

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

---

Кафедра физики  
Ю.В.Тихомиров

**ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ЗАКОНЫ И  
ФОРМУЛЫ**

по курсу физики

**ЧАСТЬ 4. Основы статфизики. Термодинамика.  
Квантовые модели материи**  
(содержание тестовых заданий)

МОСКВА - 2009

## НАЗВАНИЯ РАЗДЕЛОВ

[14. ЭЛЕМЕНТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ](#)

[15. КЛАССИЧЕСКИЙ ГАЗ. ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ](#)

[16. КВАНТОВЫЕ МОДЕЛИ МАТЕРИИ](#)

## ЭЛЕМЕНТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

### Раздел 14

#### [Тема 1. МИКРО и МАКРОсостояния](#)

- П.1. Модель МАКРОСИСТЕМА
- П.2. Закон АВОГАДРО
- П.3. Основные свойства макросистем
- П.4. Основные свойства СТАЦИОНАРНОГО состояния
- П.5. Изолированные макросистемы
- П.6. МАКРО и МИКРОсостояния

#### [Тема 2. Энтропия и температура](#)

- П.1. ДОСТУПНЫЕ микросостояния
- П.2. Эргодическая гипотеза
- П.3. ЭНТРОПИЯ и число доступных микросостояний
- П.4. Энтропия и ХАОС. Возрастание энтропии
- П.5. ТЕМПЕРАТУРА
- П.6. Эмпирическая температура

#### [Тема 3. Функции распределения](#)

- П.1. Функция распределения
- П.2. Некоторые сведения из ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ
- П.3. БИНОМИАЛЬНОЕ распределение
- П.4. Распределение по ЭНЕРГИЯМ
- П.5. Распределение ФЕРМИ
- П.6. Распределение БОЗЕ
- П.7. Распределение ГИББСА

## Тема 1. МИКРО и МАКРОсостояния

1. МАКРОСИСТЕМОЙ НАЗЫВАЕТСЯ МОДЕЛЬ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩАЯ СОБОЙ СИСТЕМУ, СОСТОЯЩУЮ ИЗ ОЧЕНЬ БОЛЬШОГО ЧИСЛА ЧАСТИЦ. ЧАСТИЦА ЕСТЬ ОБЪЕКТ, НЕ ИМЕЮЩИЙ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ .
2. ЗАКОН АВОГАДРО: В ОДНОМ КИЛОМОЛЕ ЛЮБОГО ВЕЩЕСТВА СОДЕРЖИТСЯ ОДНО И ТО ЖЕ КОЛИЧЕСТВО АТОМОВ (МОЛЕКУЛ), НАЗЫВАЕМОЕ ЧИСЛОМ АВОГАДРО.
3. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МАКРОСИСТЕМ:
  1. ЧАСТИЦЫ НАХОДЯТСЯ В НЕПРЕРЫВНОМ ДВИЖЕНИИ,
  2. У СИСТЕМЫ ЕСТЬ ВЫДЕЛЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, НАЗЫВАЕМОЕ СТАЦИОНАРНЫМ.
4. СТАЦИОНАРНОЕ СОСТОЯНИЕ МАКРОСИСТЕМЫ ЯВЛЯЕТСЯ ЕДИНСТВЕННЫМ И ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ МАКСИМАЛЬНЫМ ХАОСОМ В СИСТЕМЕ .
5. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕИЗОЛИРОВАННОЙ МАКРОСИСТЕМЫ С ДРУГИМИ ОБЪЕКТАМИ ДЕЛИТСЯ НА МЕХАНИЧЕСКОЕ, КОГДА СОВЕРШАЕТСЯ РАБОТА, И НА ТЕПЛОВОЕ, КОГДА ПЕРЕДАЕТСЯ ТЕПЛО.
6. МИКРОСОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ЭТО ДОСТАТОЧНАЯ СОВОКУПНОСТЬ МИКРОПАРАМЕТРОВ, КОТОРЫЕ ОДНОЗНАЧНО ОПРЕДЕЛЯЮТ СИСТЕМУ В ДАННЫЙ МОМЕНТ И ЕЕ ПОВЕДЕНИЕ В БУДУЩЕМ.
7. ДОСТУПНЫМИ НАЗЫВАЮТСЯ ТАКИЕ МИКРОСОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ, В КОТОРЫХ ОНА МОЖЕТ НАХОДИТЬСЯ ПРИ ФИКСИРОВАННОМ МАКРОСОСТОЯНИИ.
8. ЭРГОДИЧЕСКАЯ ГИПОТЕЗА: ЕСЛИ МАКРОСИСТЕМА НАХОДИТСЯ В СТАЦИОНАРНОМ СОСТОЯНИИ, ТО ВСЕ ДОСТУПНЫЕ МИКРОСОСТОЯНИЯ РАВНОВЕРОЯТНЫ.
9. МАКРОСКОПИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СОСТОИТ ИЗ ТРЕХ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ПОДСИСТЕМ С ЧИСЛОМ ДОСТУПНЫХ МИКРОСОСТОЯНИЙ  $\Omega_1=32$ ,  $\Omega_2=16$ ,  $\Omega_3=2$  . ЭНТРОПИЯ ВСЕЙ СИСТЕМЫ РАВНА \_\_\_\_  $\cdot 10^{-22}$  . (ПОСТОЯННАЯ БОЛЬЦМАНА  $K=1.38 \cdot 10^{-23}$  ДЖ/К).

## Тема 2. Энтропия и температура

10. ЭНТРОПИЯ ЗАМКНУТОЙ МАКРОСИСТЕМЫ ЛИБО ОСТАЕТСЯ НЕИЗМЕННОЙ, ЛИБО ВОЗРАСТАЕТ, Т.К. В РАВНОВЕСНОМ СОСТОЯНИИ ЭНТРОПИЯ МАКСИМАЛЬНА, А МАКРОСИСТЕМА САМА ПЕРЕХОДИТ ИЗ НЕРАВНОВЕСНОГО В РАВНОВЕСНОЕ СОСТОЯНИЕ.

11. ТЕМПЕРАТУРОЙ НАЗЫВАЕТСЯ МАКРОПАРАМЕТР СИСТЕМЫ, КОТОРЫЙ ОДИНАКОВ У ЛЮБЫХ СИСТЕМ, НАХОДЯЩИХСЯ В ТЕПЛОВОМ КОНТАКТЕ ДРУГ С ДРУГОМ ДОСТАТОЧНО ДОЛГОЕ ВРЕМЯ.

12. ТЕРМОМЕТРИЧЕСКОЕ ТЕЛО ЭТО РЕАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ, У КОТОРОГО ЛЕГКО ИЗМЕРЯЕМАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОПОРЦИОНАЛЬНА ТЕМПЕРАТУРЕ.

### Тема 3. Функции распределения

13. ФОРМУЛА СРЕДНЕГО ЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ А, ИМЕЮЩЕЙ ФУНКЦИЮ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ F(A):

$$\langle A \rangle = \int_{A_{\text{MIN}}}^{A_{\text{MAX}}} A * F(A) dA .$$

14. ФОРМУЛА СТИРЛИНГА:  $\ln(N!) = N \cdot (\ln(N) - 1)$  .

15. ФОРМУЛА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФЕРМИ: ЗАСЕЛЕННОСТЬ УРОВНЕЙ С ЭНЕРГИЕЙ  $E_i$  РАВНА

$$\frac{N_i}{G_i} = \left[ \exp\left(\frac{E_i - \mu}{kT}\right) + 1 \right]^{-1} .$$

16. ФОРМУЛА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БОЗЕ:

$$\frac{N_i}{G_i} = \left[ \exp\left(\frac{E_i + A}{kT}\right) - 1 \right]^{-1} .$$

17. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГИББСА. ВЕРОЯТНОСТЬ НАЛИЧИЯ У ЧАСТИЦЫ ЭНЕРГИИ  $E_i$  РАВНА

$$P(E_i) = G_i (\text{const}) \exp\left(-\frac{E_i}{kT}\right) .$$

18. ЭНТРОПИЯ СИСТЕМЫ:  $S = k \ln \Omega$  ЕСТЬ МЕРА ХАОСА В СИСТЕМЕ.

19. ФОРМУЛА СВЯЗИ ТЕМПЕРАТУРЫ С ЭНТРОПИЕЙ:  $T = \frac{d}{dS} E$  .

20. ЭЛЕМЕНТАРНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ЭНТРОПИИ:  $dS = \frac{dQ}{T}$  .

21. В НЕКОТОРОМ СОСУДЕ НАХОДИТСЯ 5 МОЛЕКУЛ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА. ВЕРОЯТНОСТЬ ТОГО, ЧТО В ОДНОЙ ИЗ ПОЛОВИН СОСУДА ОКАЖЕТСЯ 0 МОЛЕКУЛ, РАВНА \_\_\_\_ .

## КЛАССИЧЕСКИЙ ГАЗ. ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

### Раздел 15

#### Тема 1. Идеальный газ

- П. 1. Модель ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ. Столкновения
- П. 2. Распределения ГИББСА, МАКСВЕЛЛА, БОЛЬЦМАНА
- П. 3. Распределения МАКСВЕЛЛА
- П. 4. Давление. Основное уравнение МОЛ.-КИН. ТЕОРИИ
- П. 5. Уравнение состояния идеального газа (МЕНДЕЛЕЕВА-КЛАПЕЙРОНА)
- П. 6. Число степеней свободы и энергия молекулы

#### Тема 2. Реальный газ

- П. 1. Модель РЕАЛЬНЫЙ ГАЗ
- П. 2. Равновесные и неравновесные ПРОЦЕССЫ
- П. 3. ИЗОТЕРМЫ реального газа
- П. 4. Критические параметры реального газа
- П. 5. Испарение, кипение, конденсация

#### Тема 3. Основы термодинамики

- П. 1. Работа газа. Работа в изопроцессах
- П. 2. Внутренняя энергия газа. Первое начало ТД
- П. 3. Теплоемкость. Теплоемкость в изопроцессах
- П. 4. Расчет ЭНТРОПИИ в различных процессах
- П. 5. Тепловые машины
- П. 6. Цикл КАРНО
- П. 7. Обратные тепловые машины

## Тема 1. Идеальный газ

1 ФОРМУЛА ДЛИНЫ СВОБОДНОГО ПРОБЕГА МОЛЕКУЛЫ:

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2} n d^2}$$

2 ФОРМУЛА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСВЕЛЛА:  $\frac{n_i}{g_i} = A \exp\left(-\frac{E_i}{kT}\right)$  .

3 ФОРМУЛА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИББСА  $P_\alpha = A \exp\left(-\frac{E_\alpha}{kT}\right)$  .

4 ФОРМУЛА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БОЛЬЦМАНА  $dP(x,y,z) = A \exp\left(-\frac{U(x,y,z)}{kT}\right)$  .

5 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСВЕЛЛА МОЛЕКУЛ ПО ЭНЕРГИЯМ

$$f(E) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{1}{kT}\right)^{\frac{3}{2}} \sqrt{E} \exp\left(-\frac{E}{kT}\right)$$

6 ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ:

$$P = \frac{N}{V} k T$$

7 СЖИМАЕМОСТЬ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА ПРИ 3 МПа, РАВНА - \_\_\_\_  $10^{-6}$  м<sup>2</sup>/Н.

8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ: ЧИСЛО СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ МОЛЕКУЛЫ ЕСТЬ КОЛИЧЕСТВО НЕЗАВИСИМЫХ КООРДИНАТ, ОДНОЗНАЧНО ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПОЛОЖЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ .

## Тема 2. Реальный газ

9 УРАВНЕНИЕ ВАН-ДЕР-ВААЛЬСА  $(P + \frac{a'}{V^2})(V - b') = \frac{m}{\mu} RT$  .

10

УСТАНОВИТЬ СООТВЕТСТВИЕ:

ПРОЦЕССЫ	УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ
1 . ИЗОХОРИЧЕСКИЙ	$V = \text{const}$
2 . ИЗОБАРИЧЕСКИЙ	$P = \text{const}$
3 . ИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ	$T = \text{const}$
4 . ИЗОПРОЦЕСС	$P, \text{или } V, \text{или } T = \text{const}$
5 . АДИАБАТА	$dQ = 0$ .

11 ФОРМУЛА КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ:  $T_{\text{кр}} = \frac{8a}{27Rb}$  .

12 ФОРМУЛА КРИТИЧЕСКОГО ОБЪЕМА:  $V_{\text{кр}} = 3b$  .

13 ФОРМУЛА КРИТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ:  $P_{\text{кр}} = \frac{a}{27b^2}$  .

14 ИСПАРЕНИЕМ НАЗЫВАЕТСЯ ПРОЦЕСС ПЕРЕХОДА МОЛЕКУЛ из ЖИДКОЙ в ГАЗОВУЮ ФАЗУ, ПРОИСХОДЯЩИЙ с ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКОСТИ при ЛЮБОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ.

15 КИПЕНИЕМ НАЗЫВАЕТСЯ ПРОЦЕСС ПЕРЕХОДА МОЛЕКУЛ из ЖИДКОЙ в ГАЗОВУЮ ФАЗУ, ПРОИСХОДЯЩИЙ во ВСЕМ ОБЪЕМЕ ЖИДКОСТИ при ФИКСИРОВАННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ.

16 КОНДЕНСАЦИЕЙ НАЗЫВАЕТСЯ ПРОЦЕСС ПЕРЕХОДА МОЛЕКУЛ из ГАЗОВОЙ ФАЗЫ в ЖИДКУЮ.

## Тема 3. Основы термодинамики

17 ФОРМУЛА ЭЛЕМЕНТАРНОЙ РАБОТЫ ГАЗА:  $dA = P dV$  .

18 ФОРМУЛА РАБОТЫ ГАЗА (в общем виде):  $A = \int_{V_1}^{V_2} P dV$  .

19 ФОРМУЛА РАБОТЫ ГАЗА ПРИ ИЗОБАРИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ  $A = P (V_2 - V_1)$  .

20 ФОРМУЛА ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ КИЛОМОЛЯ ГАЗА ИЗ ДВУАТОМНЫХ МОЛЕКУЛ С ЖЕСТКОЙ СВЯЗЬЮ  $U = (5/2) RT$  .

21 ФОРМУЛА ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ КИЛОМОЛЯ ГАЗА ИЗ ТРЕХАТОМНЫХ МОЛЕКУЛ С ЖЕСТКОЙ СВЯЗЬЮ  $U = (6/2) RT$  .

22 ФОРМУЛА ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ КИЛОМОЛЯ ГАЗА ИЗ ДВУАТОМНЫХ МОЛЕКУЛ С МЯГКОЙ СВЯЗЬЮ  $U = (7/2) RT$  .



23 ФОРМУЛА ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ КИЛОМОЛЯ ГАЗА ИЗ ОДНОАТОМНЫХ МОЛЕКУЛ  $U = (3/2) R T$ .

24 ФОРМУЛА ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ КИЛОМОЛЯ ГАЗА ИЗ ЧЕТЫРЕХАТОМНЫХ ПЛОСКИХ МОЛЕКУЛ С ЖЕСТКОЙ СВЯЗЬЮ  $U = (6/2) R T$ .

25 ФОРМУЛА ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ КИЛОМОЛЯ ГАЗА ИЗ ТРЕХАТОМНЫХ ЛИНЕЙНЫХ МОЛЕКУЛ С ЖЕСТКОЙ СВЯЗЬЮ  $U = (5/2) R T$ .

26 ФОРМУЛА ТЕПЛОЕМКОСТИ при ИЗОХОРИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ:

$$C_V = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R.$$

27 ФОРМУЛА ТЕПЛОЕМКОСТИ при ИЗОБАРИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ:

$$C_P = \frac{m}{\mu} \left( \frac{i}{2} + 1 \right) R.$$

28 ФОРМУЛА МАЙЕРА:  $C_P - C_V = \frac{m}{\mu} R$ .

29 ОБЩАЯ ФОРМУЛА ДЛЯ ПРИРАЩЕНИЯ ЭНТРОПИИ  $dS = \frac{dU}{T} + P \frac{dV}{T}$ .

30 В СОСТАВ ТЕПЛОЙ МАШИНЫ ВХОДЯТ ДВА ТЕПЛОВЫХ РЕЗЕРВУАРА С ТЕМПЕРАТУРАМИ  $T_1$  и  $T_2$  и РАБОЧЕЕ ТЕЛО.

31 ЦИКЛ КАРНО СОСТОИТ ИЗ ДВУХ АДИАБАТ И ДВУХ ИЗОТЕРМ.

32 ФОРМУЛА КПД ЦИКЛА КАРНО:  $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ .

33 ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОНДИЦИОНЕРА РАВНА ОТНОШЕНИЮ ТЕПЛОТЫ, ВЗЯТОЙ У БОЛЕЕ ХОЛОДНОГО ТЕЛА, К ЗАТРАЧЕННОЙ РАБОТЕ.

34 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛООВОГО НАСОСА РАВНА ОТНОШЕНИЮ ТЕПЛОТЫ, ПЕРЕДАННОЙ БОЛЕЕ ГОРЯЧЕМУ ТЕЛУ, К ЗАТРАЧЕННОЙ РАБОТЕ.

35 ПУСТЬ ЗА ВРЕМЯ ПОЛЕТА АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ УПАЛО С 770 ДО 740 мм.рт.ст. ТОГДА НУЛЕВУЮ ВЫСОТУ БАРОМЕТРИЧЕСКОГО ВЫСОТОМЕРА НАДО СКОРРЕКТИРОВАТЬ НА  $\_\_\_ 10^2$  м.  
(температура 300 К; относительная молекулярная масса воздуха 30; единичная масса  $1.66 \cdot 10^{-27}$  кг).

36 ПУСТЬ ОДИН МОЛЬ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА ИЗОБАРИЧЕСКИ НАГРЕЛИ НА 24 ГРАДУСА, СООБЩИВ ЕМУ КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ 1 кДж. ТОГДА ПРИРАЩЕНИЕ ЕГО ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ РАВНО  $\_\_\_ 10^3$  Дж.

37 ФОРМУЛА ПЕРВОГО НАЧАЛА ТЕРМОДИНАМИКИ  $dQ = dU_{\text{вну}} + P dV$ .

38 ОДИН МОЛЬ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА ИЗОТЕРМИЧЕСКИ РАСШИРЯЕТСЯ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 276.8 К ОТ  $10 \text{ дм}^3$  ДО  $73.89 \text{ дм}^3$ . ТОГДА РАБОТА, СОВЕРШАЕМАЯ ГАЗОМ, РАВНА  $\_\_\_ 10^3$  Дж.



# Квантовые модели материи

## Раздел 16

### Тема 1. Фотонный газ

- П.1.Равновесный фотонный газ
- П.2.Распределение БОЗЕ для фотонов. Формула ПЛАНКА
- П.3.Модель абсолютно черного тела
- П.4.Закон ВИНА
- П.5.Закон СТЕФАНА-БОЛЬЦМАНА

### Тема 2. Электронный газ в металле

- П.1.Связанные и свободные электроны. [Ошибка: источник перекрестной ссылки не найден](#)
- П.2.Анализ движения свободных электронов в металлах. [Ошибка: источник перекрестной ссылки не найден](#)
- П.3.Теплоемкость электронного газа и металла. [Ошибка: источник перекрестной ссылки не найден](#)

### Тема 3. Квантовая теория электропроводности.

- П.1 Классическая модель движения электронов в веществе. [Ошибка: источник перекрестной ссылки не найден](#)
- П.2.Квантовая модель движения электронов в веществе. [Ошибка: источник перекрестной ссылки не найден](#)
- П.3.Запрещенные зоны. [Ошибка: источник перекрестной ссылки не найден](#)
- П.4.Зоны Бриллюэна.
- П.5.Зонная теория проводимости.

### Тема 4. Полупроводники. Сверхпроводимость. Фононы

- П.1.Полупроводники.
- П.2.Примесный полупроводник (донорно – акцепторный).
- П.3. Явление сверхпроводимости. \_\_
- П.4. Модель явления сверхпроводимости.
- П.5. Закономерности сверхпроводимости.
- П.6. Фононы в кристаллах

## Тема 1. Фотонный газ

1 РАВНОВЕСНЫМ ФОТОННЫМ ГАЗОМ НАЗЫВАЕТСЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, НАХОДЯЩЕЕСЯ В ТЕПЛОВОМ РАВНОВЕСИИ СО ВСЕМИ ОБЪЕКТАМИ, С КОТОРЫМИ ОНО ИМЕЕТ КОНТАКТ .

2 ФОРМУЛА ПЛАНКА: ОБЪЕМНАЯ ПЛОТНОСТЬ ЭНЕРГИИ ТЕПЛОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ОТ  $\nu$  ДО  $\nu + d\nu$  равна

$$w(\nu) = \frac{8\pi h}{c^3} (\nu)^3 \left( \exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1 \right)^{-1} .$$

3 АБСОЛЮТНО ЧЕРНЫМ ТЕЛОМ НАЗЫВАЕТСЯ АБСТРАКТНЫЙ ОБЪЕКТ (МОДЕЛЬ), КОТОРЫЙ ПОЛНОСТЬЮ ПОГЛОЩАЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ВСЕХ ЧАСТОТ.

4 ЗАКОН ВИНА : ДЛИНА ВОЛНЫ  $\lambda_0$  , ПРИ КОТОРОЙ СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ АБСОЛЮТНО ЧЕРНОГО ТЕЛА МАКСИМАЛЬНА, ОБРАТНО ПРОПОРЦИОНАЛЬНА ТЕМПЕРАТУРЕ .

5 ЗАКОН СТЕФАНА-БОЛЬЦМАНА: ПОВЕРХНОСТНАЯ ПЛОТНОСТЬ МОЩНОСТИ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ АЧТ ПРЯМО ПРОПОРЦИОНАЛЬНА ТЕМПЕРАТУРЕ В ЧЕТВЕРТОЙ СТЕПЕНИ .

## Тема 2. Электронный газ в металле

6 ЭНЕРГИЯ ФЕРМИ ЧИСЛЕННО РАВНА МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНОВ ПРОВОДИМОСТИ МЕТАЛЛА ПРИ НУЛЕВОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ .

7 ФОРМУЛА ЭНЕРГИИ ФЕРМИ: 
$$E_F = \frac{\pi^2 h^2}{2m_e} \left( \frac{3N}{\pi V} \right)^{\frac{2}{3}} .$$

8 ПРИОБРЕТЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОМ ЭНЕРГИИ ТЕПЛОВОГО ДВИЖЕНИЯ ВОЗМОЖНО ТОЛЬКО ПРИ НАЛИЧИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УРОВНЯ , КОТОРЫЙ РАСПОЛОЖЕН ВЫШЕ И СВОБОДЕН .

9 ФОРМУЛА УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА

$$C_{\text{эл}} = \frac{\pi^2}{2} \frac{kT}{E_F} R .$$

10 ФОРМУЛА УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ

$$C_{\text{кр}} = 3 R .$$

11 ФОРМУЛА УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ МЕТАЛЛА  $C_{\text{мет}} = 3 R + \frac{\pi^2}{2} \frac{kT}{E_F} R .$

### Тема 3. Квантовая теория электропроводности.

12 ЗАПРЕЩЕННЫЕ ВОЛНОВЫЕ ВЕКТОРЫ  $k'$  ЭЛЕКТРОНА СООТВЕТСТВУЮТ СТОЯЧЕЙ ВОЛНЕ для ВОЛНОВОЙ ФУНКЦИИ ЭЛЕКТРОНА, ИМЕЮЩЕЙ ДЛИНУ  $\lambda_{\text{ЗАПР}} = 2a$ .

13 ЗАПРЕЩЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЗОНОЙ НАЗЫВАЕТСЯ СОВОКУПНОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ, КОТОРЫЕ РАСПОЛОЖЕНЫ ОЧЕНЬ БЛИЗКО, И НА КОТОРЫХ НЕ МОГУТ НАХОДИТЬСЯ ЭЛЕКТРОНЫ.

14 РАЗРЕШЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЗОНОЙ НАЗЫВАЕТСЯ СОВОКУПНОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ, КОТОРЫЕ РАСПОЛОЖЕНЫ ОЧЕНЬ БЛИЗКО, И НА КОТОРЫХ МОГУТ НАХОДИТЬСЯ ЭЛЕКТРОНЫ.

15 ПРОВОДНИКОМ НАЗЫВАЕТСЯ ВЕЩЕСТВО, У КОТОРОГО ЕСТЬ РАЗРЕШЕННАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЗОНА, ЗАПОЛНЕННАЯ ЭЛЕКТРОНАМИ ЧАСТИЧНО.

16 ДИЭЛЕКТРИКОМ НАЗЫВАЕТСЯ ВЕЩЕСТВО, У КОТОРОГО НАИВЫСШАЯ ЗАПОЛНЕННАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЗОНА ПОЛНОСТЬЮ ЗАПОЛНЕНА ЭЛЕКТРОНАМИ И ОТДЕЛЕНА ОТ ВЕРХНЕЙ РАЗРЕШЕННОЙ ЗОНЫ ДОСТАТОЧНО ШИРОКОЙ ЗАПРЕЩЕННОЙ ЗОНОЙ.

### Тема 4. Полупроводники. Сверхпроводимость. Фононы.

17 СОБСТВЕННЫМ ПОЛУПРОВОДНИКОМ НАЗЫВАЕТСЯ ВЕЩЕСТВО, У КОТОРОГО НАИВЫСШАЯ ЗАПОЛНЕННАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЗОНА ПОЛНОСТЬЮ ЗАПОЛНЕНА ЭЛЕКТРОНАМИ И ОТДЕЛЕНА ОТ ВЕРХНЕЙ РАЗРЕШЕННОЙ ЗОНЫ ДОСТАТОЧНО УЗКОЙ ЗАПРЕЩЕННОЙ ЗОНОЙ.

18 АКЦЕПТОРНАЯ ПРИМЕСЬ - ВЕЩЕСТВО, ИМЕЮЩЕЕ СВОБОДНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ, РАСПОЛОЖЕННЫЙ ОЧЕНЬ БЛИЗКО К ВЕРШИНЕ РАЗРЕШЕННОЙ И ПОЛНОСТЬЮ ЗАПОЛНЕННОЙ ЗОНЫ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА.

19 ДОНОРНАЯ ПРИМЕСЬ - ВЕЩЕСТВО, ИМЕЮЩЕЕ ЗАПОЛНЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ, РАСПОЛОЖЕННЫЙ ОЧЕНЬ БЛИЗКО К ДНУ РАЗРЕШЕННОЙ И СОВЕРШЕННО НЕЗАПОЛНЕННОЙ ЗОНЫ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА.

20 ФОРМУЛА ПРОВОДИМОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКА:

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right).$$

21 ФОРМУЛА НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ, КРИТИЧЕСКОГО ДЛЯ СВЕХПРОВОДИМОСТИ:

$$H_c = H_0 \left[1 - \left(\frac{T}{T_{KP}}\right)^2\right].$$

22 НАЙТИ ВЕЛИЧИНУ ЭНЕРГИИ, ТЕРЯЕМОЙ ЧЕЛОВЕКОМ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ЗА СУТКИ, ЕСЛИ ТЕМПЕРАТУРА В КОМНАТЕ  $14^{\circ}\text{C}$ , ТЕМПЕРАТУРА ТЕЛА

37° С, ПЛОЩАДЬ ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛА 1 м<sup>2</sup>, постоянная Стефана-Больцмана 5.67  
10<sup>8</sup> Вт м<sup>-2</sup> К<sup>4</sup>.  
ОТВЕТ: \_\_ Мдж.

23 НАЙТИ НАПРЯЖЕННОСТЬ КРИТИЧЕСКОГО ДЛЯ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ МАГ-  
НИТНОГО ПОЛЯ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 15 К, ЕСЛИ ПРИ Т=0 ОНА РАВНА 2 А/м, А  
КРИТИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА МАТЕРИАЛА РАВНА 18 К. ОТВЕТ \_\_\_\_ А/м.

24 ЕСЛИ ШИРИНА ЗАПРЕЩЕННОЙ ЗОНЫ СОБСТВЕННОГО ПОЛУПРОВОДНИКА  
РАВНА 0.1 эВ, ТО ЕГО СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗРАСТЕТ В \_\_\_\_ РАЗА ПРИ  
УМЕНЬШЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТ +40° С до -40° С.