

КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ»

1. Введение в физику низких температур. История развития криогенной техники

Цель: познакомить студентов с предметом и его значением в науке и технике.

Задачи:

- рассмотреть основные этапы развития криогенной техники;
- определить область применения низких температур.

Содержание: история открытия эффектов, методы сжижения газов, вклад ученых (Камерлинг-Оннес, Дьюар), актуальность криогенных технологий.

2. Основные законы термодинамики при низких температурах

Цель: раскрыть роль термодинамики в описании процессов при низких температурах.

Задачи:

- применить 1-й и 2-й законы термодинамики к криогенным системам;
- объяснить третий закон (постулат Нернста).

Содержание: энтропия при $T \rightarrow 0$, недостижимость абсолютного нуля, энергетический баланс при охлаждении.

3. Методы получения низких температур

Цель: ознакомить студентов с методами охлаждения и сжижения газов.

Задачи:

- рассмотреть процессы дросселирования и расширения газа;
- изучить циклы Линде и Клауда.

Содержание: эффект Джоуля–Томсона, изохнтальпийное расширение, каскадные холодильные установки, современные криогенные установки.

4. Теплоемкость твердых тел при низких температурах. Закон Дебая

Цель: показать особенности теплоемкости при $T \rightarrow 0$.

Задачи:

- проанализировать зависимость $C_V(T)$ для твердых тел;
- рассмотреть модель Дебая.

Содержание: теплоемкость кристаллов, вклад фононов, сравнение с моделью Эйнштейна.

5. Теплопроводность при низких температурах

Цель: объяснить механизмы переноса тепла в твердых телах, жидкостях и газах.

Задачи:

- исследовать зависимость теплопроводности от температуры;
- выделить роль дефектов и примесей.

Содержание: теплопроводность кристаллов, минимальная теплопроводность, поведение газов при $T \rightarrow 0$.

6. Вязкость жидкостей и газов при низких температурах

Цель: изучить закономерности изменения вязкости.

Задачи:

- определить факторы, влияющие на вязкость;
- рассмотреть особенности вязкости криогенных жидкостей.

Содержание: молекулярная динамика, вязкость жидкого гелия и азота, экспериментальные методы измерений.

7. Электропроводность металлов при низких температурах

Цель: показать особенности проводимости электронного газа.

Задачи:

- рассмотреть закон Вида–Франца;
- объяснить механизмы снижения сопротивления.

Содержание: сопротивление металлов при $T \rightarrow 0$, роль примесей, электрон-фононное взаимодействие.

8. Сверхпроводимость: физические основы и практическое применение

Цель: раскрыть природу явления сверхпроводимости.

Задачи:

- описать открытие и свойства сверхпроводников;
- рассмотреть области применения.

Содержание: критическая температура, эффекты Мейснера, теория БКШ, сверхпроводящие магниты и электроника.

9. Сверхтекучесть жидкого гелия

Цель: изучить уникальные свойства гелия II.

Задачи:

- объяснить двухжидкостную модель Ландау;
- рассмотреть экспериментальные проявления.

Содержание: теплопроводность, капиллярные эффекты, фонтаны сверхтекучего гелия.

10. Теплофизические свойства гелия и его изотопов

Цель: сравнить поведение ^3He и ^4He .

Задачи:

- изучить различия квантовых жидкостей;
- определить их практическое применение.

Содержание: фазы гелия, сверхтекучесть ^3He , использование в криогенных системах.

11. Водород и дейтерий как рабочие вещества криогенной техники

Цель: показать особенности легких молекулярных газов.

Задачи:

- рассмотреть фазовые диаграммы;
- оценить возможности применения в ракетной и энергетической технике.

Содержание: сжижение водорода, свойства дейтерия, хранение и транспортировка.

12. Свойства криогенных жидкостей: азот, неон, кислород, аргон

Цель: сравнить физико-химические свойства распространенных криогенов.

Задачи:

- рассмотреть их термодинамические характеристики;
- выделить особенности эксплуатации.

Содержание: точки кипения, плотности, теплоемкости, области применения.

13. Фазовые переходы при низких температурах

Цель: объяснить поведение веществ вблизи точек фазовых переходов.

Задачи:

- рассмотреть переходы I и II рода;

- проанализировать критические явления.

Содержание: диаграммы фазовых состояний, особенности в области низких температур.

14. Теплообмен и массообмен в криогенных системах

Цель: изучить процессы переноса энергии и вещества.

Задачи:

- описать основные механизмы теплообмена;
- рассмотреть процессы испарения и конденсации.

Содержание: теплообмен в теплообменниках, особенности массообмена при хранении жидкостей.

15. Применение технологий низких температур в науке и технике

Цель: показать значимость криогенной техники.

Задачи:

- рассмотреть применение в энергетике, медицине, космосе;
- проанализировать перспективные направления.

Содержание: хранение и транспортировка газов, криомедицина, сверхпроводящие технологии, космические исследования.