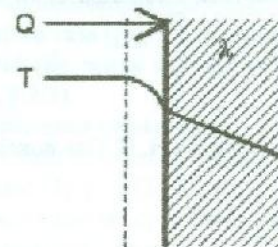


Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова
Национальной академии наук Беларуси

МАТЕРИАЛЫ
К ПРОГРАММЕ-МИНИМУМ
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 01.04.14
«ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА»



Минск 2006

Данная публикация подготовлена по просьбе Совета молодых ученых Института тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси. Это первое издание рекомендаций для сдачи кандидатского экзамена (специальность «Теплофизика и теоретическая теплотехника»). Программа-минимум по специальности 01.04.14 утверждена президиумом ВАК Беларуси (№ 22 от 21.02.2001, протокол № 317).

Цель работы – помочь аспирантам овладеть знаниями, необходимыми для сдачи кандидатского экзамена с учетом научной специфики института без дополнительных затрат времени на поиск нужной литературы. Публикация может быть полезна для молодых ученых, студентов и сотрудников, которые решили самостоятельно изучить новое направление в области теплофизики. Следует отметить, что раздел IV «Термодинамические циклы и теплообменные аппараты» относится к отрасли «технические науки».

Хотелось бы надеяться на развитие изложенного материала в дальнейшем. Возможно, высококвалифицированные специалисты найдут возможность дополнить эти рекомендации.

Все замечания и пожелания, а также предложения по улучшению настоящего издания можно отправить на электронный ящик: snowsoft@tut.by (Билык Вячеслав Алексеевич) с пометкой «Кандидатский экзамен по специальности 01.04.14».

Составитель: чл.-корр. НАН Беларуси Н. В. Павлюкевич

© Институт тепло- и массообмена
им. А. В. Лыкова НАН Беларуси,
2006

1. ТЕРМОДИНАМИКА

Термодинамический метод изучения состояния макроскопических систем. Феноменологический характер термодинамики ([1], § 1; [4], гл. 1).

Параметры состояния, равновесные и неравновесные термодинамические процессы. Законы идеального газа ([1], § 4; [3], § 1.2, 1.3; [4], с. 23–28).

Уравнения состояния термодинамических систем. Термические коэффициенты: изотермической сжимаемости, термической упругости, термического расширения. Уравнения Клапейрона–Менделеева и Ван-дер-Ваальса ([4], с. 28–34; [2], § 12; [1], § 6 и с. 292; [3], § 6.3).

Термические и калорические уравнения состояния ([1], § 6).

Законы идеального газа ([3], § 1.4), смеси идеальных газов ([3], § 1.5).

Работа и количество тепла как функции процесса. Внутренняя энергия системы ([1], § 5; [3], § 2.3).

Полный дифференциал функции ([6], § 7.1, 7.3, 7.5; [2], с. 26, 36, 80).

Первый закон термодинамики. О невозможности осуществления вечного двигателя первого рода ([1], § 7; [3], § 2.4).

Уравнение первого закона термодинамики для потока ([3], § 2.6).

Понятие о теплоемкости. Энтальпия ([3], § 1.6, 2.5; [1], § 8; [2], § 8).

Связь между изобарной и изохорной теплоемкостями, их выражение через производные от энергии и энтальпии по температуре. Зависимость теплоемкости идеальных газов от температуры.

Основные термодинамические процессы и их уравнения. Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатический процессы, политропные процессы ([3], § 7.1–7.5; [1], § 9).

Эффект Джоуля – Томсона. Дросселирование ([3], § 7.6; [1], § 50).

Изменение температуры при дросселировании. Сравнение с адиабатным расширением газа в вакуум ([3], § 7.7; [2], § 13).

Циклы (прямые и обратные), тепловые машины, понятие термического коэффициента полезного действия ([3], § 3.1; [2], § 9).

Обратимые и необратимые процессы ([3], § 3.2; [1], § 12).

Формулировки второго закона термодинамики ([3], § 3.3; [1], § 11, 13).

Невозможность осуществления вечного двигателя второго рода. Цикл Карно. Теорема Карно ([3], § 3.4; [2], § 9; [1], § 18).

Термодинамическая шкала температур ([3], § 3.5; [1], § 14), термодинамическая (абсолютная) температура.

Энтропия как функция состояния. Уравнение второго начала термодинамики для обратимых процессов, интегральное равенство Клаузиуса для обратимого цикла ([3], § 3.6; [1], § 13).

Изменение энтропии в необратимых процессах, неравенство Клаузиуса ([3], § 3.7; [1], § 17).

Энтропия и термодинамическая вероятность, формула Больцмана ([3], § 3.9; [1], задача 3.40).

Основное уравнение термодинамики – объединенное уравнение первого и второго законов термодинамики ([3], § 3.8; [1], § 15).

Пределы применимости второго начала термодинамики ([1], § 20; [7], § 81, 83; [8]).

Формулировка третьего начала термодинамики. Поведение термических коэффициентов при $T \rightarrow 0$ К ([1], § 21, 22; [4], с. 74–76).

Метод термодинамических (характеристических) функций ([2], § 21; [1], § 24).

Внутренняя энергия, энтальпия, свободная энергия, свободная энтальпия как термодинамические потенциалы. Соотношения Максвелла ([1], выражения (5.12), (5.18), (5.21), (5.28)).

Системы с переменным количеством вещества. Химический потенциал ([2], § 20; [1], § 26, задача 5.1).

Энтропия смешения двух газов. Парадокс Гиббса ([1], § 16, задача 3.34; [4], с. 72–74).

Термодинамическое равновесие. Условия термодинамического равновесия для систем с различными условиями взаимодействия с окружающей средой. Принцип минимальности термодинамических функций ([3], § 5.2; [1], § 27).

Равновесие систем, состоящих из нескольких фаз ([3], § 5.4).

Фазовые переходы первого рода, уравнение Клапейрона – Клаузиуса ([3], § 5.5, 5.6; [2], § 23; [1], § 59).

Условия термохимического равновесия в многофазных многокомпонентных системах. Правило фаз Гиббса ([3], § 5.5; [2], § 24).

Фазовые диаграммы. Тройная и критическая точки ([3], § 5.5; [2], § 24).

Фазовые переходы второго рода, уравнения Эренфеста ([2], § 25; [1], § 60).

Термодинамические свойства веществ на линии фазовых переходов. Влажный пар, перегретый пар. Степень сухости двухфазной смеси. Диаграммы состояния веществ в двухфазной области ([3], § 6.5, 6.8).

Влажный воздух. Отличие влажного воздуха от обычных газовых смесей. Влагосодержание, абсолютная и относительная влажность. Калорические свойства влажного воздуха. Температура мокрого термометра ([3], § 14.1).

Диаграмма состояний влажного воздуха ([3], § 14.2).

Элементы химической термодинамики. Применение первого закона термодинамики к химическим процессам. Закон Гесса ([3], § 15.1).

Химическое равновесие, закон действующих масс ([3], § 15.2; [2], § 29), константа равновесия ([3], § 15.3).

Задачи:

[1] – № 1.2, 1.3, 1.14, 1.15, 2.7, 2.10, 2.12, 3.1, 3.9–3.11, 3.16.

[4] – № 3.1, 4.1, 4.5, 5.8, 8.8, 9.2.

[35] – гл. 2, № 2.4–2.6, упражнения 2.10, 2.11, 3.7, 3.8; гл. 5, № 12, 13.

2. СТАТИСТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ФИЗИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И ТЕРМОДИНАМИКА НЕОБРАТИМЫХ ПРОЦЕССОВ

Статистические закономерности. Наиболее вероятное распределение ([2], § 30). μ -пространство, ящики и ячейки ([2], § 31).

Распределения Бозе – Эйнштейна и Ферми – Дирака ([2], § 32, 33, 35).

Распределение Максвелла – Больцмана. Критерий вырождения газа ([2], § 34, 35, 53).

Равновесное излучение, формула Планка ([2], § 37).

Тепловое движение в кристаллах, фононный газ. Закон Дюлонга и Пти, температура Дебая ([2], § 38).

Вычисление термодинамических функций идеального газа в классическом приближении ([2], § 40).

Закон равнораспределения энергии по степеням свободы (классическая теория) ([2], § 42).

Одно- и двухатомный идеальный газ, квантование энергии, поведение вращательных и колебательных степеней свободы двухатомного газа ([2], § 41, 55).

Системы взаимодействующих частиц. Понятие фазового Γ -пространства, метод Гиббса, теорема Лиувилля ([2], § 45; [4], гл. 16).

Микроканоническое распределение Гиббса ([2], § 46; [4], с. 239–248).

Каноническое распределение Гиббса ([2], § 46; [4], гл. 19).

Уравнение Фоккера – Планка ([2], § 64, 65; [15], гл. 6, § 4, 5).

Броуновское движение, соотношение Эйнштейна ([2], § 65; [4], с. 214–219).

Функция распределения молекул газа по скоростям. Вычисление макроскопических (средних) величин при заданной функции распределения ([11], § 2.1; [14], § 1.1).

Частота столкновений, средняя длина свободного пробега, дифференциальное эффективное сечение рассеяния ([11], § 1.3, 1.4).

Кинетическое уравнение Больцмана, число Кнудсена ([11], § 2.2, 2.11).

Различные режимы течения разреженных газов: течение со скольжением, свободномолекулярное течение ([11], § 2.11, 5.1, с. 317–320).

Граничные условия скачков гидродинамических величин ([14], § 1.2).

Вывод макроскопических уравнений переноса из уравнения Больцмана ([11], § 3.1).

Элементарная кинетическая теория процессов переноса в газах, определение коэффициентов вязкости, диффузии, теплопроводности ([11], § 1.5; [10], § 11.4, 11.5, 11.7, 11.8).

Свободномолекулярный перенос тепла ([23], § 1, 2 и гл. 14, (14.20)).

Физические процессы в плазме. Квазинейтральность и разделение зарядов, плазменная частота ([15], гл. 1, § 1).

Электростатическое экранирование. Дебаевский радиус ([15], гл. 1, § 2).

Термодинамика плазмы. Внутренняя (тепловая и кулоновская) энергия плазмы. Плазма как идеальный газ ([15], гл. 2, § 1, 2).

Равновесие ионизации, вывод формулы Саха из квазиклассической статистики ([15], гл. 2, § 4, 5).

Приближение магнитной гидродинамики ([15], гл. 1, § 3).

Процессы переноса в плазме. Анизотропия процессов переноса в магнитном поле, амбиполярная (совместная) диффузия ([15], гл. 6, § 5).

Кинетическое уравнение без столкновений ([15], гл. 6, § 6).

Самосогласованное поле, кинетическое уравнение Власова ([15], гл. 6, § 7).

Основы термодинамики необратимых процессов. Локальное равновесие. Термодинамические силы и потоки ([1], § 64, 65).

Линейные законы и соотношения Онзагера ([1], § 66).

Уравнение для производства энтропии [9].

Принцип минимума производства энтропии Пригожина ([1], § 67).

Термомеханический и механокалорический эффекты ([1], § 70).

Задачи:

[4] – № 12.4, 13.2, 14.1, 24.1, 25.3.

[13] – № 1, 2 (§ 1.1); № 1, 2, 4 (§ 1.2); № 1, 4 (§ 1.3); № 1 (§ 1.4); № 3, 4 (§ 1.7); № 1, 2 (§ 2.3); № 2–4 (§ 11.3).

[35] – гл. 2, № 3.1, 3.6; гл. 3, № 1.1, 1.4, 2.5, 3.3, 4.1–4.3, 4.5, 4.8; гл. 4, № 1.1, 1.2, 4.1; гл. 5, № 1.10.

3. ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОС

Основы теории подобия и метода анализа размерностей. П-теорема ([16], гл. 1, § 3, 4, 6; [37], § 5.6).

Критерии и числа подобия, физический смысл некоторых критериев подобия ([23], § 6.5–6.7, табл. 6.1; [37], § 5.2–5.5).

3.1. Теплопроводность

Дифференциальное уравнение теплопроводности (диффузии), линейные законы переноса Фурье, Фика ([17], гл. 1, § 1, 2, 5; [23], § 2.1–2.3).

Краевые условия ([17], гл. 1, § 8; [23], § 5.1–5.4).

Основные методы решения линейных краевых задач теплопроводности: метод Фурье, метод интегральных преобразований ([17], гл. 3, § 1–3; [20], гл. 3, § 1–3).

Регулярный тепловой режим ([17], гл. 9, § 5; [23], § 8.6).

Теплопроводность через плоскую стенку ([23], § 7.2), теплопроводность через цилиндрическую стенку ([23], § 7.3, 7.4), теплопроводность через шаровую стенку ([23], § 7.5).

Задача теплопроводности с движущейся границей раздела фаз (задача Стефана) ([17], гл. 12, § 1; [14], § 4.1; [20], с. 609–611; [22], § 3.4).

Решения задач теплопроводности для полуограниченного тела, неограниченной пластины, цилиндра и шара при граничных условиях первого, второго и третьего рода ([17], гл. 4–6; [21]).

Понятие об обратных задачах теплопроводности, общая постановка и классификация обратных задач ([19], § 1.2.1, 1.2.2, 2.1.1).

Краевая постановка граничной задачи теплопроводности, сведение ее к интегральному уравнению первого рода ([19], § 2.1.2).

Неустойчивость обратных задач. Принципы регуляризации решений некорректных задач ([19], § 2.1.2, 2.3.1–2.3.3).

Основные методы измерения теплофизических характеристик и тепловых потоков ([25], § 7.1–7.2; [26–28, 36]).

Задачи:

[30] – гл. 3, № 3, 5, 15, 37, 41, 56, 66, 103, 115, 117; гл. 5, № 2, 8, 75, 101, 103.

3.2. Конвективный теплообмен

Дифференциальные уравнения конвективного теплопереноса и массопереноса ([18], § 1.3–1.5; [17], гл. 1, § 7; [23], гл. 2, § 2; [37], § 4.1, 4.2).

Теплообмен при вынужденном ламинарном течении жидкости. Температурный и диффузионный пограничные слои ([32], § 109; [37], § 7.2; [31], гл. 12, § 4, 5). Аналогия Рейнольдса ([31], гл. 12, § 5, гл. 23, § 2; [32], § 114).

Температурный пограничный слой на пластине, автомодельные решения уравнений пограничного слоя ([31], гл. 12, § 7; [23], гл. 20, § 2; [32], § 109).

Приближенные методы решения задачи о теплопередаче в пограничном слое со степенным законом изменения скорости внешнего потока ([31], гл. 12, § 7; [32], § 109).

Задача о теплопереносе в круглой трубе при ламинарном течении (задача Гретца – Нуссельта) ([23], гл. 11, § 1, 2).

Ламинарные пограничные слои при сжимаемом течении ([31], гл. 13, § 1–3; [32], § 131).

Теплообмен при свободной конвекции. Система уравнений свободноконвективного теплообмена в приближении Буссинеска ([23], гл. 17, § 1–3; [31], гл. 12, § 8; [33], § 56; [34]).

Теплообмен в свободноконвективном пограничном слое у вертикальной пластины (задача Польшаузена) ([33], § 56, задача № 1; [31], гл. 12, § 8; [37], § 10.2).

Уравнение Рейнольдса осредненного турбулентного движения ([32], § 113).

Полуэмпирические теории турбулентного переноса, путь перемешивания Прандтля, турбулентные вязкость, теплопроводность и диффузия ([32], § 114; [37], § 4.5).

Логарифмический профиль скоростей ([32], § 117).

Логарифмические и степенные законы сопротивления для труб ([32], § 118; [31], гл. 20, § 1, 2).

Аналогия Рейнольдса для ламинарного и турбулентного течений ([32], § 119; [31], гл. 23, § 2).

Теплопередача в турбулентном пограничном слое ([33], § 54; [23], гл. 10, § 7).

Расчет теплообмена при турбулентном течении жидкости в трубе ([23], гл. 11, § 3, 4, 6; [37], § 8.1–8.3).

Теплоотдача при поперечном обтекании одиночного цилиндра и пучка труб ([23], гл. 10, § 15, 16; [37], § 9.1–9.2; [25], § 2–6).

Критериальные уравнения конвективного теплообмена ([37], § 6.6; [25], § 2.3–2.6).

Задачи:

[13] – § 10.1; § 10.3, № 1, 3; § 11.1, № 1.

3.3. Тепло- и массоперенос при фазовых превращениях

Теплообмен при конденсации пара. Пленочная и капельная конденсация ([37], § 12.1; [23], гл. 19, § 1, 2).

Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара, задача Нуссельта ([37], § 12.2; [23], гл. 19, § 3).

Турбулентное течение пленки на вертикальной стенке ([37], § 12.2.2; [23], гл. 19, § 4).

Теплообмен при пленочной конденсации движущегося пара внутри трубы ([37], § 12.3; [23], гл. 19, § 7).

Теплообмен при конденсации чистого движущегося пара на горизонтальных одиночных трубах и пучках труб ([37], § 12.4; [23], гл. 19, § 9).

Теплообмен при капельной конденсации ([37], § 12.5).

Тепло- и массообмен при конденсации пара из парогазовой смеси ([37], § 14.6).

Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей. Режимы кипения жидкостей: пузырьковый и пленочный, скорость роста пузырьков, отрывной диаметр пузырька ([37], § 13.1; [23], гл. 21, § 1–3).

Механизмы теплопереноса при пузырьковом кипении ([23], гл. 21, § 5–7; [37], § 13.2, 13.3, 13.6).

Теплоотдача при пленочном кипении в случае ламинарного и турбулентного движения паровой пленки ([23], гл. 21, § 8; [37], § 13.7–13.9).

Структура двухфазного потока и теплообмен при кипении жидкости внутри труб ([37], § 13.5; [23], гл. 21, § 4).

Кризисы кипения ([37], § 13.10; [23], гл. 22, § 1–4).

Тепло- и массоперенос при сублимации (испарении) с поверхности тела ([37], § 14.7, 15.3; [22], § 3.5).

Формула для скорости интенсивного испарения вещества в вакуум ([22], § 4.1; [14], § 1.2). Формула Герца – Кнудсена и ее модификации ([14], § 1.2).

Задачи теплопроводности с движущейся границей испарения (сублимации) при воздействии внешнего теплового потока ([22], § 3.4, 3.6; [14], § 5.3).

3.4. Теплообмен излучением

Природа теплового излучения. Основные понятия и определения. Интенсивность и плотность излучения ([23], § 1, 2; [37], § 16.1, 16.2).

Законы теплового излучения ([23], § 3; [37], § 16.3; [10], § 13.1).

Степень черноты, поглощательная и отражательная способности нечерных поверхностей ([38], гл. 3).

Теплообмен излучением между двумя элементарными площадками. Угловые коэффициенты ([38], § 7.3–7.5; [37], § 17.5, 17.6).

Методы вычисления угловых коэффициентов ([37], § 17.14; [38], § 7.5).

Теплообмен излучением в системе тел, теплообмен при наличии экранов ([37], § 17.2; [38], § 8.3). Зональный метод ([23], § 1, 2; [37], § 17.7, 17.8).

Интегриродифференциальное уравнение переноса излучения, коэффициенты поглощения и рассеяния, индикатриса рассеяния ([38], § 13.4, 13.5; [39, 40]).

Двухпотокное приближение ([47], § 11; [39]).

Оптическая толщина среды, приближения оптически тонкого и оптически толстого слоя ([38], § 13.5).

Коэффициент лучистой теплопроводности, диффузионное приближение ([10], § 13.3; [38], § 15.4; [47], § 10, 12).

Совместный перенос тепла теплопроводностью и излучением ([37], § 18.7).

Задачи:

[38] – № 2.3, 2.5, 3.5, 7.3, 7.5, 7.6, 7.8, 7.9, 12.5, 12.8.

3.5. Капиллярно-пористые тела

Капиллярно-пористые тела, их структурные характеристики ([43], гл. 1; [42], § 13; [41, 45]).

Поверхностное натяжение, капиллярное давление, формула Томсона ([43], § 3.2; [42], § 1.1).

Закон Дарси, коэффициент проницаемости. Уравнение упругого режима фильтрации ([43], гл. 2; [45], § 1.2; [44]).

Квазигомогенное приближение, эффективные коэффициенты диффузии ([43], гл. 2; [41]).

Ненасыщенные пористые среды. Формы связи влаги с материалом. Изотермы сорбции и десорбции ([43], § 3.1; [42], § 1.1).

Система уравнений взаимосвязанного тепло- и массопереноса (теория А. В. Лыкова) ([42], § 3.4; [43], § 3.3).

Система уравнений тепло- и массопереноса при многофазной фильтрации. Коэффициент внутреннего теплообмена ([43], § 3.4; [41]).

Процессы пропитки и вытеснения, функции Леверетта ([43], § 36; [44]).

Конвективная диффузия в пористых средах, дисперсионные эффекты ([43], § 5.1, 5.2; [45], § 2.4.2).

Понятие о фильтрационном горении ([43], гл. 7; [45]).

Физические основы тепловых труб, их устройство и принцип работы [24, 46].

3.6. Гидрогазодинамика

Кинематика сплошной среды. Переменные Лагранжа и Эйлера. Поступательная, вращательная и деформационная составляющие движения, тензор скоростей деформаций ([32], § 8, 9).

Уравнения движения идеальной жидкости: уравнения неразрывности (Эйлера), уравнение Бернулли ([32], § 23, 24); уравнение адиабатичности движения идеальной жидкости ([32], § 25; [33], § 2), потоки энергии и импульса ([33], § 6, 7).

Скорость распространения малых возмущений в идеальном газе. Скорость звука, число Маха ([32], § 26, 27).

Стационарное движение газа в канале переменного сечения ([32], § 28). Сопло Лавала. Расчетные и нерасчетные режимы течения, предельная скорость стационарного истечения газа в пустоту ([32], § 29).

Поверхности разрыва, тангенциальные разрывы и ударные волны, ударная адиабата (адиабата Гюгонио) ([33], § 84, 53; [32], § 32).

Нестационарные волны разрежения, элементарная теория ударной трубы ([32], § 38, 39; [47], гл. 4, § 1–3).

Гидродинамика горения. Медленное горение ([33], § 128). Детонация ([33], § 129; [48]).

Газодинамика релаксирующей и реагирующей среды ([47], § 1–3).

Резонансное взаимодействие излучения с веществом. Эффекты усиления резонансного излучения ([50], § 8, 9).

Понятие о газодинамическом лазере ([50], гл. 6).

Динамика вязкой жидкости. Связь между тензором напряжений и тензором скоростей деформаций. Реологический закон Ньютона. Ньютоновские жидкости ([32], § 84).

Реологические законы неньютоновских вязких жидкостей ([32], § 85; [49]).

Уравнения Навье – Стокса ([32], § 86; [33], § 15).

Ламинарное течение жидкости в трубе. Закон Пуазейля ([32], § 87; [33], § 17).

Точные решения уравнений движения вязкой жидкости ([32], § 96; [33], § 23).

Движения вязкой жидкости при больших значениях критерия Рейнольдса. Вывод уравнений Прадтля для ламинарного пограничного слоя ([32], § 99; [33], § 39).

Пограничный слой на пластине, автомодельное решение Блазиуса ([32], § 103; [33], § 39).

Метод Кармана – Польгаузена ([32], § 106, с. 620–625).

Переход ламинарного течения в турбулентное, критические значения критерия Рейнольдса для трубы и пограничного слоя на пластине ([32], § 110, 111).

4. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ И ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Паросиловые циклы. Цикл Карно на влажном паре ([3], § 11.1).

Цикл Ренкина ([3], § 11.2).

Теплофикационные циклы ([3], § 11.3).

Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания ([3], § 10.1).

Циклы газотурбинных установок ([3], § 10.2).

Холодильные (обратные) циклы, холодильный коэффициент ([3], § 13.1).

Холодильные установки: воздушные, пароконденционные, абсорбционные ([3], § 13.2, 13.3, 13.5).

Принцип работы теплового насоса ([3], § 13.7). Методы сжижения газов ([3], § 13.8).

Процессы сжатия в компрессоре. Поршневые и ротационные компрессоры. Вычисление работы, которая затрачивается на сжатие газа в компрессоре ([3], § 7.9).

Классификация и принцип работы теплообменников ([37], § 19.1, 19.2; [51], гл. 1).

Расчет средней разности температур (среднелогарифмического температурного напора) при прямотоке и противотоке ([37], § 19.3; [51], гл. 4, с. 72–76; [52]).

Тепловой расчет регенеративных теплообменных аппаратов ([37], § 19.6).

Гидромеханический расчет теплообменных аппаратов ([37], § 20.1, 20.2).

Устройство и принцип работы тепловых труб, виды тепловых труб [46].

ЛИТЕРАТУРА

1. Базаров И. П. Термодинамика. – М.: Наука, 1961.
2. Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. – М.: Наука, 1972.
3. Кириллин В. А., Сычев В. В., Шейдлин А. Е. Техническая термодинамика. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Морс Ф. Теплофизика. – М.: Наука, 1968.
5. Вукалович М. П., Новиков И. И. Техническая термодинамика. – М.: Энергия, 1968.
6. Смирнов В. И. Курс высшей математики. Т. 2. – М.: Наука, 1967.
7. Шамбадаль П. Развитие и приложения понятия энтропии. – М.: Наука, 1967.
8. Климонтович Ю. Л. Критерий относительной упорядоченности открытых систем // Успехи физ. наук. – 1996. – Т. 166, № 11.
9. Физический энциклопедический словарь. Т. 3: Неравновесные процессы. – М.: Наука, 1963.
10. Цянь Сюэ – Сень. Физическая механика. – М.: Мир, 1965.
11. Коган М. Н. Динамика разреженных газов. – М.: Наука, 1967.
12. Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П. Физическая кинетика. – М.: Наука, 1963.
13. Крайнов В. П. Качественные методы в физической кинетике и гидрогазодинамике. – М.: Высшая школа, 1989.
14. Павлюкевич Н. В., Горелик Г. Е., Левданский В. В., Лейцина В. Г., Рудин Г. И. Физическая кинетика и процессы переноса при фазовых превращениях. – М.: Наука и техника, 1980.
15. Франк-Каменецкий Д. А. Лекции по физике плазмы. – М.: Атомиздат, 1964.
16. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1965.
17. Лыков А. В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967.
18. Лыков А. В. Теплообмен: Справочник. – М.: Энергия, 1972.

19. Алифанов О. М. Обратные задачи теплообмена. – М.: Машиностроение, 1988.
20. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1966.
21. Карслоу Х. С., Егер Д. К. Теплопроводность твердых тел. – М.: Наука, 1964.
22. Анисимов С. И., Имас Я. А., Романов Г. С., Ходыко Ю. В. Действие излучения большой мощности на металлы. – М.: Наука, 1970.
23. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. – М.: Атомиздат, 1979.
- ✓ 24. Ивановский М. Н., Сорокин В. П., Ягодкин И. В. Физические основы тепловых труб. – М.: Атомиздат, 1978.
25. Михеев М. А., Михеева И. М. Краткий курс теплопередачи. – М.: Госэнергоиздат, 1961.
26. Васильев Л. Л., Танаева С. А. Теплофизические свойства пористых материалов. – Мн.: Наука и техника, 1971.
27. Шашков А. Г. и др. Методы определения теплопроводности и температуропроводности. – М.: Энергия, 1973.
28. Миснар А. Теплопроводность твердых тел, жидкостей, газов и их композиций. – М.: Мир, 1968.
29. Физико-химические и теплофизические свойства растворов на основе четырехоксида азота / Под ред. В. Б. Нестеренко. – Мн.: Наука и техника, 1981.
30. Будак Б. М., Самарский А. А., Тихонов А. Н. Сборник задач по математической физике. – М.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит-ры, 1956.
31. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1969.
32. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1970.
33. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Гидродинамика. – М.: Наука, 1986.
34. Мартыненко О. Г., Соковишин Ю. Л. Свободноконвективный теплообмен: Справочник. – Мн.: Наука и техника, 1982.
35. Шиллинг Г. Статистическая физика в примерах. – М.: Мир, 1976.
36. Герашенко О. А. Основы теплотрии. – Киев: Наукова думка, 1971.
37. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. – М.: Энергия, 1975.
38. Зигель Р., Хауэлл Д. Теплообмен излучением. – М.: Мир, 1975.
39. Адзерихо К. С. Лекции по теории переноса лучистой энергии. – Мн.: Изд. БГУ, 1975.
40. Спэрроу Э. М., Сесс Р. Д. Теплообмен излучением. – М.: Энергия, 1971.
41. Хейфец Л. И., Неймарк А. В. Многофазные процессы в пористых средах. – М.: Наука, 1982.
42. Лыков А. В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1972.
43. Павлюкевич Н. В. Введение в теорию тепло- и массопереноса в пористых средах. – Мн.: ИТМО НАН Беларуси, 2003.

44. Баренблатт Г. И., Ентов В. М., Рыжик В. М. Теория нестационарной фильтрации жидкости и газа. – М.: Недра, 1972.
45. Доброго К. В., Жданок С. А. Физика фильтрационного горения. – Мн.: ИТМО НАН Беларуси, 2002.
- ✓ 46. Васильев Л. Л. Теплообменники на тепловых трубах. – Мн.: Наука и техника, 1981.
47. Зельдович Я. Б., Райзер Ю. П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. – М.: Физматгиз, 1963.
48. Солоухин Р. И. Ударные волны и детонация в газах. – М.: Физматгиз, 1963.
49. Шульман З. П. Конвективный теплоперенос реологически сложных жидкостей. – М.: Энергия, 1975.
50. Карнюшин В. Н., Солоухин Р. И. Макроскопические и молекулярные процессы в газовых лазерах. – М.: Атомиздат, 1981.
- ✓ 51. Фраас А., Оцисик М. Расчет и конструирование теплообменников. – М.: Атомиздат, 1971.
52. Хаузен Х. Теплопередача при противотоке, прямотоке и перекрестном токе. – М.: Энергоиздат, 1981.

Оглавление

1. Термодинамика	3
Задачи	5
2. Статистическая механика, физическая кинетика и термодинамика необратимых процессов.	6
Задачи	7
3. Тепло- и массоперенос	8
3.1. Теплопроводность	8
Задачи	9
3.2. Конвективный теплообмен	9
Задачи	10
3.3. Тепло- и массоперенос при фазовых превращениях	10
3.4. Теплообмен излучением	11
Задачи	11
3.5. Капиллярно-пористые тела	12
3.6. Гидрогазодинамика	12
4. Термодинамические циклы и теплообменные аппараты	14
Литература	15

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ К ПРОГРАММЕ-МИНИМУМ
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ
01.04.14 «ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА»

Составитель Николай Владимирович Павлюкевич

Редактор Т. Г. Михалева
Корректор В. И. Царькова
Набор и верстка – В. А. Билык (*snowsoft@tut.by*)

Подписано в печать 15.03.2006.
Формат 60x84 1/16. Бумага офисная.
Усл. печ. л. 1.0. Уч.-изд. л. 1.1.
Тираж 100 экз. Зак. 24.

Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси.
220072. Минск, П. Бровки, 15. ЛИ № 02330/0133066 от 30.04.2004 г.

Отпечатано на ризографе Института тепло- и массообмена
им. А. В. Лыкова НАН Беларуси. 220072. Минск, П. Бровки, 15.