

БАКАЛАВР. АКАДЕМИЧЕСКИЙ КУРС

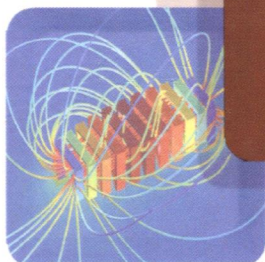
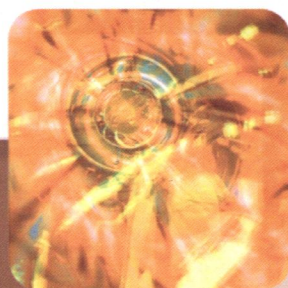
Г. В. Белов

ТЕРМОДИНАМИКА

Часть 2

УЧЕБНИК и ПРАКТИКУМ

3-е издание



УМО ВО
РЕКОМЕНДУЕТ

Юрайт
ИЗДАТЕЛЬСТВО
biblio-online.ru

Г. В. Белов

ТЕРМОДИНАМИКА

Часть 2

**УЧЕБНИК И ПРАКТИКУМ
ДЛЯ АКАДЕМИЧЕСКОГО БАКАЛАВРИАТА**

3-е издание, исправленное и дополненное

Рекомендовано Учебно-методическим отделом высшего образования в качестве учебника и практикума для студентов высших учебных заведений, обучающихся по естественнонаучным и инженерно-техническим направлениям

**Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru**

Москва • Юрайт • 2017

УДК 536(075.8)
ББК 22.3я73
Т35

Автор:

Белов Глеб Витальевич — доктор технических наук, ведущий научный сотрудник кафедры физической химии химического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, профессор Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана, старший научный сотрудник Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Рецензенты:

Хвесько В. И. — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теплофизики Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана;

Еремин В. В. — доктор физико-математических наук, профессор химического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова.

Белов, Г. В.

Т35 Термодинамика. В 2 ч. Часть 2 : учебник и практикум для академического бакалавриата / Г. В. Белов. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 248 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс).

ISBN 978-5-534-05094-3 (ч. 2)

ISBN 978-5-534-05095-0

В данном учебнике нашли отражение практически все вопросы, которые содержатся в традиционных учебниках по термодинамике. Его особенностью является то, что при изложении основных законов термодинамики используются такие понятия, как мощность, поток массы, поток теплоты, что должно облегчить понимание студентами роли и места термодинамики в системе естественнонаучных предметов и научить их применять законы термодинамики для решения практических задач. При изложении материала смысл теоретических положений во многих местах раскрывается путем разбора задач. Для закрепления полученных знаний в конце каждой главы приводится большое количество качественных вопросов и задач разной сложности.

Соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по естественнонаучным и инженерно-техническим направлениям.

УДК 536(075.8)
ББК 22.3я73



Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

ISBN 978-5-534-05094-3 (ч. 2)
ISBN 978-5-534-05095-0

© Белов Г. В., 2015
© Белов Г. В., 2017, с изменениями
© ООО «Издательство Юрайт», 2017

Оглавление

Глава 10. Термодинамические свойства веществ.....	6
10.1. $p-v-T$ диаграмма воды.....	7
10.2. Калорические параметры состояния водяного пара.....	22
10.3. Дросселирование. Эффект Джоуля – Томсона.....	29
Резюме.....	34
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	35
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	35
Глава 11. Реальный газ.....	38
11.1. Силы межмолекулярного взаимодействия.....	38
11.2. Модель газа Ван-дер-Ваальса.....	46
11.3. Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса.....	51
11.4. Закон соответственных состояний.....	53
11.5. Правило Максвелла.....	55
11.6. Уравнения состояния для практического применения.....	58
11.7. Расширенный закон соответственных состояний.....	62
11.8. Модели реального газа.....	64
11.9. Смеси газов.....	67
Резюме.....	68
<i>Список рекомендуемой литературы</i>	69
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	69
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	69
Глава 12. Теплосиловые паровые циклы и установки.....	72
12.1. О моделировании теплосиловых паровых установок.....	72
12.2. Реализация цикла Карно.....	74
12.3. Цикл Ренкина.....	75
12.4. Бинарный цикл.....	86
12.5. Теплофикационный цикл.....	87
Резюме.....	89
<i>Список рекомендуемой литературы</i>	89
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	90
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	90
Глава 13. Теплосиловые газовые циклы.....	93
13.1. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания.....	93
13.2. Циклы газотурбинных установок.....	104
13.3. Цикл Брайтона.....	106
13.4. Газовые турбины в авиации.....	119
13.5. Циклы парогазовых установок.....	121

13.6. Обобщенный цикл Карно.....	125
13.7. Циклы Стирлинга и Эрикссона	126
13.8. Цикл ракетного двигателя.....	129
Резюме.....	130
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	131
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	132
Глава 14. Холодильники и тепловые насосы.....	135
14.1. Парокомпрессионные холодильные установки.....	135
14.2. Газокомпрессионный цикл	141
14.3. Тепловые насосы	142
14.4. Трансформация тепловой энергии.....	143
Резюме.....	146
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	147
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	148
Глава 15. Особенности термодинамики сложных систем	150
15.1. Теорема Эйлера об однородных функциях.....	150
15.2. Фундаментальные уравнения.....	152
15.3. Условия равновесия по Гиббсу	156
15.4. Устойчивость термодинамического равновесия.....	157
15.5. Характеристические функции и термодинамические потенциалы.....	162
15.6. Изображение процессов в термодинамическом конфигурационном пространстве	165
15.7. Принципы экстремумов.....	168
15.8. Фазовые равновесия.....	170
15.9. Равновесие жидкость — пар.....	174
Резюме.....	175
<i>Список рекомендуемой литературы</i>	176
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	176
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	176
Глава 16. Термодинамика химических реакций.....	179
16.1. Понятие о координате реакции	180
16.2. Химическое сродство реакции.....	181
16.3. Термодинамические характеристики химической реакции.....	183
16.4. Теплоемкость твердых веществ.....	183
16.5. Постулаты Нернста и Планка, третий закон термодинамики.....	186
16.6. Закон Гесса и следствия из него.....	188
16.7. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры	191
16.8. Термодинамические свойства индивидуальных веществ.....	192
16.9. Термодинамические свойства идеальных многокомпонентных систем	195
16.10. Уравнение Клапейрона — Клаузиуса.....	197
16.11. Равновесие химической реакции.....	199
Резюме.....	208
<i>Список рекомендуемой литературы</i>	208
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	208
<i>Задачи для самостоятельного решения</i>	209

Глава 17. Термодинамика процессов горения.....	211
17.1. О процессах горения.....	211
17.2. Баланс энергии для реагирующих систем	216
17.3. Метод неопределенных множителей Лагранжа	220
17.4. Расчет равновесного состава многокомпонентной гомогенной системы.....	222
17.5. Равновесная теплоемкость.....	224
Резюме.....	226
<i>Список рекомендуемой литературы</i>	<i>226</i>
<i>Вопросы и задания для самопроверки.....</i>	<i>226</i>
<i>Задачи для самостоятельного решения.....</i>	<i>227</i>
Глава 18. Влажный воздух.....	230
18.1. Основные понятия	230
18.2. Свойства влажного воздуха	233
18.3. Определение температуры точки росы.....	236
18.4. Закон сохранения энергии для влажного воздуха.....	238
18.5. Адиабатное насыщение воздуха влагой.....	239
18.6. Психрометр.....	241
Резюме.....	243
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	<i>243</i>
<i>Задачи для самостоятельного решения.....</i>	<i>244</i>
Список рекомендуемой литературы.....	246