

Министерство образования и науки Российской Федерации
Омский государственный педагогический университет

П. П. БОБРОВ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕХАНИКИ

Учебное пособие

Омск
Издательство ОмГПУ
2013

ББК 22.2я73
Б725

Печатается по решению редакционно-издательского совета Омского государственного педагогического университета

Рецензенты:

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры
"Физика" Сибирской автомобильно-дорожной академии

В.В. Горлач

кандидат физико-математических наук, профессор кафедры физики и методики обучения физике Омского государственного педагогического университета

В.И. Коршнев

Бобров П.П.

Б725 Основные понятия механики: Учебное пособие. –
Омск: Изд-во ОмГПУ, 2013. – 180 с.

ISBN 978-5-8268-1729-2

В пособии в сжатой форме излагаются и разъясняются основные понятия механики. Изложение материала сопровождается примерами, вопросами и заданиями.

Для студентов, обучающихся по направлению "педагогическое образование" (профили подготовки "физика и математика", "физика и технология"), школьников старших классов и учителей физики.

ББК 22.2я73

ISBN 978-5-8268-1729-2

© П.П. Бобров, 2013

© Омский государственный педагогический университет, 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

С момента выхода предыдущего издания прошло 20 лет. Содержание предмета "физика" за эти годы не изменилось, но существенно изменилось содержание физического образования как в школах, так и педагогических вузах. Вследствие проведенных реформ, направленных на пресловутую "гуманитаризацию" образования, выпускники средней школы в значительной своей части и абитуриенты педвузов в особенности обладают низкой математической культурой, плохо знают основные законы физики, не умеют решать физические задачи. Более того, уровень гуманитарной культуры также снизился. Резко ухудшилась грамотность и уровень речевой культуры.

Поэтому прекрасные классические учебники физики, изданные в 80 – 90-е годы прошлого века [1–5], по уровню изложения малодоступны для нынешних студентов педвузов. Хочется надеяться, что настоящее пособие, написанное 20 лет тому назад как упрощенное, предназначенное для самостоятельного изучения студентами нефизических специальностей, окажется полезным для будущих и настоящих учителей физики, как основное пособие. Основная часть пособия подверглась лишь незначительной переработке. Добавлены две главы – "акустика" и "механика жидкостей и газов".

От школьного учебника пособие отличается более широким использованием математического аппарата, не выходящего обычно за рамки элементарного курса алгебры и начал анализа.

С целью повышения эффективности усвоения понятий в конце каждого раздела приведены вопросы и задания. В тексте пособия прямых ответов на поставленные вопросы зачастую нет. Для нахождения ответов требуется мыслительная деятельность, пренебрегать которой не следует, так как вопросы и задания служат также и целям получения новой информации, не содержащейся в основном тексте. При поиске нужной информации следует весьма осторожно использовать Интернет, так как приводимая там информация часто бывает искаженной, а иногда и просто неправильной.

Автор выражает благодарность рецензентам, способствовавшим улучшению данного пособия.

ВВЕДЕНИЕ

1.1 Предмет физики. Физика и другие науки

Из школьных учебников физики известно, что физика - это одна из наук о природе. Существуют, однако, и другие науки о природе: химия, биология, астрономия и ряд других. Порой трудно провести границу, где кончается физика и начинается другая наука о природе, скажем, химия. Именно на стыках с физикой сделаны в последние десятилетия самые крупные достижения в смежных науках. В результате пограничные разделы оформились в самостоятельные отрасли знаний, например, физическая химия, биофизика, астрофизика и др. И в этих смежных науках широко используются методы исследований и результаты, полученные в свое время в физике. Таким образом, физика находится в авангарде наук о природе. Причиной этого является то, что она исследует наиболее простые явления природы и доводит это исследование до совершенства, широко используя математический аппарат. В свою очередь, развивается и математика, получая необходимые заказы от физики и обслуживая ее потребности.

Хотя физика исследует наиболее простые явления, но это нужно понимать в сравнении с куда более сложными биологическими или общественными процессами. Те результаты, которые получены физиками во второй половине XX века, находятся на грани человеческого понимания. Физика достигла замечательных успехов в объяснении основ мироздания, объем накопленных ею сведений таков, что не может в полной мере восприниматься одним человеком.

И тем не менее физика еще далеко себя не исчерпала. Наиболее бурные события происходят сейчас в исследовании элементарных частиц и Вселенной. И это не случайно - в свойствах микроскопических частиц содержится основа для понимания того, как устроена Вселенная. Крайности сомкнулись, и на этом стыке создается теория "великого объединения" - теория, объединяющая фундаментальные взаимодействия (гравитационное, электромагнитное, ядерное и слабое).

Процесс познания в физике, как и в любой другой науке, начинается с наблюдения явления в естественных условиях или в специально поставленном эксперименте. Причем экспериментально могут быть

вызваны такие явления, которые в окружающей нас природе не наблюдаются (например искусственно созданные тяжелые элементы). В результате обобщения данных наблюдений строится научное предположение о механизме явления - создается гипотеза. Если гипотеза при логическом развитии приводит к следствиям, которые подтверждаются опытом, она становится научной теорией. В качестве примера можно привести молекулярно-кинетическую теорию, которая родилась из гипотезы о том, что вещество состоит из мельчайших частиц - молекул.

Отметим следующий важный момент. Мы подменяем изучение сложного явления изучением его упрощенной схемы – модели. Очень важно правильно выбрать модель. Модель должна отражать основные, главные связи между явлениями и отбрасывать второстепенные. Отбрасывание второстепенных особенно важно на первом этапе изучения явлений с тем, чтобы модель получилась достаточно простой.

При наблюдениях и экспериментах решающую роль играет правильное и точное измерение физических величин. Физические измерения могут быть произведены всегда лишь с какой-то ограниченной точностью. Физические законы обычно выражаются в виде количественных зависимостей между физическими величинами. Математический аппарат, используемый физикой, не только позволяет количественно выражать найденные зависимости, но исследовать их и находить новые. Физика тесно связана с математикой, во многом зависит от нее, часто дает импульсы для развития новых математических методов.

Важную роль в физике, как и в другой науке, имеет систематизация знаний.

Некоторые ученые склоняются к мнению, что сегодня постигать науку ничуть не сложнее, чем это было 10, 50, или 300 лет тому назад. Действительно, фактов стало намного больше, зато в большинстве своем они систематизированы, чего раньше не было.

1.3 Единицы физических величин

Физика - наука количественная, и измерения играют большую роль в понимании объективных законов природы. Измерить какую-либо величину - это значит найти опытным путем отношение данной величины к соответствующей единице измерения. Очевидно, что сравнивать можно лишь однородные величины. Высоту дома можно сравнить с

длиной линейки, принятой за единицу, а массу автомобиля – с массой эталонного тела.

История человечества знает громадное количество разнообразных единиц, в особенности для измерения длины, площади, объема и массы, и лишь около 200 лет назад появились первые международные стандарты (метрическая система мер). Именно на метрической системе мер основана современная Международная система единиц (СИ). В этой системе стандартными единицами длины, времени и массы являются, соответственно, метр, секунда и килограмм. Их называют основными, так как через них определяют другие механические единицы, называемые производными. Тепловые, электрические и световые величины определяются через другие основные единицы (кельвин, моль, ампер, кандела).

1.4 Размерности и их анализ

Размерность некоторой физической величины, как и сама величина, не зависит от выбора системы единиц. Расстояние между двумя точками, толщина стены, длина дуги окружности - все это принадлежит одному и тому же роду величин - длине. Говорят, что размерность этих величин - длина, сокращенно $[l] = L$ (квадратные скобки означают размерность).

Размерность площади всегда равна квадрату длины $[s] = L^2$, размерность скорости равна размерности длины, деленной на размерность времени, т.е. $[v] = LT^{-1}$. При определении размерности величины пользуются размерностями основных, а не производных величин. Например, сила имеет размерность массы M , умноженной на ускорение (LT^{-2}) , т.е. $[F] = MLT^{-2}$

В основе анализа размерностей лежит требование равенства размерностей величин в правой и левой частях уравнения. Например, необходимо проверить правильность выражения, полученного для скорости $v = \sqrt{2aS}$, где a – ускорение, S – перемещение. Это можно сделать с помощью записи равенства для размерностей:

$$\frac{L}{T} = \left(\frac{L}{T^2} \cdot L \right)^{1/2} = \frac{L}{T}$$

Размерности правой и левой частей равны. Анализ размерностей частей, правда, еще не доказывает равенства выражения в целом (в данном случае под корнем имеется множитель 2, не имеющий размерности и не входящий в формулу для размерности).

Анализ размерностей позволяет установить вид формулы, которую точно не помнят. Наконец, с помощью только одного анализа размерностей можно решить задачу (конечно, с определенной степенью приближения). Например, определим, как период пружинного маятника зависит от жесткости пружины k и массы груза m . Искомая формула

должна иметь размерность времени. Поскольку $[k] = \left[\frac{F}{l} \right] = \frac{M}{T^2}$, а

$[m] = M$, то размерность времени дает формула вида $T = \sqrt{m/k}$.

Полученная формула отличается от правильной $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ постоянным множителем, но получили мы ее без больших усилий. Такой способ решения задачи возможен, когда его не удастся получить другим путем.

2 КИНЕМАТИКА

2.1 Механическое движение. Системы отсчета

Механическое движение состоит в перемещении тел или их частей относительно друг друга. Кинематика есть часть механики, в которой производится математическое описание движения тел без выяснения причин, побуждающих тела совершать или изменять движение.

Рассматривая движение различных тел, мы можем выделить в нем нечто общее, если абстрагироваться, отвлечься от конкретных особенностей движущихся тел. Такая абстракция заключается в том, что реальное тело заменяется "материальной точкой". Материальной точкой называется тело, размерами которого в данной задаче можно пренебречь. Зачастую в тексте такой объект мы будем называть просто

точкой. Пренебрегая размерами тела, мы исключаем из рассмотрения вращение его вокруг собственной оси.

При механическом движении происходит изменение взаимного расположения тел, потому необходимо указывать, относительно какого тела происходит движение. Движение происходит как в пространстве, так и во времени, поэтому для описания движения необходимо определять также время.

Совокупность тел, относительно которых рассматривается движение, и прибор для измерения времени (часы) образуют систему отсчета. Обычно с телами, относительно которых описывают движение, связывают систему координат и говорят, что система отсчета включает систему координат и часы.

В выбранной системе отсчета в результате наблюдения мы устанавливаем положение движущейся точки в пространстве для каждого момента времени. Множество точек пространства, через которые прошла материальная точка, образует линию, называемую траекторией движения.

ВОПРОСЫ

1. В каких случаях автомобиль можно рассматривать как материальную точку?
2. Чем может отличаться траектория самолета от траектории автомобиля?
3. Что называется системой отсчета?

2.2 Прямолинейное движение

При таком движении с течением времени материальная точка смещается вдоль прямой линии, удаляясь от какой-либо точки, выбранной за начало отсчета, либо приближаясь к ней. Траектория движения в данном случае - прямая линия.

Координата точки, выраженная как функция времени, есть кинематическое уравнение движения (или кинематический закон движения). Закон движения может быть представлен либо аналитически - в виде формулы: $S = S(t)$, либо графически.

Одной из величин, вводимых для описания движения, является перемещение. В случае прямолинейного движения перемещение равно