

# ОГЛАВЛЕНИЕ

От редакторов перевода . . . . .	5
Предисловие к русскому изданию . . . . .	7
Предисловие . . . . .	8
<b>Введение. Механика сплошных сред и электродинамика . . . . .</b>	<b>11</b>
<b>Глава 1. Основные электрические и магнитные свойства твердых тел</b>	<b>19</b>
§ 1.1. Введение . . . . .	19
§ 1.2. Поляризуемость диэлектриков . . . . .	23
§ 1.3. Ионные кристаллы . . . . .	29
§ 1.4. Сегнетоэлектрические кристаллы . . . . .	30
§ 1.5. Электрострикция и пьезоэлектричество . . . . .	35
§ 1.6. Парамагнетизм и ферромагнетизм . . . . .	37
А. Происхождение магнетизма . . . . .	37
В. Типы магнетизма . . . . .	40
С. Парамагнетизм . . . . .	41
D. Ферромагнетизм . . . . .	41
E. Ферримагнетизм и антиферромагнетизм . . . . .	47
§ 1.7. Элементарные возбуждения в магнитоупорядоченных кристаллах . . . . .	49
§ 1.8. Магнитострикция и пьезомагнетизм . . . . .	55
§ 1.9. Электрическая проводимость . . . . .	56
А. Нормальные проводники . . . . .	56
В. Полупроводники . . . . .	57
С. Сверхпроводники . . . . .	57
§ 1.10. Электромагнитные волны . . . . .	59
А. Изотропные материалы . . . . .	59
В. Анизотропные материалы, электромагнитная оптика . . . . .	60
§ 1.11. Наведение анизотропии . . . . .	63
§ 1.12. Поляритоны и солитоны . . . . .	66
§ 1.13. Однородно поляризованные и намагниченные тела . . . . .	71
Литература . . . . .	77
<b>Глава 2. Элементы механики сплошных сред</b>	<b>78</b>
§ 2.1. Понятие материального континуума . . . . .	78
§ 2.2. Перемещение и деформация сплошной среды . . . . .	80
А. Конечные деформации . . . . .	83
В. Бесконечно малые деформации . . . . .	86
С. Изменения объема и площади . . . . .	88
D. Замечание об условиях совместности . . . . .	88
§ 2.3. Скорости деформации и принцип объективности . . . . .	89
А. Поле скоростей и скорости изменений . . . . .	89
В. Движения абсолютно твердого тела . . . . .	91
С. Переход к другой системе отсчета, принцип объективности . . . . .	93
D. Поля объективных тензоров . . . . .	94
E. Объективные характеристики скорости изменений тензорных полей . . . . .	95
§ 2.4. Принципы механики сплошных сред . . . . .	98
А. Закон сохранения массы . . . . .	98
В. Математическая формулировка балансных законов в физике сплошных сред . . . . .	99
С. Локальные полевые уравнения механики . . . . .	102
§ 2.5. Замыкание системы полевых уравнений: формулировка определяющих уравнений . . . . .	104
§ 2.6. Принцип виртуальной работы . . . . .	109
§ 2.7. Полевые уравнения механики в отсчетной конфигурации . . . . .	111
§ 2.8. Термодинамика сплошных сред . . . . .	112
А. Теории термодинамики сплошных сред . . . . .	112
В. Первый закон термодинамики . . . . .	115

	С. Второй закон термодинамики . . . . .	116
§ 2.9.	Формулировка определяющих уравнений на основе теории не- обратимых процессов . . . . .	120
§ 2.10.	Теория термоупругости, основанная на аксиоматической термо- динамике . . . . .	124
	А. Определение . . . . .	124
	В. Определение допустимой формы определяющих уравнений . . . . .	124
	С. Изотропные гиперупругие материалы . . . . .	129
§ 2.11.	Линейная теория термоупругости . . . . .	130
§ 2.12.	Распространение волн в бесконечных изотропных упругих сре- дах . . . . .	138
§ 2.13.	Распространение волн в бесконечном кубическом кристалле . . . . .	141
§ 2.14.	Понятие о поверхностных акустических волнах . . . . .	144
	А. Общее представление . . . . .	144
	В. Волны Рэлея в линейной теории изотропных упругих сред . . . . .	145
	С. Поверхностные SH-волны . . . . .	148
	Д. Поверхностные волны в анизотропных упругих телах . . . . .	149
§ 2.15.	Малые движения, наложенные на большие статические поля . . . . .	150
	Литература . . . . .	154
<b>Глава 3. Общие нелинейные уравнения для сплошных сред в электромаг-</b>		
	<b>нитных полях</b> . . . . .	<b>157</b>
§ 3.1.	Электродинамика сплошных сред . . . . .	157
§ 3.2.	Электромагнитные величины деформируемого тела в прибли- жении Галилея . . . . .	159
	А. Уравнения Максвелла при наличии точечных источников . . . . .	159
	В. Уравнения Максвелла в сплошной среде . . . . .	161
	С. «Галилеевская инвариантность» уравнений Максвелла . . . . .	162
	Д. Вывод уравнений Максвелла из микроскопических уравнений . . . . .	165
	Е. Интегральная форма уравнений Максвелла в движущемся де- формируемом веществе . . . . .	172
	Ф. Материальная формулировка уравнений Максвелла . . . . .	176
§ 3.3.	Выражения для объемных электромагнитных слагаемых . . . . .	178
	А. Предварительное замечание . . . . .	178
	В. Пондеромоторные сила и момент силы . . . . .	179
	С. Электромагнитный тензор напряжений и электромагнитный им- пульс . . . . .	181
	Д. Работа электромагнитных сил . . . . .	186
	Е. Уравнение Пойнтинга в $R_G$ . . . . .	187
	Ф. Уравнение Пойнтинга в $\mathcal{R}_C$ . . . . .	188
	Г. Интегральное энергетическое тождество . . . . .	189
§ 3.4.	Поверхностные электрические и магнитные величины . . . . .	190
§ 3.5.	Интегральные и локальные балансные уравнения . . . . .	194
	А. Предварительные замечания . . . . .	194
	В. Интегральные балансные уравнения . . . . .	196
	С. Локальные балансные уравнения . . . . .	197
	Д. Полевые уравнения в отсчетной конфигурации . . . . .	200
	Е. Неравенство Клаузиуса — Дюгема . . . . .	201
§ 3.6.	Первый пример: немагнитизирующиеся упругие диэлектрики в адиабатическом процессе . . . . .	203
§ 3.7.	Уравнение Гюгонио для немагнитизирующихся деформируемых диэлектриков . . . . .	207
§ 3.8.	Второй пример: неполяризующиеся магнитные упругие провод- ники . . . . .	210
§ 3.9.	Принцип виртуальной работы для электромагнитных континуу- мов . . . . .	214
	Литература . . . . .	216

<b>Глава 4. Упругие диэлектрики и пьезоэлектричество</b>	219
§ 4.1. Введение	219
§ 4.2. Нелинейные полевые и определяющие уравнения	221
А. Первая формулировка	221
В. Другая формулировка нелинейных определяющих уравнений	223
§ 4.3. Линейная теория пьезоэлектричества Фойгта	225
§ 4.4. Электрическое поле, создаваемое прямым пьезоэлектрическим эффектом	231
§ 4.5. Обратный пьезоэлектрический эффект	235
А. Пьезоэлектрическое упрочнение	235
В. Коэффициент электромеханического взаимодействия	235
§ 4.6. Приближение квазиэлектростатики	236
А. Приближение	236
В. Уравнение энергии в квазиэлектростатике пьезоэлектриков	239
С. Интегральная ортогональность свободных пьезоэлектрических колебаний твердого тела	240
§ 4.7. Пьезоэлектрически возбужденные колебания в объеме пластины	240
§ 4.8. Частотная зависимость тензора проницаемости	243
§ 4.9. Пьезоэлектрическое возбуждение продольных колебаний брусьев	245
§ 4.10. Пьезоэлектрические волны Рэлея	248
§ 4.11. Поверхностные волны Блэштейна — Гуляева	250
§ 4.12. Элементы нелинейной теории	254
А. Общие уравнения	254
В. Интермодуляция в пьезоэлектрическом резонаторе	257
С. Акустический смеситель	259
§ 4.13. Замечание о пьезоэлектрических полупроводниках	260
Литература	262
<b>Глава 5. Упругие проводники</b>	264
§ 5.1. Введение	264
§ 5.2. Нелинейные полевые и определяющие уравнения	266
§ 5.3. Идеальные проводники	270
§ 5.4. Линейная теория	274
§ 5.5. Статическая задача	276
§ 5.6. Одномерное линейное движение	282
§ 5.7. Магнитотермоупругие волны	285
§ 5.8. Геометрическая теория магнитоупругости	287
А. Система уравнений	287
В. Геометрическое решение	289
§ 5.9. Одномерное нелинейное движение	292
§ 5.10. Движения с малой амплитудой и характеристики	295
А. Случай $c \neq 0$	299
В. Случай $c = 0$	302
§ 5.11. Уравнение Гюгонно	304
А. Понятие об ударной волне	304
В. Соотношение Гюгонно в теории магнитоупругости	306
С. Контактные разрывы	308
§ 5.12. Классификация ударных волн в магнитоупругих средах	309
А. Неуплотняющие неинтенсивные ударные волны	309
В. Волны уплотнения в гуковских материалах	310
С. Ударные волны включения и выключения	313
§ 5.13. Понятие простых волн	314
А. Общее представление	314
В. Контактные слои ( $\dot{\epsilon}(\mathcal{S}) = 0$ )	316
С. Простые волны	317
§ 5.14. Задача о магнитоупругом поршне	321
§ 5.15. Устойчивость токнесущих упругих структур	326

	А. Пример упругого стержня . . . . .	326
	В. Другие примеры токонесущих структур . . . . .	328
	Литература . . . . .	330
<b>Глава 6. Упругие ферромагнетики</b>		<b>331</b>
§	6.1. Введение . . . . .	331
§	6.2. Нелинейная феноменологическая модель деформируемых ферромагнетиков . . . . .	334
	А. Об описании деформируемых ферромагнетиков с феноменологической точки зрения . . . . .	334
	В. Гирскопическое происхождение плотности спина . . . . .	335
	С. Модель взаимодействия . . . . .	337
	Д. Балансные уравнения для деформируемых ферромагнетиков . . . . .	340
	Е. Неравенство Клаузиуса — Дюгема . . . . .	345
	Ф. Граничные условия . . . . .	346
§	6.3. Принцип виртуальной работы . . . . .	347
§	6.4. Определяющие уравнения для упругих непроводящих материалов . . . . .	351
	А. Нелинейные определяющие уравнения . . . . .	351
	В. Следствия намагничности до насыщения . . . . .	352
	С. Разложение свободной энергии в ряд для низких энергетических уровней . . . . .	355
	Д. Соответствие между микроскопической моделью и континуальным представлением . . . . .	357
	Е. Определяющие уравнения для бесконечно малых деформаций . . . . .	360
	Ф. Замечания о типах магнитной симметрии . . . . .	362
	Г. Примеры упругих ферромагнитных кристаллов . . . . .	364
§	6.5. Основные диссипативные процессы . . . . .	368
	А. Приложение теории необратимых процессов . . . . .	368
	В. Слабое затухание прецессии магнитного спина . . . . .	371
§	6.6. Уравнения, линеаризованные относительно ферромагнитной фазы . . . . .	373
	А. Общая постановка задачи . . . . .	373
	В. Стационарное решение для недеформируемого тела . . . . .	376
	С. Линеаризация относительно $\mathcal{H}_i$ . . . . .	377
§	6.7. Магнитоакустический резонанс . . . . .	383
§	6.8. Магнитоакустический эффект Фарадея . . . . .	390
§	6.9. Затухание магнитоакустических волн . . . . .	391
§	6.10. Поверхностные спиновые волны . . . . .	394
§	6.11. Отсутствие взаимности поверхностных магнитоакустических волн . . . . .	397
	А. Общие уравнения . . . . .	397
	В. Задача Блэстейна — Гуляева . . . . .	398
§	6.12. Стенки Блоха и Нееля . . . . .	404
§	6.13. Магнитоупругие солитонные волны . . . . .	406
	А. Магнитоупругая стенка Блоха . . . . .	406
	В. Магнитоупругая стенка Нееля в тонкой пленке . . . . .	412
§	6.14. Уравнения, описывающие магнитоупругие ферромагнитные пластины . . . . .	415
§	6.15. Магнитоупругий изгиб круглых пластин . . . . .	423
§	6.16. Колебания магнитоупругих пластин . . . . .	425
§	6.17. Параметрическое возбуждение магнитоупругих пластин . . . . .	426
	Литература . . . . .	429
<b>Глава 7. Упругие ионные кристаллы, сегнетоэлектрики и керамики</b>		<b>433</b>
§	7.1. Введение . . . . .	433
§	7.2. Нелинейная феноменологическая модель . . . . .	434
§	7.3. Нелинейные полевые и определяющие уравнения . . . . .	437

А.	Локальные электромеханические полевые уравнения . . . . .	437
В.	Термодинамика . . . . .	439
С.	Уравнения в материальной системе отсчета . . . . .	442
Д.	Сводка уравнений . . . . .	444
Е.	Нелинейные термоупругие диэлектрики и сегнетоэлектрики . . . . .	445
§ 7.4.	Линейная теория ионных кристаллов . . . . .	450
А.	Общие уравнения . . . . .	450
В.	Кубические кристаллы с центральной симметрией . . . . .	452
С.	Изотропный случай . . . . .	455
Д.	Модель динамики решетки оболочка — сердцевина . . . . .	455
Е.	Сводка уравнений . . . . .	465
§ 7.5.	Поверхностные эффекты в ионных кристаллах . . . . .	466
А.	Понятие об энергии поверхностной связи . . . . .	466
В.	Задачи со свободной поверхностью . . . . .	469
§ 7.6.	Емкость тонких диэлектрических пленок . . . . .	471
А.	Классическое твердотельное решение . . . . .	471
В.	Решение для упругих перемещений с учетом градиентов поляризации . . . . .	472
§ 7.7.	Акустическая активность ионных кристаллов . . . . .	476
А.	Уравнения эласто-оптики . . . . .	476
В.	Акустическая активность альфа-кварца . . . . .	478
§ 7.8.	Другие задачи для упругих ионных кристаллов . . . . .	480
§ 7.9.	Линеаризованные уравнения для сегнетоэлектрических кристаллов . . . . .	481
А.	Наложение малых динамических полей на стационарные фоновые поля . . . . .	481
В.	Линеаризация уравнений для объема . . . . .	485
С.	Линеаризация условий на поверхностях . . . . .	487
Д.	Уравнения для изотропного тела; нарушение симметрии . . . . .	488
Е.	Уравнения, полученные на основе динамики решеток . . . . .	492
§ 7.10.	Взаимосвязанные объемные волны в сегнетоэлектрических кристаллах . . . . .	494
А.	Объемные моды при отсутствии диссипации . . . . .	494
В.	Двойное лучепреломление и акустическая активность . . . . .	503
С.	Влияние диссипации . . . . .	505
§ 7.11.	Взаимосвязанные поверхностные волны в сегнетоэлектрических кристаллах . . . . .	507
А.	Общие уравнения . . . . .	507
В.	Моды Блэштейна — Гуляева . . . . .	511
С.	Волны Рэлея . . . . .	516
§ 7.12.	Представление о солитонных волнах в сегнетоэлектрических кристаллах . . . . .	519
А.	Простая модель электроупругости . . . . .	519
В.	Решение в виде солитонной волны . . . . .	520
С.	Структура доменной стенки в сегнетоэлектриках . . . . .	522
Д.	Взаимодействие . . . . .	523
§ 7.13.	Ударные волны в упругих ионных кристаллах, сегнетоэлектриках и керамиках . . . . .	525
	Литература . . . . .	532
<b>Приложения</b>		<b>536</b>
§ А. I.	Понятия векторного и тензорного анализа . . . . .	536
§ А. II.	Теоремы переноса в механике сплошных сред . . . . .	537
§ А. III.	Линии и поверхности разрыва в механике сплошных сред . . . . .	541
§ А. IV.	Специальные системы координат . . . . .	546
	Литература . . . . .	548
	Предметный указатель . . . . .	549