

Министерство образования Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

В. А. Митрофанов

Избранные задачи по механике

Учебное пособие

*Рекомендовано
Научно-методическим советом университета
для студентов, обучающихся по специальностям Физика,
Микроэлектроника и полупроводниковые приборы, Радиофизика*

Ярославль 2010

УДК 531/534:372.8
ББК В2я73–4+В36я73–4+В317.1я73–4
М 67

*Рекомендовано
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного издания. План 2009/10 года*

Рецензенты:

В. П. Глушаков, кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры общей физики
Ярославского государственного педагогического университета
им. К. Д. Ушинского; кафедра физики Ярославского государственного
технического университета

Митрофанов, В. А. Избранные задачи по механике: учеб.
М 67 пособие / В. А. Митрофанов; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. –
Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 116 с.
ISBN 978-5-8397-0696-5

Учебное пособие содержит значительный набор задач разной сложности с ответами и методическими указаниями. По содержанию оно соответствует механике в курсе общей физики классического университета и перекликается с известными задачниками, однако объём заимствований минимизирован, а многие задачи имеют оригинальную постановку или решение.

Пособие адресовано студентам, обучающимся по специальностям 010700.62 Физика, 010803.65 Микроэлектроника и полупроводниковые приборы, 010801.65 Радиофизика (дисциплина «Механика», блок ЕН), очной формы обучения, а также преподавателям и студентам университетов и технических вузов для проведения практических занятий и выполнения самостоятельной работы.

УДК 531/534:372.8
ББК В2я73–4+В36я73–4+В317.1я73–4

ISBN 978-5-8397-0696-5

© Ярославский государственный
университет им. П. Г. Демидова, 2010

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное пособие представляет собой задачник, в котором отражен опыт практических занятий по механике на I курсе физического факультета университета. В нем содержатся задачи разной сложности для аудиторного разбора преподавателем и самостоятельного решения студентами в домашней обстановке. Нацеленные в основном на развитие аналитических способностей первокурсников, они с успехом могут решаться и на старших курсах физического факультета университета.

С методической точки зрения данное пособие занимает промежуточное положение между обычными задачниками [3, 5], где даются только ответы в конце книги (или не даются вообще [6]), и “решебниками” типа [2, 4]. В настоящем издании ответы и подсказки-рекомендации, называемые указаниями, даются сразу после постановки задач. Отчасти это связано с необходимостью использования готовых ответов в так называемых цепочках задач. Кроме того, присутствие ответа и указаний к решению задач рядом с их условием, по мнению автора, дисциплинирует студента и экономит его время. С той же целью в задачах повышенной сложности рекомендовано применение компьютерного пакета MathCad.

Учитывая крайнюю загруженность первокурсников и недостаток учебных часов, из большинства задач исключены числовые значения. Они оставлены лишь там, где описана конкретная ситуация и численный результат сам полезен для физического образования, а его получение не просто упражнение.

Автор по возможности сократил объём заимствований, произведённых в основном из [1 – 3], переформулировав и дополнив ряд известных задач. Многие из них представлены в оригинальной постановке. Отдельные “декоративные” элементы, вплетённые в “канву физических повествований” (условий задач), по мнению автора, полезны в гуманитарном отношении.

Представленные задачи в разные годы предлагались в качестве домашних заданий студентам-физикам, невольно способст-

А

вовавшим их появлению и оттачиванию формулировок. Автор признателен своему неизменному коллеге В. А. Папоркову за полезные обсуждения и благодарен А. А. Прохорчуку за помощь в подготовке текста и рисунков.

Получив физико-техническое образование в Советском Союзе, по мнению академика Раушенбаха, лучшее в мире, автор с горечью наблюдает его деградацию в нынешнее время. Желание сберечь и развить творческий потенциал, накопленный ещё в те годы, руководило автором при подготовке данного издания.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Решение каждой задачи независимо от её сложности следует начинать с рисунка, простейшей схемы. Они помогают наглядно представить ситуацию, описанную в условии задачи, зафиксировать и развить на бумаге мысленные образы рассматриваемых объектов, уяснить их характеристики.

Нужно опираться на основные законы, уравнения, связи физических величин и их определения. Многие из них приводятся в начале каждой темы. Надо учиться применять их к конкретным случаям, исходя из физической природы явлений, а не школярничать, манипулируя формулами.

Следует изначально разделять физические величины на искомые и заданные. Учитывая специфику раздела и характер поставленных вопросов, стараться получить замкнутую систему уравнений (алгебраических или дифференциальных) для нахождения неизвестных. И только убедившись в её полноте, задуматься над способом решения.

Каждую задачу следует решать в общем (аналитическом) виде, т. е. в буквенных обозначениях. Такое решение придает окончательному результату особую ценность, так как показывает зависимость искомой величины от заданных параметров, независимых переменных. Полученный в общем виде ответ зачастую позволяет судить об ошибочности самого решения. Для этого достаточно проверить размерности или рассмотреть предельные случаи.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ	4
1. КИНЕМАТИКА	6
Прямолинейное движение	7
Плоское движение	9
Задачи на достижение целей	13
Баллистика	16
Вращательное движение. Качение.....	19
2. ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ И ПРОСТЫХ СИСТЕМ	23
Равноускоренное движение.....	24
Интегрирование уравнений движения	33
Вращающиеся системы отсчёта	37
3. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ	43
Работа и энергия.....	44
Задачи с пружинками.....	52
Вращение тел	56
Столкновения	59
4. НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА	63
Всемирное тяготение	64
Манёвры на орбите	71
5. ДИНАМИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА	75
Задачи с чистым вращением	76
Качение круглых тел.....	80
Равновесие, падение или опрокидывание тел.....	86
Прецессия.....	90
Динамика систем.....	92
6. МЕХАНИКА ЖИДКОСТЕЙ	95
Статика. Динамика идеальной жидкости.....	96
Вязкая жидкость	102
ПРИЛОЖЕНИЕ	109
ОБОЗНАЧЕНИЯ	113
ЛИТЕРАТУРА.....	114