

<p>§§ по учебнику С=[1], Ф=[2], МФЖ=[3], САФ=[4]</p>	<p style="text-align: center;">Часть 2 . МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА</p> <p style="text-align: center;">I. ВВЕДЕНИЕ</p> <p>1. Молекулярное строение вещества и характер макроскопических законов. ₁[Возникновение и развитие представлений о молекулярном строении вещества. ₂Молекулярный и макроскопический уровни описания вещества. ₃Невозможность детального микроскопического описания. ₄Молекулярный хаос и закон больших чисел. ₅Макроскопические величины как наиболее вероятные или средние значения функций микроскопических переменных. ₆Роль флуктуаций. ₇Макроскопические законы: фундаментальные принципы и материальные уравнения. ₈Молекулярно-кинетический и термодинамический (феноменологический) методы теоретического исследования. ₉Понятие сплошной среды].</p> <p style="text-align: center;">II. МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ РАВНОВЕСНЫХ СВОЙСТВ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА</p> <p>2. Распределение молекул по скоростям: постановка задачи и общие свойства распределений. ₁“Пространство” скоростей. ₂Распределение по скоростям: плотность числа молекул и плотность вероятности. ₃Нормировка. ₄Вычисление средних. ₅Распределение вероятности для вектора скорости как совместное распределение для его компонент; ₆условие независимости частных распределений.</p> <p>3. Равновесное распределение по скоростям в идеальном газе из жестких сферических молекул. ₁Принцип детального равновесия. ₂Основные свойства равновесного распределения молекул по скоростям: ₃изотропность, ₄инвариантность по отношению к парным упругим столкновениям, ₅максимальная хаотичность (понятие), ₆статистическая независимость ортогональных компонент скорости. ₇Распределение Максвелла для вектора скорости и ₈для абсолютного значения скорости: вывод и исследование.</p> <p>4. Экспериментальное исследование распределения молекул по скоростям. Характерные скорости. ₁[Работы Штерна с молекулярными пучками. ₂Наиболее вероятная, средняя абсолютная и средняя квадратичная скорости. ₃Безразмерная форма функции распределения Максвелла].</p> <p>5. {Распределение по скоростям в произвольной системе}. Газокинетическая шкала температур. ₁Равенство средних кинетических энергий для молекул в смеси газов. ₂{Независимость распределения по скоростям от наличия внешних и межмолекулярных силовых полей}. ₃Средняя кинетическая энергия как мера температуры. ₄Постоянная Больцмана.</p> <p>6. Уравнение состояния идеального газа. ₁Эмпирические газовые законы и уравнение Клапейрона-Менделеева. ₂Молекулярная модель идеального газа и область ее применимости. ₃Тензор напряжений как плотность потока импульса. ₄Вычисление тензора напряжений}. ₅Давление в равновесном газе: основное уравнение кинетической теории и уравнение состояния, законы Дальтона и Авогадро.</p> <hr/> <p>Примечание. В тексте скобками отмечен: {...} — материал, не обязательный для экзамена;</p>
<p>С. Введение, 9_{1,2,58}</p> <p>Ф. 43, 66</p>	
<p>С. 71,72</p> <p>Ф. 50</p>	
<p>С. 74₁₋₇, 73_{1,2}, [82]</p> <p>Ф. 50</p>	
<p>С. 73₃, 76</p> <p>Ф. 54</p>	
<p>С. {74₈}, 62, (k, $N_A=62$)</p> <p>Ф. 46,</p>	
<p>С. 4, 7, 59, 62 ($R=7,15_6$)</p> <p>Ф. 44-47</p>	

	[...] — материал (обязательный для экзамена), изучаемый на семинарах или самостоятельно.
С. 77-79 Ф. 51	7. Распределение Больцмана. ₁ Барометрическая формула для однородного {и неоднородного} полей. ₃ Распределение Больцмана. ₄ Распределение Максвелла — Больцмана. ₅ {Равновесность распределения Максвелла — Больцмана}. ₆ Неустойчивость планетных атмосфер.
С. 63, 66, 69 ($h=69$) Ф. 48, 49	8. Классическая теория теплоемкости идеального газа. ₁ Теорема Больцмана о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы. ₂ Поступательные, вращательные и колебательные степени свободы одноатомных, двухатомных, линейных трехатомных и нелинейных многоатомных молекул. ₃ Результаты классической теории для внутренней энергии и теплоемкости C_V . ₄ Трудности классической теории.
С. 69, 85 {(81.13)=(82.13)}	9. Квантовомеханическая теория теплоемкости идеального газа. ₁ Понятие о дуализме корпускулярных и волновых свойств материи, квантовании энергии при ограниченном движении. ₂ Допускаемые значения энергий {поступательного, вращательного и} колебательного движений. ₃ Распределение молекул по уровням энергии гармонического осциллятора. ₄ [Внутренняя энергия и теплоемкость системы гармонических осцилляторов (вывод формулы Планка — Эйнштейна)]. ₅ Вращательный вклад в теплоемкость (качественно). ₆ Общая картина зависимости теплоемкости идеального газа от температуры (на примере газа из двухатомных молекул).
III. КИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА	
С. 97 Ф. 68 (с. 231-234)	10. Взаимодействие молекул. ₁ Понятие о природе межмолекулярного взаимодействия: кулоновские силы, “ван-дер-ваальсово” диполь–дипольное притяжение {— ориентационное, индукционное и дисперсионное}, силы отталкивания. ₂ Общая форма графиков зависимости силы и потенциальной энергии взаимодействия от расстояния. ₃ Модельные потенциалы: твердых сфер, твердых сфер с притяжением, степенной закон отталкивания, {потенциал Леннарда-Джонса}.
МФЖ 2 С. 86, 88, 87 Ф. 53, 54	11. Столкновения молекул; время и длина свободного пробега. ₁ Средняя частота столкновений молекулы, движущейся среди неподвижных частиц. ₂ Учет движения окружающих молекул. ₃ Среднее время и средняя длина свободного пробега. ₄ Распределение свободных пробегов по длинам {и временам}. ₅ Влияние температуры на эффективное сечение и среднюю длину свободного пробега — формула Серверленда (без вывода). ₆ [Экспериментальное изучение распределения свободных пробегов в молекулярных пучках].
МФЖ 2 С. 52 (до (52.9)), 89, 90, 94 Ф. 41, 55, 56	12. Макроскопические уравнения переноса. ₁ Диффузионный поток, тепловой поток, напряжение вязкого трения. ₂ Материальные соотношения для потоков: диффузионного потока (первый закон Фика), теплового потока (закон Фурье), вязкого напряжения (закон Ньютона). ₃ {Понятие о термодиффузии и эффекте Дюфора}. ₄ {Законы сохранения (баланса) — уравнения неразрывности для диффузионного и теплового потоков, уравнение движения. ₅ Второй закон Фика, уравнение Фурье, волновое уравнение для вязкой волны. ₆ Оценка времени выравнивания неоднородности. ₇ Области частот адиабатичности и изотермичности звуковых волн}.
С. 89, 90, 87 Ф. 55, 56	13. Молекулярная теория явлений переноса в газах. ₁ Общее молекулярно-кинетическое уравнение переноса — выражение для плотности потока молекулярного признака через градиент признака (или выражения для потоков числа молекул, энергии, импульса). ₂ Коэффициенты диффузии, вязкости, теплопроводности. ₃ Их зависимость от плотности и температуры. ₄ {Уточненные значения численных коэффициентов (без вывода). ₅ Формула Эйкена для коэффициента теплопроводности многоатомного газа. ₆ Использование измерений коэффициентов переноса для изучения межмолекулярного взаимодействия}.

МФЖ 6 (с. 42-43)	
---------------------	--

С. 95, (96) Ф. 57,59	14. Явления переноса в ультраразреженном газе. ₁ Понятие ультраразреженного газа и области его применения. ₂ Бесстолкновительная передача тепла и импульса, эффективные коэффициенты переноса. ₃ Изотермическая и температурная эффузия. ₄ Радиометрический эффект]. ₅ {Объяснение механизма термодиффузии}.
Ф. 58 Лаб. раб. 9, 10	15. Получение и измерение высокого вакуума. ₁ [Механические насосы. ₂ Скорость откачки, кривая откачки и производительность идеального насоса. ₃ Паразитный объем и предельный вакуум. ₄ Многоступенчатый насос. ₅ Диффузионные насосы. ₄ Ловушки и адсорбенты. ₅ Скорость откачки через трубу при обычных давлениях и при высоком разрежении. ₆ Манометр Мак–Леода. ₇ Термопарный вакууметр. ₈ Ионизационный вакууметр] .
IV. ФЛУКТУАЦИИ И БРОУНОВО ДВИЖЕНИЕ	
С. 81. ₁₋₃ САФ 5 (конец с. 32)	16. Флуктуации. ₁ Зависимость среднего квадрата относительной флуктуации от числа частиц в системе. ₂ Средний квадрат флуктуации числа частиц в объеме идеального газа, флуктуации плотности, флуктуации объема. ₃ Средняя кинетическая энергия и средняя квадратичная скорость макроскопической (броуновской) частицы. ₄ {Правило вычисления средней квадратичной флуктуации произвольной величины через работу равновесного изменения состояния}. ₅ Флуктуационный предел точности измерений и методы его преодоления. ₆ {Понятие о рассеянии света и его использовании для изучения свойств вещества}.
С. 64, 93 Ф. 43, 52	17. Броуново движение. ₁ Закон случайных блужданий. ₂ Случайные блуждания и диффузионный поток. ₃ [Уравнение Ланжевена для свободной броуновой частицы и его решение для больших времен]. ₄ Силовой и диффузионный потоки в потенциальном поле. ₅ Соотношение Эйнштейна между подвижностью частицы и коэффициентом диффузии, ₆ {Работы Перрена по определению числа Авогадро}.
V. ПРИНЦИПЫ ТЕРМОДИНАМИКИ	
С. 41, 9, 12, 1. ₃₋₆ , 11 С. (т. 1) 75 _{5,6} , 76 Ф. 48 (с. 179) САФ 2 ₄	18. Термодинамические системы и термодинамические переменные. Равновесные состояния. ₁ Термодинамическая система, параметры системы и функции состояния. ₂ Внешние и внутренние переменные. ₃ Экстенсивные и интенсивные переменные. ₄ Работа и сопряженные пары переменных {—обобщенные координаты и обобщенные силы}. ₅ Работа изменения объема газа или жидкости. ₆ {Работа деформации изотропного твердого тела}. ₇ Типы взаимодействия (механическое , тепловое) и типы изоляции (полная, силовая, адиабатическая); жесткая диатермическая и адиабатическая оболочки. ₈ {Общее начало термодинамики — постулат о существовании равновесного состояния изолированной системы}. ₉ Полное и частичные равновесия. ₁₀ Динамический характер равновесия. ₁₁ Понятие времени релаксации. ₁₂ Понятие квазистатического (равновесного, обратимого) процесса.
С. 1-6, 8 Ф. 44	19. Температура. Эмпирические температурные шкалы. Термические уравнения состояния. ₁ Механическое и термическое равновесие подсистем. ₂ Нулевое начало термодинамики — постулат о транзитивности термического равновесия. ₃ Температура как параметр термического равновесия. ₄ [Методы измерения температуры и принципы построения эмпирических температурных шкал] . ₅ Идеально-газовая шкала температур. ₆ Термические уравнения состояния. ₇ [Изотермическая сжимаемость и модуль сжатия идеального газа].

САФ 24	
С. 13-15, Ф. 67, 68 САФ 21, 25	<p>20. Первое начало термодинамики. ₁{Постулат о существовании адиабатического пути перехода между любыми состояниями}. ₂Первое начало термодинамики: независимость работы адиабатического перехода от пути. ₃Внутренняя энергия системы. ₄Калорическое уравнение состояния. ₅Экстенсивность (аддитивность) внутренней энергии. ₆{Работа, совершаемая над системой в калориметре}. ₇Теплота. ₈Экспериментальные доказательства первого начала термодинамики — работы Джоуля. ₉Математическая формулировка первого начала в интегральной и дифференциальной формах. ₁₀Функции состояния и функции процессов. ₁₁Неприменимость понятия полного дифференциала к работе и теплоте. ₁₂{Понятие об энергии неравновесного состояния и общем законе сохранения энергии}. ₁₃Молекулярно–кинетический смысл работы и теплоты.</p>
С. 18-21, 21 (зад. 1), 23 Ф. 48, 70, 115	<p>21. Равновесные процессы в идеальном газе. ₁{Система дифференциальных уравнений состояния и энергии для идеального газа. ₂Теплоемкость как характеристика процесса. ₃Изохорная (C_V) и изобарная (C_p) теплоемкости, соотношение Майера между ними. ₃Дифференциальное уравнение адиабаты и его интегрирование: уравнения Пуассона. ₄Понятие о политропе. ₅Адиабатические сжимаемость и модуль объемного сжатия. ₆Скорость звука—формулы Ньютона и Лапласа}. ₇{Соответствие скорости звука и характерных скоростей молекул}.</p>
С. 12, 21 (зад. 4), 28 ₁ , 30 ₁ , 39 Ф. 69 -71, 73 (до (8))	<p>22. Энергетический баланс при равновесных процессах и циклах в идеальном газе. ₁Диаграммы состояний. ₂Изображение состояний и процессов на диаграммах. ₃Возможно ли изображение неравновесных состояний на диаграмме? ₄Работа на диаграмме давление—объем. ₅{Работы, теплоты и изменения энергии при изохорном, изобарном, изотермическом, адиабатическом процессах}. ₆Циклические процессы. ₇Равновесный цикл Карно с идеальным газом. ₈Машина Карно как двигатель, холодильная машина, {тепловой насос}: коэффициенты полезного действия. {₉Выгодность динамического отопления. }</p>
С. 29 Спартак и Толстой [14]4. Ф. 75	<p>23. Обратимость и необратимость процессов. ₁Обратимость равновесных (квазистатических) процессов. ₂Необратимость релаксации. Неравновесные (нестатические) процессы и их необратимость. ₃Анализ примеров необратимых процессов: изотермическое расширение (сжатие) при конечной разности температур системы и термостата; адиабатическое расширение (сжатие) с большой скоростью или при неполной изоляции; деформация при ступенчатом нагружении; расширение газа в пустоту; перезарядка конденсатора. ₄Роль сил трения. ₅Что такое превращение работы в теплоту? ₆Полезная работа при обратимом и необратимом процессах. ₇Обратимая теплопередача с помощью машины Карно. ₈Теплообменник.</p>
С. 27, 28 Ф. 72	<p>24. Второе начало термодинамики: основные постулаты, ₁Существование необратимых процессов как содержание второго начала. ₂Различные формы основного постулата: необратимость теплопередачи (Клаузиус), невозможность вечного двигателя второго рода (Карно—Томсон), ₃{существование состояний, адиабатически недостижимых из данного состояния (Каратеодори)}. ₄Эквивалентность постулатов Клаузиуса и Карно — Томсона. ₅{Роль компенсационных процессов в формулировках постулатов второго начала}.</p>
С. 30-32, 37 Ф. 73, 74, 77 (с. 297)	<p>25. Теоремы Карно и их следствия. ₁Теоремы Карно для обратимых и необратимых процессов. ₂Термодинамическая шкала температур. ₃Ее тождественность с (газо)кинетической и идеального газовой шкалами. ₄Приведенная теплота и неравенство Клаузиуса для цикла Карно. ₅[Понятие об основных типах реальных двигателей и их циклах]. ₆В каком смысле оптимален двигатель Карно?.</p> <p>26. Энтропия.</p>

<p>С. 38, 43 Ф. 77</p>	<p>1Неравенство Клаузиуса для произвольного цикла. 2Равенство Клаузиуса и независимость суммы приведенных теплот от пути при равновесных процессах. 3Энтропия. 4Аддитивность энтропии. 5[Энтропия идеального газа {и смеси газов}]. 4Цикл Карно на диаграмме $S - T$.</p>
<p>С. 41, 42 САФ 2₅ С. 80₁₋₇, Ф. 76 С. 82 С. 80₆, 37₃ Ф. 75, 76</p>	<p>27. Неравновесные процессы и закон возрастания энтропии. 1Изменение энтропии при неравновесных процессах. 2[Примеры: расширение газа в пустоту, теплообмен при конечной разности температур]. 3{Понятие об энтропии неравновесного состояния}.</p> <p>28. Статистический смысл второго начала термодинамики. Энтропия и вероятность. 1Степень хаотичности состояния и термодинамическая вероятность. 2Связь энтропии и вероятности— формула Больцмана. 3Проверка формулы Больцмана на примере идеального газа: изменение вероятности состояния при изотермическом расширении, вероятность распределения Максвелла.</p> <p>29. 1{Вывод распределения Максвелла из условия максимальной хаотичности}.</p> <p>30. Направленность макроскопических процессов. 1Процессы, идущие самопроизвольно, и процессы, требующие компенсации. 2"Обесценивание энергии". 3Проблема "тепловой смерти" Вселенной и некорректность ее постановки; идеологическая борьба вокруг проблемы "тепловой смерти". {4Изменение энтропии при флуктуациях. 5Связь энтропии и информации}. 6Понятие о проблеме микроскопической обратимости и макроскопической необратимости. 6{Понятие о процессах организации в открытых системах и о проблемах термодинамики живых организмов}.</p>
<p>С. 45₁₋₃, 48, 16, 19 САФ 1, 2₃ С. 8, 47 САФ 1, 2₁, 3, 4</p>	<p style="text-align: center;">VI. МЕТОДЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИКИ</p> <p>31. Термодинамические потенциалы и термодинамические тождества. 1Основное термодинамическое тождество—дифференциальная форма закона сохранения энергии для равновесных процессов. 2Внутренняя энергия как термодинамический потенциал. 3Преимущества записи свойств с помощью потенциала. 4Естественные независимые переменные для внутренней энергии и переход к другим потенциалам и независимым переменным. 5Свободная энергия Гельмгольца. 6Энтальпия (теплосодержание, тепловая функция). 7Свободная энтальпия (изобарно—изотермический потенциал, термодинамический потенциал Гиббса). 8Свободная энергия и изотермическая работа. 9Энтальпия и теплота, полученная при изобарном процессе. {10Измерение изобарной теплоемкости в потоке газа}.</p> <p>32. Методы термодинамических расчетов. Примеры. 1Иерархия термодинамических величин: термодинамические потенциалы, обобщенные координаты и силы, термодинамические коэффициенты. 2Приемы преобразований: дифференцирование сложной функции, замена параметра, циклическая замена переменных, 5соотношения взаимности Максвелла. [Примеры соотношений между термодинамическими коэффициентами произвольной среды: 6температурный коэффициент давления — коэффициент расширения и изотермическая сжимаемость; 7разность теплоемкостей $C_p - C_V$ — коэффициенты термического уравнения состояния; 8изотермическая и адиабатическая сжимаемости (или модули сжатия) — теплоемкости C_p и C_V; 9изотермические производные внутренней энергии и 10изохорной теплоемкости C_V по объему, 11энтальпии {12и теплоемкости C_p} по давлению — коэффициенты термического уравнения состояния].</p> <p>33. Условия устойчивого термодинамического равновесия. 1Термодинамические потенциалы в неравновесном состоянии как функции дополнительных переменных. 2Равновесие изолированной системы как максимум энтропии. 3Равновесие при заданных внешних условиях как минимум соответствующего потенциа-</p>

С. 50, 51 САФ 5 ₁₋₄	ла. { ₄ Применение общих условий для доказательства неотрицательности изотермического модуля сжатия и ₅ теплоемкости C_V (рассмотрение равновесий по отношению к смещению границы раздела подсистем и к передаче тепла)}.
С. 51 САФ 5 ₅ С. 46 ₃ , 111-114, 116, 117, 119, 120 Ф. 84, 86, 94 (САФ 6) С. 84	<p>34. Принцип Ле-Шателье. ₁{Анализ формул для разностей изотермической и адиабатической сжимаемостей, изобарной и изохорной теплоемкостей и} ₂общая формулировка принципа Ле-Шателье. ₃{Соотношения взаимности как его физическая сущность}. ₄Применение принципа Ле-Шателье к химическому равновесию и к растворимости.</p> <p>35. Открытые системы и равновесие фаз. ₁Термодинамические тождества для систем с переменным числом частиц. ₂Химические потенциалы. ₃Связь свободной энтальпии с химическим потенциалом однокомпонентной системы и (без вывода) с химическими потенциалами компонентов смеси. ₄Фазы. ₅Условие равновесия фаз по отношению к обмену веществом. ₆Фазовая диаграмма. ₇Правило фаз Гиббса (для однокомпонентной системы). ₈Тройные и критические точки. ₉Уравнение Клайперона — Клаузиуса. ₁₀{Поверхностная свободная энергия и невыгодность образования зародышей}. ₁₁Метастабильные состояния. ₁₂Понятие о фазовых переходах второго рода.</p> <p>36. Третье начало термодинамики. ₁Теорема Нернста. ₂Квантовомеханическое обоснование теоремы Нернста. ₃Следствия теоремы Нернста: {₄недостижимость абсолютного нуля температур}, ₄теплоемкость и коэффициент расширения при низких температурах.</p>
С. 97, 33 ₂ Ф. 60, 61 МФЖ 2, 3 (с. 17-19) С. 46 ₃₋₄ , 19 ₃₋₄ , 46, 103, 104, 105 Ф. 64, 65 САФ 4 ₉ С. 100, 101, 113 ₁₋₄ Ф. 62 Кикоины 112, 114, 116 С. 102 Ф. 63 С. 106-109	<p style="text-align: center;">VII. РЕАЛЬНЫЕ ГАЗЫ И РАВНОВЕСИЕ ГАЗ — ЖИДКОСТЬ</p> <p>37. Термическое уравнение состояния реального газа. [₁Разложение давления по степеням плотности: вириальная форма уравнения состояния. ₂Учет взаимодействия при парных столкновениях и второй вириальный коэффициент (без вывода), его измерение, и использование для определения параметров потенциала взаимодействия]. ₃Вывод уравнения Ван-дер-Ваальса. Область теоретической обоснованности уравнения Ван-дер-Ваальса, его недостатки и возможность использования в качестве модельного для описания газов и жидкостей.</p> <p>38. Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томсона. ₁Внутренняя энергия и изохорная теплоемкость газа Ван-дер-Ваальса. ₂Опыты Джоуля и закон Джоуля для идеального газа. ₃[Эффект Джоуля—Томсона и его использование для получения низких температур] .</p> <p>39. Фазовый переход газ — жидкость. ₁Изотермы Ван-дер-Ваальса. ₂Область абсолютно неустойчивых состояний и распад на две фазы. ₃Правило Максвелла. ₄Правило рычага. ₅Динамическое равновесие на границе фаз и температурная зависимость давления насыщенного пара. ₆Критическая точка. ₇Возможность непрерывного перехода между газовым и жидким состоянием. ₈Сжижение газов и получение низких температур; детандеры, испарение, адиабатическое размагничивание кристаллов.</p> <p>40. Свойства вещества в критическом состоянии. ₁Особенность изотермической сжимаемости и изобарной теплоемкости. ₂Критические флуктуации и опалесценция. {₃Понятие об особенности изохорной теплоемкости. ₄Критическая точка как точка фазового перехода второго рода}. [₅Критические параметры газа Ван-дер-Ваальса] .</p> <p>41. Поверхностное натяжение и капиллярные явления. ₁Работа разрыва столба жидкости, поверхностная свободная энергия и поверхностное натяжение. ₂Давление под произвольно изогнутой поверхностью и средняя кривизна:</p>

<p>Ф. 79-82 Толстой [13]36--- - 38.</p> <p>С. 97, 33₂</p> <p>Ф. 117-119</p> <p>С. 122</p> <p>Ф. 85</p> <p>САФ 6-9, 11</p> <p>С. 123-125 Ф. 85, 86 САФ 10_{1, 2, 3, 4-6}</p> <p>С. 126, 128_{1,6} САФ 10_{3,1-3.2, 6} Кикоины 135</p> <p>С. 129, 130_{1,4}, 131₁, 111₃, 134₄</p> <p>Ф. 87</p> <p>САФ 2₆</p> <p>С. 134_{1,3} Ф. 87, 88</p> <p>МФЖ 3 (с.20-22) (опечатки в (3.6),(3.8)!)</p> <p>С. 68, 69 Ф. 92, 93 МФЖ 5</p>	<p>формула Лапласа. ₃Опыты с тонкими пленками; роль поверхностно-активных веществ в стабилизации пленок. ₄Смачивание. ₅Краевой угол. ₆Растекание жидкости по поверхности. ₇[Уровень жидкости в капилляре - формула Жюрена].</p> <p>42. Метастабильные состояния в системе жидкость — пар. ₁[Давление насыщенных паров над искривленной поверхностью жидкости]. ₂Неустойчивость капель и пузырьков как зародышей конденсации и парообразования. ₃Пересыщенный (переохлажденный) пар, перегретая жидкость, растянутая жидкость. ₄Условия кипения. ₅Камера Вильсона и пузырьковая камера.</p> <p style="text-align: center;">VIII. РАСТВОРЫ</p> <p>43. Термодинамические функции идеального раствора. ₁Смеси газов, жидкие и твердые растворы. ₂Твердые растворы замещения и внедрения. {₃Идеальный твердый раствор: аддитивность энергий и объемов, энтропия смешения, термодинамический потенциал Гиббса. Распространение модели идеального раствора на жидкую фазу}. ₄Термодинамический потенциал смеси газов: смесь газов как идеальный раствор. {₅Химические потенциалы компонентов идеального раствора. ₆Понятие о химическом равновесии и законе действующих масс}. ₇Слабый раствор: идеальность по отношению к растворителю, квазиидеальность по отношению к растворенному веществу.</p> <p>44. Равновесие жидкого раствора с другими фазами. ₁Растворимость газов: закон Генри. ₂Зависимость растворимости газов и твердых тел в жидкостях от температуры: связь с теплотой растворения. ₃Парциальное давление паров над раствором: закон Рауля. ₄Осмотическое давление: закон Вант-Гоффа. ₅[Связь между законами Вант–Гоффа и Рауля].</p> <p>45. Фазовые переходы в растворах. ₁Зависимость температур кипения и замерзания раствора от концентрации. ₂Эбулиоскопия и криоскопия. ₃Охлаждающие смеси. ₄Диаграммы плавкости. ₅Эвтектика. ₆Очистка кристаллов зонной плавкой.</p> <p style="text-align: center;">IX. СТРОЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ И ЖИДКОСТЕЙ</p> <p>46. Симметрия кристаллов и кристаллические решетки. ₁Источники информации о расположении атомов в кристалле. ₂Элементы точечной симметрии: центр инверсии, оси, плоскости, зеркально–поворотные оси. ₃Элементы трансляционной симметрии: трансляции, {винтовые оси, плоскости зеркального скольжения}. ₃Возможные оси симметрии кристалла. ₅Анизотропия; {связь симметрии строения и симметрии свойств}. ₆Полиморфные превращения. ₇Элементарная ячейка и кристаллическая решетка. ₈[Плотнейшие упаковки сфер].</p> <p>47. Взаимодействие молекул и физические свойства идеального кристалла. ₁Физические типы кристаллических решеток: ионные, ковалентные, молекулярные, металлические кристаллы. ₂Атомные частицы и молекулярные группы в кристаллах. ₃{Вычисление энергии и упругости кристалла (на примере кубической ионной решетки). Сравнение с опытом, использование для определения параметров потенциала взаимодействия}.</p> <p>48. Тепловое движение в кристаллах: классическая теория. ₁Характер теплового движения. ₂Механизмы температурного расширения. ₃Теплоемкость: закон Дюлонга и Пти. ₄Теплоемкость молекулярных (по строению) кристаллов.</p>
---	--

<p>(с. 33-34)</p> <p>С. 85</p> <p>МФЖ (с.51-52)</p>	<p>49. Тепловое движение в кристаллах: элементы квантовой теории.</p> <p>₁[Теория теплоемкости Эйнштейна и зависимость теплоемкости от температуры]. ₂{Понятие о нормальных колебаниях кристаллической решетки и теории теплоемкости Дебая. ₃Температурная зависимость коэффициента теплового расширения. ₄Представление о фононах}.</p>
<p>С. 135</p> <p>Ф 89, 90</p> <p>МФЖ 6 (с.44-47, 51-52)</p> <p>С. 116</p> <p>Ф 95</p> <p>МФЖ 1 (на рис.1 ошибка!), 5 (до с. 33)</p> <p>С. 100₃</p> <p>Ф 63</p> <p>МФЖ 4, 5 (с. 33-38)</p> <p>Ф 95</p> <p>МФЖ 6 (до с. 58)</p> <p>Ф 63</p> <p>МФЖ 6 (с. 58-61)</p> <p>Кикоины 118</p> <p>Ф 63</p> <p>МФЖ 4 (с. 39-42)</p>	<p>50. Дефекты кристаллической решетки и обусловленные ими явления.</p> <p>₁[Точечные и линейные дефекты: вакансии, атомы в междузлиях, дислокации. ₂Плоскости дисклинации, двойникование. ₃Диффузия в кристаллах, зависимость коэффициента диффузии от температуры. ₄{Фононный механизм теплопроводности}. ₅Прочность кристаллов: роль поверхностных трещин, движение дислокаций как механизмов пластической деформации. ₆Роль винтовых дислокаций в процессе роста кристалла].</p> <p>51. Строение жидкостей.</p> <p>₁Сравнение жидкости с газом и кристаллом. ₂Диаграмма состояний газ—жидкость—кристалл. ₃Характер теплового движения в жидкости {и теплоемкость C_V}. ₄Ближний порядок. {₅Простая жидкость. ₆Радиальная функция распределения кристалла и жидкости. ₇Выражение для внутренней энергии через радиальную функцию распределения. ₈Дырочная модель жидкости. ₉Понятие об ассоциированных жидкостях}.</p> <p>52. Термодинамические свойства жидкостей.</p> <p>₁[Уравнение Ван-дер-Ваальса в приведенных переменных и закон соответственных состояний]. {₂Обоснование и область применимости закона соответственных состояний для реальных веществ. ₃Уравнение состояния жидкости согласно дырочной модели: сжимаемость и коэффициент расширения. ₄Аномалия теплового расширения воды} .</p> <p>53. Кинетические свойства жидкостей.</p> <p>₁Дырочная теория диффузии и вязкости. ₂Вязкоупругость: уравнение Максвелла, механическая релаксация. ₃Переохлаждение жидкости. ₄Стеклование. {₅Характер изменения термодинамической функции при стекловании. ₆Неравновесность стеклообразного состояния и энтропия стекла. ₇Понятие о механизме теплопроводности жидкостей}.</p> <p>54. Свойства жидкого гелия. Сверхтекучесть.</p> <p>₁Диаграмма состояний ⁴He. ₂Жидкий гелий как квантовая жидкость. {₃Невозможность передачи энергии и импульса макроскопического движения длинноволновым фононам: сверхтекучесть при абсолютном нуле температур. ₄Предельная скорость безвязкостного течения. ₅Понятие о двухжидкостной модели жидкого гелия. ₇Экспериментальные проявления сверхтекучести}.</p> <p>55. {Жидкокристаллическое состояние и ориентационное плавление.</p> <p>₁Трансляционный и ориентационный дальний порядок в молекулярных кристаллах. ₂Ориентационное плавление кристаллов и ориентационное упорядочение жидкости. ₃Строение жидких кристаллов. ₄Применение жидких кристаллов в измерительной технике и информатике. }</p>

Литература

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики, Т. II. Термодинамика и молекулярная физика. М., 1975, 1990.
2. Фриш С.Э., Тиморева А.В. Курс общей физики, Т.I, М., 1962.
3. Молекулярная физика жидкостей в курсе общей физики (Соловьев В.А.), Л., 1983.
4. Соловьев В.А., Аджемян Л.Ц., Фриш М.С. Избранные вопросы молекулярной физики. I. Методы термодинамических преобразований. 2. Растворы. СПб, 1999.

Дополнительная литература

5. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Молекулярная физика. М., 1976.
6. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. М., 1971.
7. Рейф Ф. Статистическая физика. М., 1977.
8. Фейнмановские лекции по физике. Т.4, М., 1965.
9. Ландау Л.Д., Ахиезер А. И., Лифшиц Е.М. Курс общей физики. (Механика и молекулярная физика). М., 1965.
10. Де Бур Я. Введение в молекулярную физику и термодинамику. М., 1962.
11. Кричевский И.Р. Понятия и основы термодинамики. М., 1970.
12. Поль Р.В. Механика, акустика и учение о теплоте. М., 1973.
13. Конспект лекций по физике для студентов физического факультета ЛГУ (Молекулярная физика и термодинамика), (Толстой Н.А.), Л., 1966.
- 14..Методические указания по общему курсу физики (некоторые вопросы термодинамики).. (Спартакос А.А., Толстой Н.А.). Л., 1990.

Составители: проф. В. А. Соловьев, доц. М.С.Фриш,

проф. Н.А.Толстой, доц. С.Г.Слюсарев.

Программа утверждена на заседании кафедры ОФ-1