-02-22;  
E-mail: umo-herzen@mail.ru; <http://www.herzen.spb.ru>

09.08.2013 № 54/02

Выписка из протокола № 07  
от 11 июля 2013 года  
Заседания Президиума Учебно-методического объединения  
по направлению «Педагогическое образование»

- Слушали:** Экспертное заключение Учебно-методического объединения по направлению «Педагогическое образование» на рукопись учебного пособия *В.А. Панина, Ю.В. Бобылева, А.И. Грибкова, Р.В. Романова* «Механика. Курс лекций» (ФГБОУ ВПО «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого») в связи с присвоением грифа УМО.
- Постановили:** Присвоить рукописи учебного пособия *В.А. Панина, Ю.В. Бобылева, А.И. Грибкова, Р.В. Романова* «Механика. Курс лекций» (ФГБОУ ВПО «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого») гриф «Допущено Учебно-методическим объединением по направлению «Педагогическое образование» в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 050100 Педагогическое образование».

Заместитель председателя УМО

  
С.А. Гончаров



**Учебное издание**  
**БОБЫЛЕВ Юрий Владимирович,**  
**ГРИБКОВ Александр Иванович,**  
**ПАНИН Владимир Алексеевич,**  
**РОМАНОВ Роман Васильевич**

**МЕХАНИКА**  
**КУРС ЛЕКЦИЙ**  
**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

Оригинал-макет подготовлен авторами.

Подписано в печать 16.06.2014. Формат 60×90/16.  
Бумага офсетная. Печать трафаретная.  
Усл. печ. л. 18,9. Тираж 200 экз. Заказ 14/002. «С» 1563.

Издательство Тульского государственного педагогического университета  
им. Л. Н. Толстого. 300026, Тула, просп. Ленина, 125.

Отпечатано в Издательском центре  
ТГПУ им. Л. Н. Толстого. 300026, Тула, просп. Ленина, 125.

