

В. Г. СЫТИН

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА В ЖИЗНИ, ТЕХНИКЕ И ПРИРОДЕ



В. Г. СЫТИН

МОЛЕКУЛЯРНАЯ
ФИЗИКА
В ЖИЗНИ, ТЕХНИКЕ
И ПРИРОДЕ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ · МОСКВА · КРАСНОДАР
2021

ББК 22.36я73

С 95

Сытин В. Г.

С 95 Молекулярная физика в жизни, технике и природе: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2021. — 624 с. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

ISBN 978-5-8114-1890-9

Назначение пособия — быть книгой для чтения в помощь учебным занятиям по молекулярной физике в педагогическом вузе. Рассмотрены исторические и прикладные вопросы молекулярной физики. Указаны явления молекулярной физики, возникающие из обыденных наблюдений в жизни и природе, а также применяемые в технике и науке.

Для студентов-физиков, обучающихся по направлению «Педагогическое образование».

ББК 22.36я73

Издается в авторской редакции

Рецензенты:

В. В. АЛЕКСЕЕВ — кандидат физико-математических наук, доцент, первый проректор, проректор по учебной работе ЧГПУ им. И. Я. Яковлева;

А. И. КИТАЕВ — кандидат физико-математических наук, доцент, зав. кафедрой общей и теоретической физики ЧГПУ им. И. Я. Яковлева;

А. С. САБИРОВ — кандидат физико-математических наук, доцент, зав. кафедрой теоретической механики им. С. Ф. Сайкина, зам. начальника учебно-методического управления ЧГУ им. И. Н. Ульянова.

Василий Григорьевич СЫТИН

**МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА
В ЖИЗНИ, ТЕХНИКЕ И ПРИРОДЕ**

Учебное пособие

Зав. редакцией физико-математической литературы

Н. Р. Нигмадзянова

Верстка *А. Г. Сандомирская*

Выпускающие *Н. А. Крылова, Е. П. Королькова*

ЛР № 065466 от 21.10.97

Гигиенический сертификат 78.01.10.953.П.1028

от 14.04.2016 г., выдан ЦГСЭН в СПб

Издательство «ЛАНЬ»

lan@lanbook.ru; www.lanbook.com

196105, Санкт-Петербург, пр. Ю. Гагарина, д. 1, лит. А.

Тел./факс: (812) 336-25-09, 412-92-72.

Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71

Подписано в печать 16.03.15.

Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 84×108^{1/32}.

Печать офсетная. Усл. п. л. 32, 76.

© Издательство «Лань», 2021

© В. Г. Сытин, 2021

© Издательство «Лань»,
художественное оформление,
2021

Обложка

Е. А. ВЛАСОВА

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
<i>Глава I. Молекулярно-кинетическая теория и газы</i>	5
1.1. Зарождение атомистических представлений	5
1.2. Строение атомов и их сравнительная характеристика	8
1.3. Движущие силы природы	11
1.4. Измерение количества вещества	15
1.5. Нижний предел моля	17
1.6. Открытие периодической таблицы химических элементов	18
1.7. Броуновское движение	20
1.8. Дым, пыль, туман	22
1.9. Термофорез	23
1.10. Газ и газовые законы	24
1.11. Тепло и температура	27
1.12. Молекулы и охота	29
1.13. Взвешивание газа	30
1.14. Термодинамический метод измерения температуры	32
1.15. Температурные шкалы	34
1.16. Воздушный термоскоп	37
1.17. Тепловое движение при сверхнизких температурах	39
1.18. Такой горячий холодный космос	40
1.19. Самые низкие температуры	42
1.20. Истечение газа в пустоту	43
1.21. Вес вдоха	44
1.22. Как открывали атмосферу	45
1.23. Испорченный ртутный барометр	49
1.24. Вес и высота атмосферы	51
1.25. Атмосферы Венеры и Марса	54
1.26. Фокус с воздухом	57
1.27. Соотношение воздуха и воды на Земле	58
1.28. Автоматическая поилка	59
1.29. Кто изобрел аэростат?	61

1.30.	Воздушная шуба	64
1.31.	Парадокс с отоплением помещения	66
1.32.	Отклонение пламени свечи	68
1.33.	Печная труба, загадочная вертушка и сквозняк	69
1.34.	Опасное погружение и всплытие	71
1.35.	Экстренное всплытие	73
1.36.	Картезианский водолаз	73
1.37.	Погружение и всплытие рыб	75
1.38.	Как работает вакуумный насос	77
1.39.	Самодельный насос	80
1.40.	Удобный термос	81
1.41.	Опыты с нагревом воздуха	82
1.42.	Земля и газовые законы	84
1.43.	Скрытая катастрофа	85
1.44.	Наибольшая скорость снаряда	89
1.45.	Эффузия	90
1.46.	Термодиффузия	93
<i>Глава II. Работа и теплота. Начала термодинамики</i>		95
2.1.	Энергия и человечество	95
2.2.	Химическая энергия и Солнце	97
2.3.	Огонь и человек	100
2.4.	Как открывали I начало термодинамики	102
2.5.	О терминах термодинамики	109
2.6.	Работа при изотермическом процессе	110
2.7.	Кипящий слой	111
2.8.	Опасная пыль	112
2.9.	Паяльник и медь	114
2.10.	Одежда металлургов	115
2.11.	О форме чайника	115
2.12.	Кто открыл II начало термодинамики	116
2.13.	Качество энергии	119
2.14.	Зачем мы потираем руки?	122
2.15.	Работа за счет холода	123
2.16.	Энтропия	124
2.17.	Измерение энтропии	130
2.18.	Умный теплообмен	132
2.19.	Энтропия и молекулы	136
2.20.	Как работает холодильник	141
2.21.	О «тепловой смерти» Вселенной	143
2.22.	Демон Максвелла	145
2.23.	Вихревая труба	146
2.24.	Информация и энтропия	148
2.25.	Экономный теплообмен	151
2.26.	Экономное кипячение	156
2.27.	Сравнение теплоемкостей веществ	157

2.28.	Примус вместо очага	158
2.29.	Как обнаружить пожар?	160
2.30.	Лампа Дэви	162
2.31.	Тепловая труба	164
2.32.	Лучшая печь — это холодильник!	166
2.33.	Почем чашка чая?	168
2.34.	Что может и не может пламя	169
2.35.	Как быстрее?	170
2.36.	Первые тепловые машины	171
2.37.	Тепловая машина для полива огорода	175
2.38.	Конвекционный тепловой двигатель	176
2.39.	Какие дрова выгоднее?	177
2.40.	Изгиб горящей спички	178
2.41.	Уголь	178
2.42.	Топлива и взрывчатые вещества	181
2.43.	Паровозы	182
2.44.	Паровая лодка	184
2.45.	«Пьющая птичка» — «вечный» двигатель	185
2.46.	Энергия ветра	188
2.47.	Отопление помещений ветром	190
2.48.	Гольфстрим и айсберг как тепловая машина	192
2.49.	«Вечный» соленый двигатель	195
2.50.	Как появились двигатели внутреннего сгорания	196
2.51.	Как работает карбюратор	200
2.52.	Мощность двигателя и лошадиная сила	201
2.53.	Топливо для двигателей внутреннего сгорания	203
2.54.	Октановое число бензина	208
2.55.	Реактивные двигатели	210
2.56.	Самодельный реактивный двигатель	217
2.57.	Тепловые потери	220
2.58.	Эффективность движения	223
2.59.	Машина Стирлинга	226
2.60.	Термоядерная энергетика	232
2.61.	Город — «остров тепла»	236
2.62.	Парниковый эффект	237
2.63.	Медицинский термометр	238
2.64.	Термометр на ветру	239
2.65.	Парадоксы адиабатического расширения	240
2.66.	Расширение изотермическое и адиабатическое	242
2.67.	Температура атмосферы	243
2.68.	Озоновый слой	246
2.69.	«Вечный» термоатмосферный двигатель	247
2.70.	Свечение метеора	249
2.71.	Пища — источник энергии	252
2.72.	Тепловая и механическая мощность человека	256

2.73.	Живой организм и тепловая машина	258
2.74.	Масса тела и потребляемая энергия	260
2.75.	Как тратить свою энергию?	263
<i>Глава III. Реальные газы. Фазовые переходы</i>		269
3.1.	Сколько агрегатных состояний вещества бывает?	269
3.2.	Идеальный газ и реальность	271
3.3.	Закон Дальтона для реальных газов	276
3.4.	Пузырек на дне океана	277
3.5.	Газ и пар	278
3.6.	Критическое состояние	283
3.7.	Влажность воздуха	285
3.8.	Вес сухого и влажного воздуха	287
3.9.	Туман	289
3.10.	Промышленность и туман	291
3.11.	Облака	294
3.12.	«Падающие» облака	298
3.13.	Температура облаков	299
3.14.	Взрыв и облако	300
3.15.	Принцип холодной стены	301
3.16.	Парадокс с испарением	304
3.17.	Кипение	305
3.18.	Кипение по-новому	307
3.19.	Скорость нагревания воды	307
3.20.	Задумчивый чайник	308
3.21.	Звуки кипящей воды	309
3.22.	Капля на горячей поверхности	310
3.23.	Кипячение воды кипятком и снегом	312
3.24.	Гейзеры и геотермальная энергия	314
3.25.	Удары в трубах отопления	317
3.26.	О действии вентилятора	318
3.27.	Сауна и человек	320
3.28.	Как высушить баню	322
3.29.	Продукты и холодильник	323
3.30.	Странный ветер	324
3.31.	Снег	325
3.32.	Снег, Солнце и тепло	327
3.33.	Почему снег скрипит?	328
3.34.	Почему коньки скользят по льду?	330
3.35.	Лед под нагрузкой	332
3.36.	Снег и соль	333
3.37.	Пресная вода из морского льда	335
3.38.	Звуки льда	336
3.39.	Как сохранить лед?	337
3.40.	Вода и погреб	338

3.41.	Холодильник на скорую руку	339
3.42.	Быстрая горячая вода	341
3.43.	Замерзающий водоем	342
3.44.	Как быстро замерзает вода?	344
3.45.	Бутылка с водой, лед и пар	346
3.46.	Как охлаждать льдом напитки?	347
3.47.	Камни, «растущие» в поле	348
3.48.	Циклоны и антициклоны	349
3.49.	Предсказание погоды	351
3.50.	Предсказание заморозков	358
3.51.	Осторожно — холодное железо!	361
3.52.	Как лопаются трубы	362
3.53.	Когда лопаются трубы под землей?	363
3.54.	Сверхтекучий гелий	364
3.55.	Предельная высота гор	365
3.56.	Строение Земли	366
3.57.	Необычное свойство сплавов	368
<i>Глава IV. Жидкости</i>		<i>370</i>
4.1.	Путешествие внутрь воды	370
4.2.	Интересные факты о воде	373
4.3.	Вязкость жидкостей	374
4.4.	Статика и динамика жидкостей	376
4.5.	Жидкие кристаллы	378
4.6.	Тиксотропные (неньютоновские) жидкости	380
4.7.	О плавании тел в жидкостях	382
4.8.	О «плавании» поверхности Земли	384
4.9.	Уровень воды со льдом	385
4.10.	Лодка в бассейне	386
4.11.	Фокус с плаванием яйца в воде	387
4.12.	О тепловом расширении жидкостей	388
4.13.	О сжимаемости жидкостей	388
4.14.	Новое решение задачи о бассейне	390
4.15.	Водяные часы	394
4.16.	Водяной метроном	396
4.17.	Сифон	397
4.18.	Запуск сифона	399
4.19.	Автоматический сифон	400
4.20.	Сифон и унитаз	403
4.21.	Сосуд Тантала	404
4.22.	«Поющая птичка» Герона	405
4.23.	«Стерегающая птица» Филона	406
4.24.	Гидродинамический механизм	408
4.25.	Водяной насос таранного типа	409
4.26.	Домашний фонтан	411
4.27.	О поверхностном натяжении	413

4.28.	Смачивание жидкости	417
4.29.	Шарообразная форма жидкости	420
4.30.	Форма дождевой капли	421
4.31.	Капиллярные волны	423
4.32.	Неожиданное применение поверхностного натяжения	428
4.33.	Масса капли воды	429
4.34.	Выведение жирных пятен	430
4.35.	Поверхностное натяжение и космос	430
4.36.	Задача, приводящая к полезному выводу	431
4.37.	Загадка капиллярных явлений	432
4.38.	Как готовить мыльный раствор	434
4.39.	Превращения мыльного пузыря	435
4.40.	Еще о мыльной пленке	437
4.41.	Капиллярные явления между пластинками	438
4.42.	Самодельное перо	439
4.43.	Пластинка на дне сосуда с жидкостью	440
4.44.	Мерцание свечи	441
4.45.	«Бездонный» бокал	441
4.46.	Вода в решетке	443
4.47.	Дозатор воды	443
4.48.	Замечательный керосин	444
4.49.	Песок как жидкость	445
4.50.	Смачивание и зыбучие пески	446
4.51.	Смачивание для обогащения руд	447
4.52.	Удивительный осмос	448
4.53.	Фокус с осмосом	452
4.54.	Газ в жидкости	452
4.55.	Что может лимонад?	455
4.56.	Получение углекислого газа	455
4.57.	Не щелкайте суставами!	457
4.58.	Где больше кислорода?	457
<i>Глава V. Твердые тела</i>		458
5.1.	Строение твердых тел	458
5.2.	Механические свойства кристаллов	460
5.3.	Простейшая теория кристаллов	463
5.4.	Упругое столкновение твердых тел	467
5.5.	Как измеряют твердость тел	472
5.6.	Стекло и ножницы	473
5.7.	Самые легкие металлы	476
5.8.	Самые тяжелые вещества	477
5.9.	Диффузия в твердых телах	478
5.10.	Газы в металлах	481
5.11.	Газогидраты	483
5.12.	Отжиг и наклёп	484

5.13.	Наклёп с помощью кипения	486
5.14.	Тепловое расширение твердых тел	487
5.15.	Аномалии теплового расширения	489
5.16.	Бетон и тепловой домкрат	490
5.17.	Кран и горячая вода	492
5.18.	Отверстие в металле	492
5.19.	Длина железной дороги	494
5.20.	«Самобеглый шарик» и «Самокачалка»	495
5.21.	Искусство изготовления стеклянной посуды	497
5.22.	Выращивание кристаллов	498
5.23.	Как растут кристаллы	500
5.24.	Искусство выращивания кристаллов	502
5.25.	Такой разный лед	504
5.26.	Сушка белья зимой	508
5.27.	Сухой лед	509
5.28.	«Пение» сухого льда	510
5.29.	Что представляет собой бронза?	511
5.30.	Тайна булата	512
5.31.	Плавление и кристаллизация	514
5.32.	Стеклование	517
5.33.	Волшебный псевдосплав	519
5.34.	Тепловой аккумулятор	521
5.35.	Пуля и тепло	523
5.36.	Эффект сверхпластичности металлов	527
5.37.	«Оловянная чума»	527
5.38.	Сплавы с памятью	529
5.39.	Углерод, жизнь, фуллерен и графен	531
5.40.	Металлический водород	537
5.41.	Бутылка на дне океана	539
5.42.	Энергия деформации	541
<i>Глава VI. Несерьезно о серьезном и серьезно о несерьезном</i>		<i>545</i>
6.1.	Экспериментаторы и теоретики	545
6.2.	Как делаются великие открытия	546
6.3.	Как рождается научный интерес	548
6.4.	Гарантия первенства	548
6.5.	Принципы для новых теорий	549
6.6.	Самоучитель по созданию новых теорий	553
6.7.	Доказательность теории без практики	555
6.8.	«И гений — парадоксов друг»	557
6.9.	Еще один парадокс	558
6.10.	Логика и вера	559
6.11.	Как доказать свою правоту	561
6.12.	О пользе ссылок на авторитеты	562
6.13.	История одной авантюры	563
6.14.	История одного опроса	566

6.15.	Суп Румфорда	567
6.16.	Компьютер и автомобиль	568
6.17.	Косность мышления и развитие техники	569
6.18.	Физики и математики	570
6.19.	Физика и жизнь	571
6.20.	Земля, природа, человек	571
6.21.	О термодинамике	573
6.22.	Варианты вопросов для экзамена по молекулярной физике	573
6.23.	Гимн физиков	573
6.24.	Физматовская печальная	574
6.25.	Руководство к выполнению лабораторных работ	575
6.26.	Эволюция студента	576
6.27.	Планирование научной деятельности	578
6.28.	Нестандартное мышление	578
6.29.	Кельвин, ученики и ослы	579
6.30.	Нернст и природа	579
6.31.	Менделеев и ... чемоданы	580
6.32.	Объяснение Бора	580
6.33.	Бор и сила воображения	581
6.34.	Об испарении оценок	583
6.35.	Легенда о редком металле	583
6.36.	О Ньюtone на квадрате	584
6.37.	Что такое окисление?	584
6.38.	Знаете ли вы, что...	585
	<i>Использованные источники</i>	588
	<i>Указатель опытов и наблюдений</i>	602
	<i>Именной указатель</i>	606
	<i>Предметный указатель</i>	610