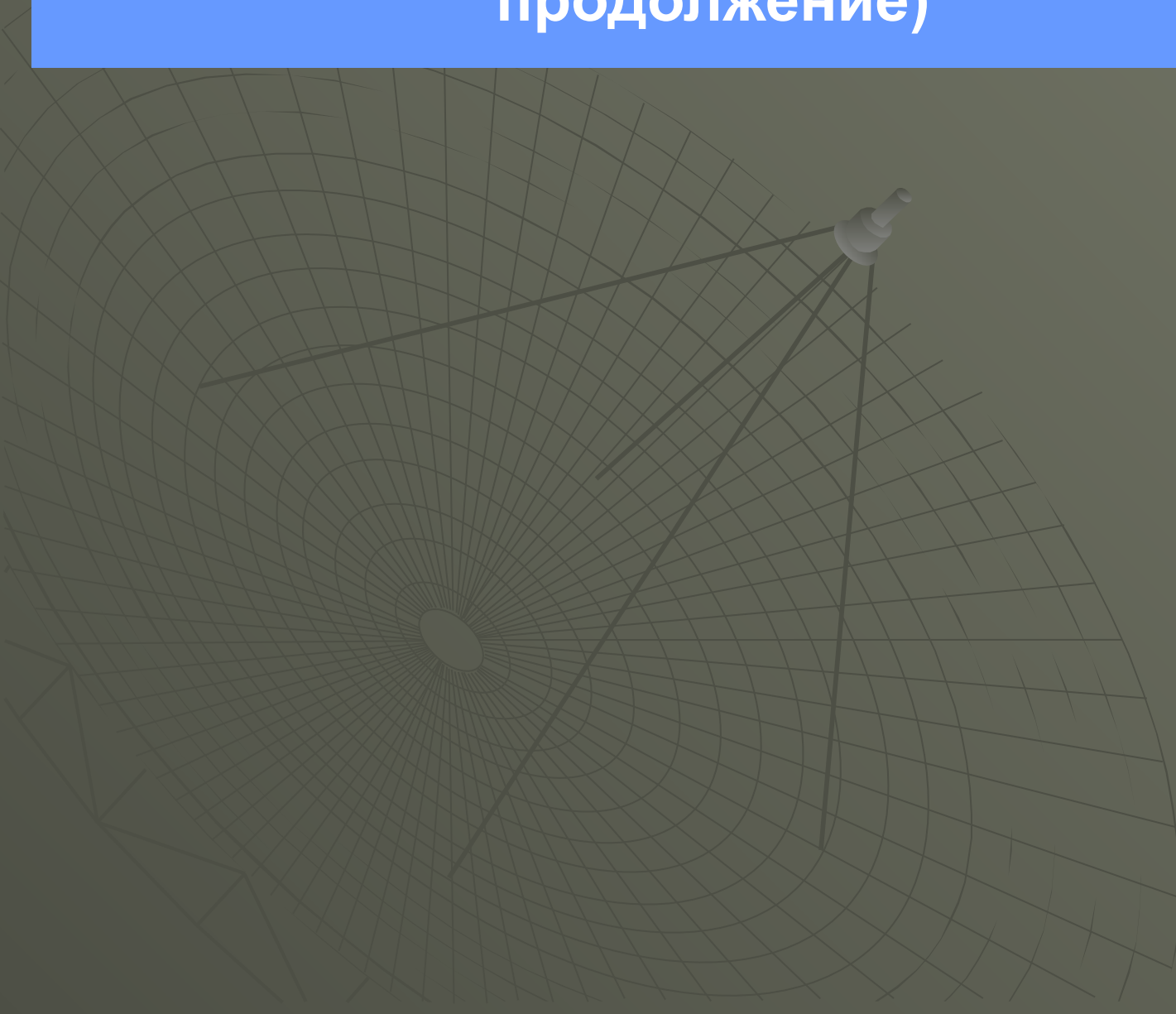


# Лекция 32 Обзор материала 3-го семестра продолжение)



## ННЗ-6 3-й семестр

09. Резонанс.

11. Интерференция волн. Типичная интерференционная картина

12. Дифракция волн. Типичная дифракционная картина.

13. Поляризация света. её применение.

14. Отражение и преломление света.

15. Соотношения неопределенностей Гейзенберга.

16. Квантование момента импульса и орбитали электронов в атомах. Схема уровней атома водорода.

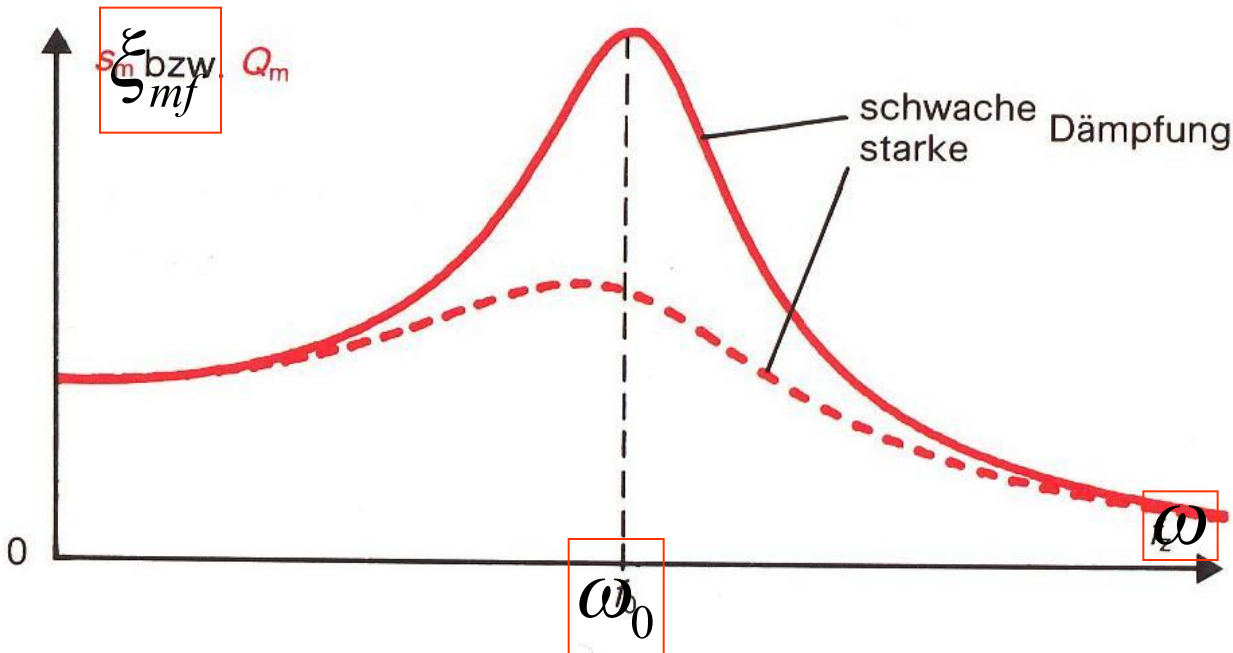
## ННЗ-6 3-й семестр

17. Туннельный эффект, коэффициент прозрачности барьера.
18. Распределение Гиббса (каноническое распределение). Пример.
19. Бозоны. Примеры. Распределение Бозе-Эйнштейна.
20. Типичные 3Д электронного и дырочного ПП при разных температурах.
21. Примеры применения полупроводниковых резисторов.
22. Контактные явления. Типичные 3Д p-n перехода при разных смещениях. Примеры применения ПП диодов.
23. Сверхпроводимость. Влияние на неё температуры и магнитного поля.
24. Лазеры: типы, основные элементы, условия работы.

## 9. Резонанс

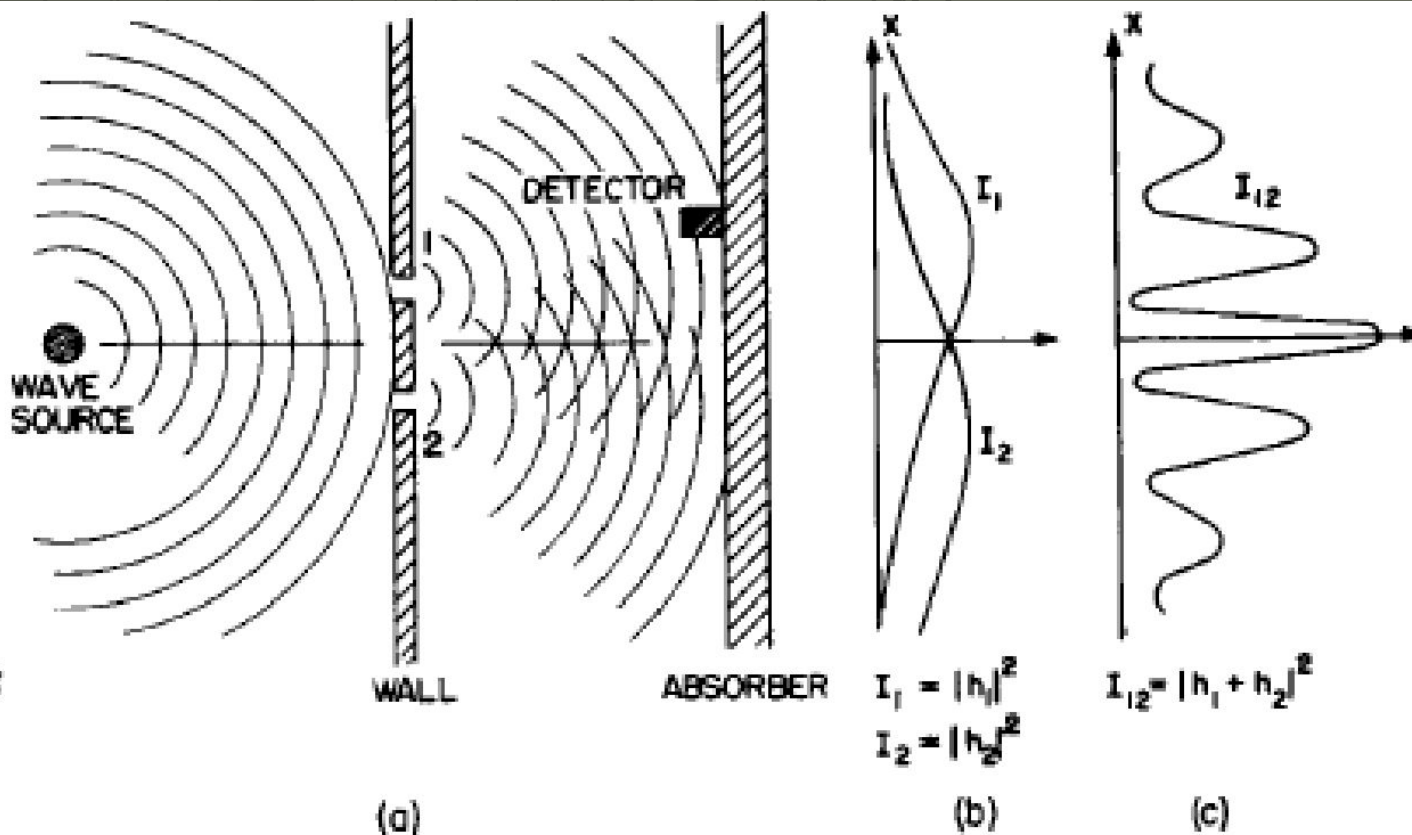
Физическое явление. Заключается в резком возрастании амплитуды вынужденных колебаний при совпадении СЧ и частоты ВВС

Физическая причина резонанса в том, что фазы ВВС и обобщённой скорости всё время совпадают, мощность ВВС всё время положительна



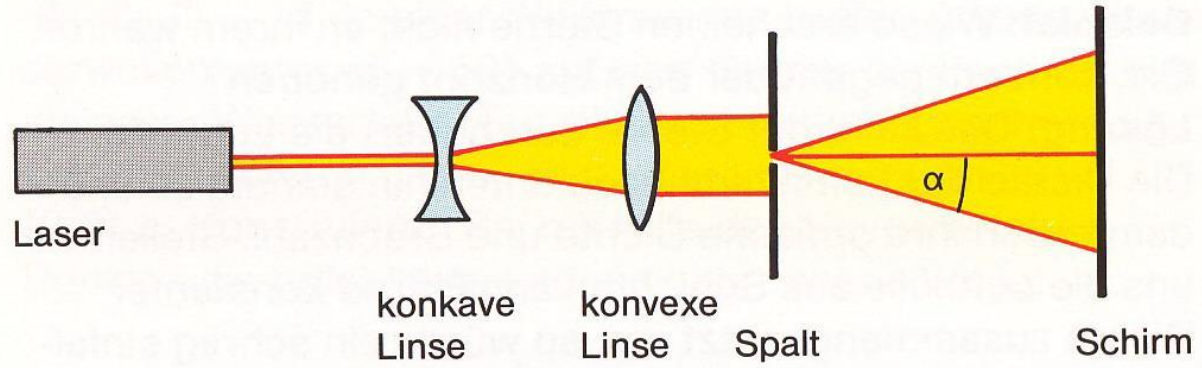
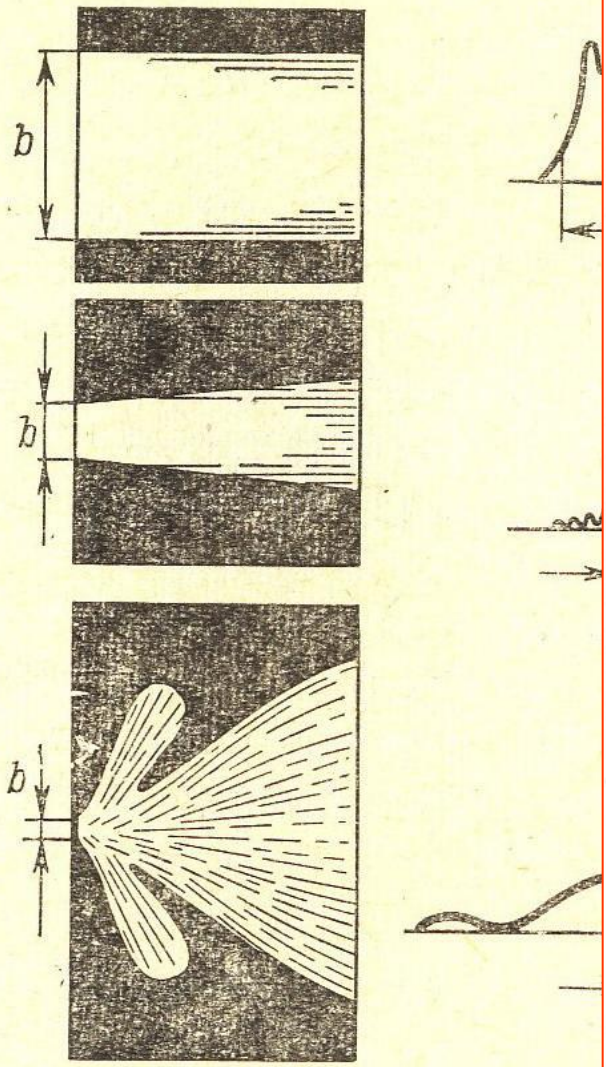
# 10. Интерференция волн. Типичная интерференционная картина.

Интерференция физическое явление, которое заключается в устойчивом перераспределении энергии в пространстве при наложении когерентных волн

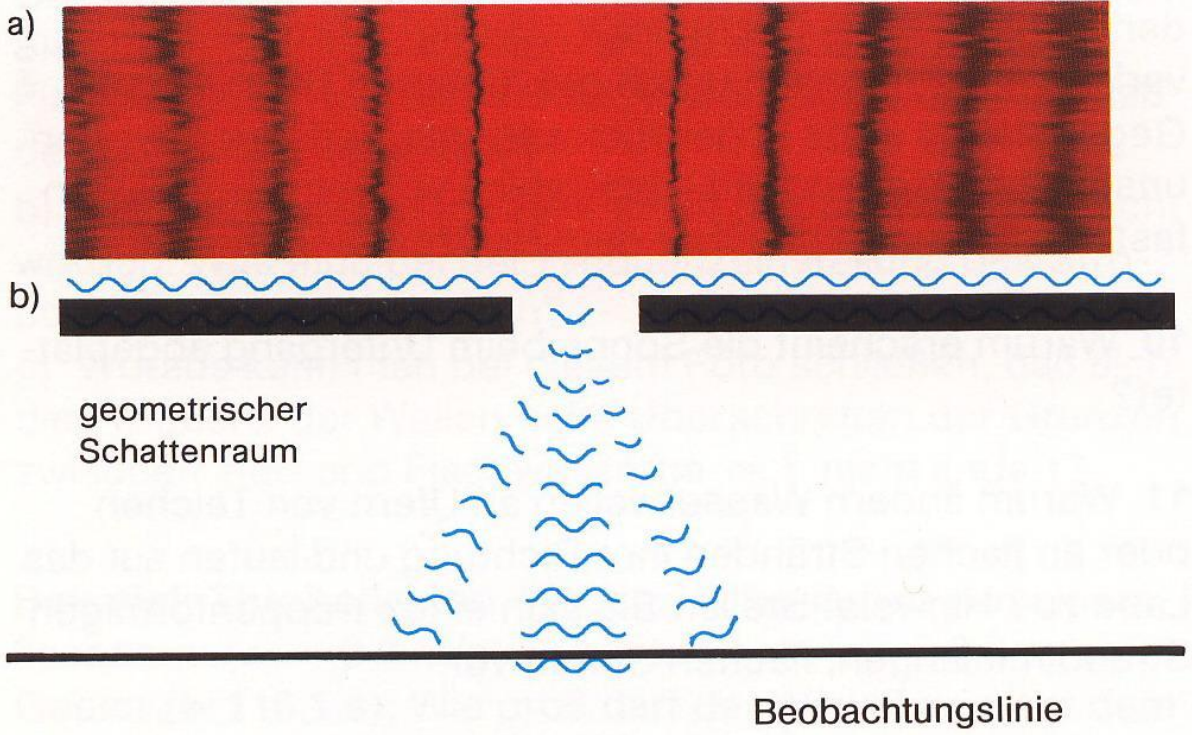


Типичная  
Двухлучевая  
ИК (опыт  
Юнга)

# 11. Дифракция волн. Типичная дифракционная картина.



118.1 Versuchsaufbau zur Spaltbeugung mit Laserlicht (Spaltbreite  $b = 0,2 \text{ mm}$ , Abstand Spalt – Schirm  $l = 3 \text{ m}$ )



## 12. Поляризация света, её применение

Физическое явление, которое проявляется, например, в том, что интенсивность луча света, прошедшего через прозрачное тело, меняется при повороте тела вокруг оси луча.

Упорядоченность в ориентации НЭП в плоскости, перпендикулярной лучу.

Только поляризованный свет используется в оптических системах передачи информации

Только поляризованный свет используется в жидкокристаллических дисплеях

# 13. Отражение и преломление света

Физические явления, которые проявляются в том, что луча света резко изменяет направление в результате взаимодействия с резкой границей раздела двух сред

Полное внутреннее отражение – основа оптических систем передачи информации

$$\frac{\sin \gamma_i}{\sin \gamma_r} = \frac{n_r}{n_i} \quad (13.1)$$

Закон преломления света (волн)





# 14. Соотношения неопределенностей Гейзенберга

Для любой квантовой системы две сопряжённые переменные одновременно могут быть измерены с точностью, не превосходящей постоянную Планка

$$\Delta x \Delta p_x \geq 2\pi \hbar \quad (14.1)$$

$$\Delta y \Delta p_y \geq 2\pi \hbar \quad (14.2)$$

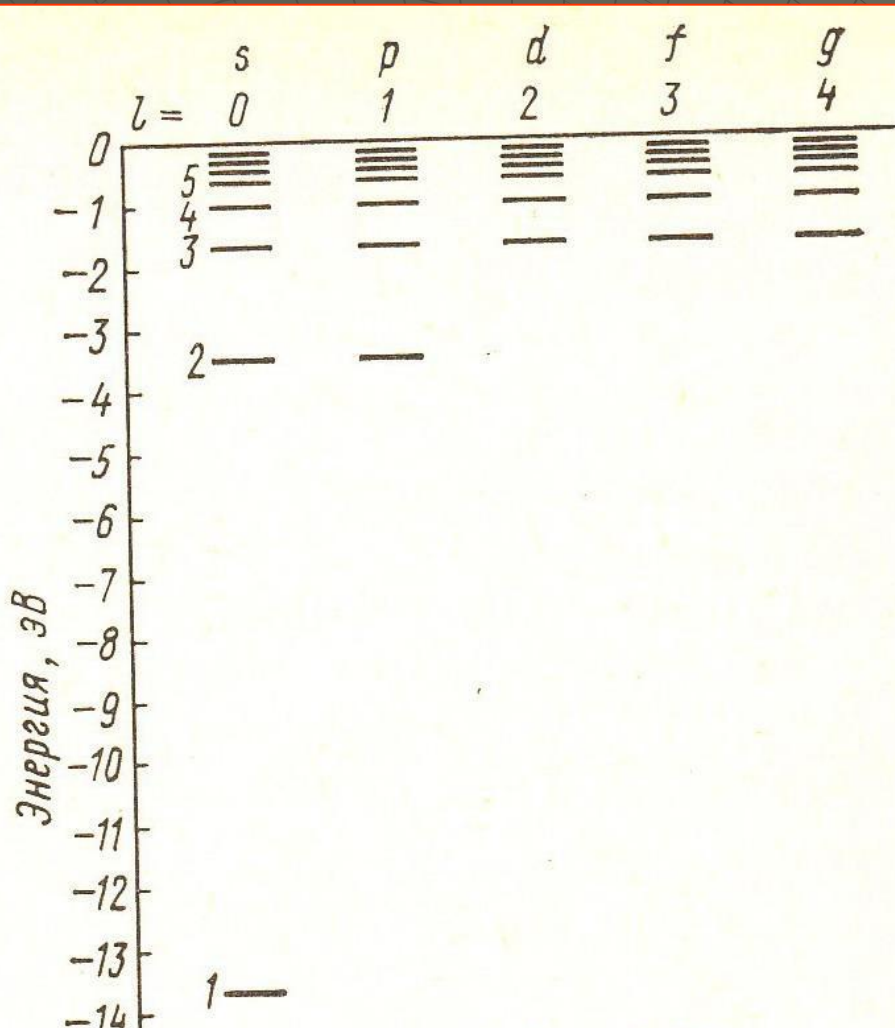
$$\Delta z \Delta p_z \geq 2\pi \hbar \quad (14.3)$$

$$\Delta W \Delta t \geq 2\pi \hbar \quad (14.4)$$

Физическая причина: волновые свойства любой квантовой частицы, огибание волной препятствия

Связывает ширину энергетического уровня частицы и время её жизни в квазистационарном состоянии

# 15. Квантование момента импульса и орбитали электронов в атомах. Схема уровней атома водорода



главное квантовое число  $n$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ )

орбитальное квантовое число  $l$  ( $l = 0, 1, 2, \dots, n$ )

s орбитали:  $l = 0$

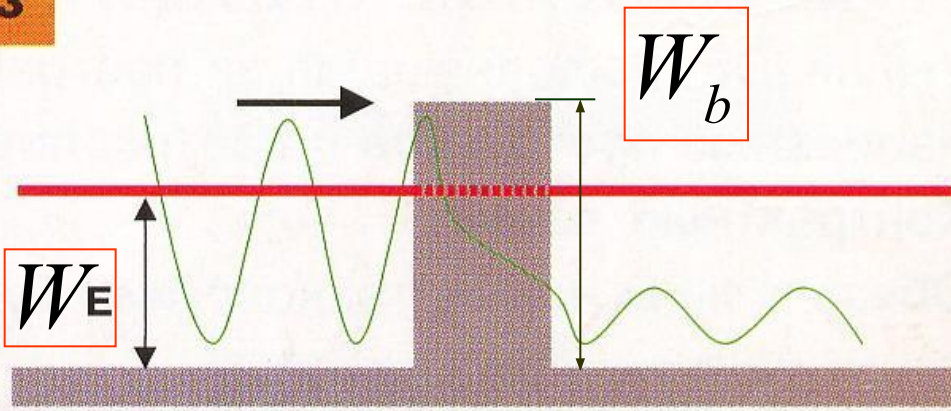
p орбитали:  $l = 1$

d орбитали:  $l = 2$

магнитное (орбитальное) квантовое число  $m_l$   
 ( $m_l = -l, -l+1, \dots, 0, \dots, l-1, l$ )

# 16. Туннельный эффект, коэффициент прозрачности барьера.

3



Физическое квантовое явление: прохождение частицы из одной классически разрешённой области в другую

$$\Pi_0 = \frac{4k_b^2 k^2}{(k_b^2 + k^2)^2 \operatorname{sh}^2 k_b b + 4k_b^2 k^2} \quad (16.1)$$

Количественная характеристика: коэффициент прозрачности барьера = вероятность того, что частица пройдёт из одной классически разрешённой области в другую с одной попытки

# 17. Распределение Гиббса (каноническое распределение). Пример.

$$\Pi(W_i) = \alpha \exp\left(-\frac{W_i}{k_B T}\right) \Gamma_i \quad (17.1)$$

Распределение Гиббса

$$n = n_0 \exp\left(-\frac{m_0 g h}{k_B T}\right) \quad (17.2)$$

Пример распределения Гиббса: распределение Больцмана частиц газа по высоте = барометрическая формула

Полезно нарисовать графики для разных температур

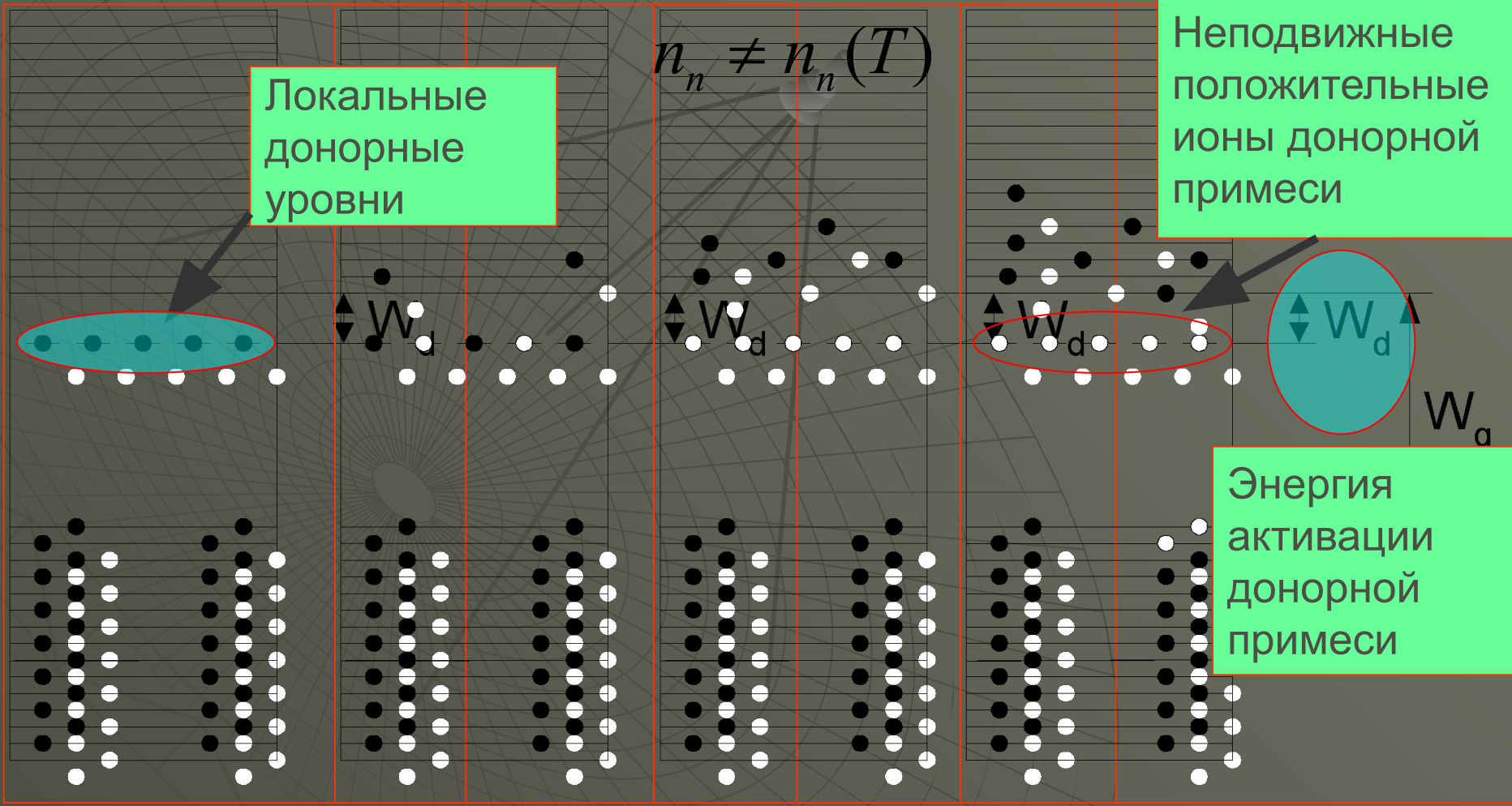
18. Типичные 3D nПП при разных температурах (P(V) => Si(IV))

Очень низкая температура

Низкая температура

Средняя температура – примесное истощение

Высокая температура



Локальные донорные уровни

$$n_n \neq n_n(T)$$

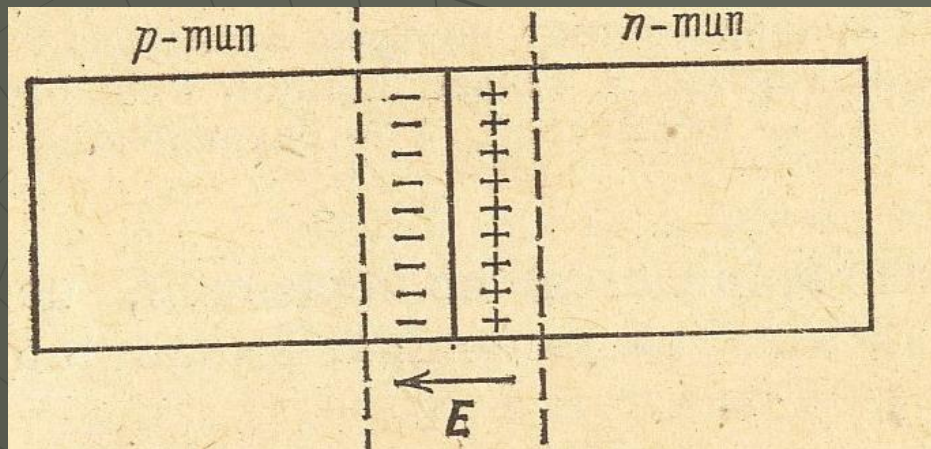
Неподвижные положительные ионы донорной примеси

Энергия активации донорной примеси

# 19. Примеры применения ПП резисторов

- ◆ Термисторы – изменение температуры – электрический сигнал
- ◆ Фоторезисторы – преобразование светового сигнала в электрический
- ◆ Тензорезисторы – изменение нагрузки – электрический сигнал
- ◆ Диоды Гана – генерация СВЧ излучения

## 20. Контактные явления



За счёт разницы в уровнях Ферми на контакте возникает двойной электрический слой, контактная разность потенциалов (КРП).  
Электризация трением.

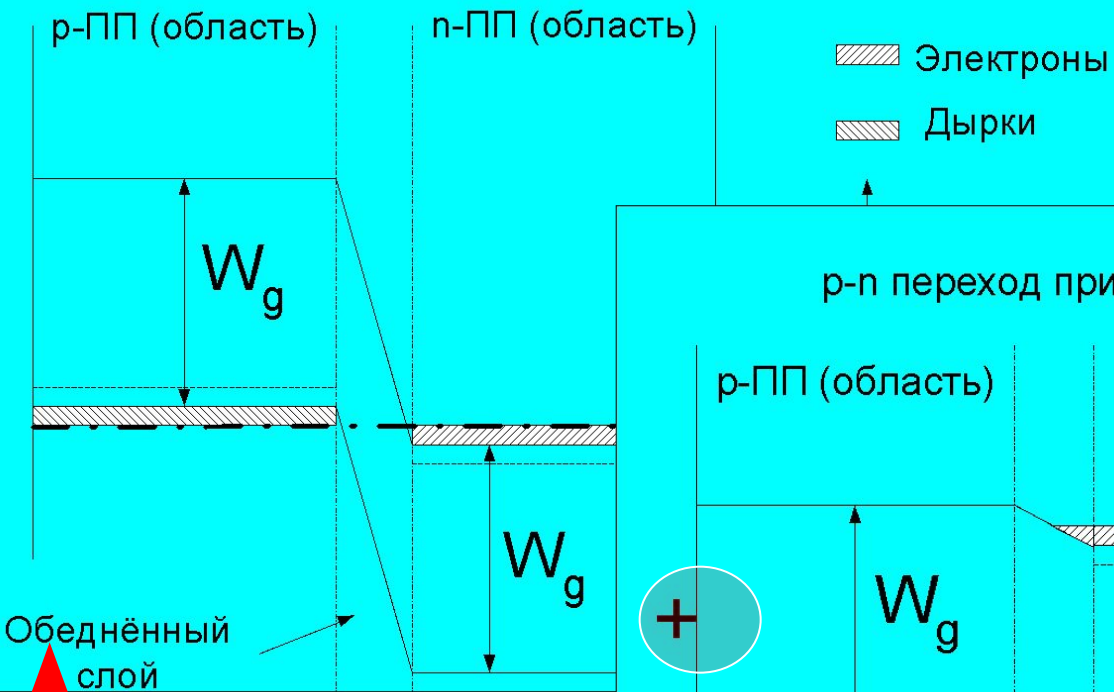
Все химические источники тока (батарейки, аккумуляторы) работают благодаря КРП

Применение контактной разности потенциалов:  
эффект Зеебека (1821) – термоэлектрический эффект,  
термоЭДС – космические аппараты

Эффект Зеебека для измерения температуры - термопара

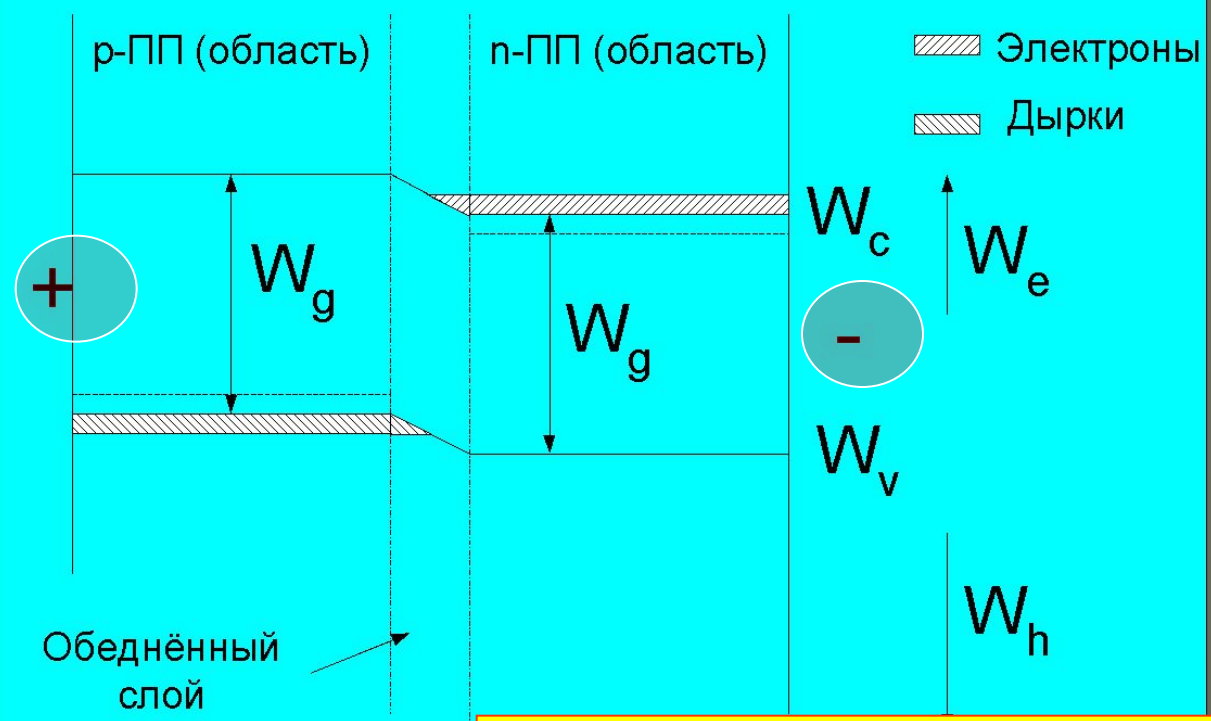
# 21. Типичные 3Д рп-перехода при разных смещениях

р-п переход в равновесии при отсутствии смещения



рп-переход обладает односторонней проводимостью

р-п переход при сильном прямом смещении



Обеднённый слой

+

W<sub>c</sub>

W<sub>e</sub>

-

W<sub>v</sub>

W<sub>h</sub>

Обеднённый слой

«-» «+»  
Обратное смещение, барьер стал выше, рп-переход закрыт, тока нет

«смещение» - постоянное напряжение



## 22. Примеры применения полупроводниковых диодов

Выпрямитель – преобразование переменного тока в постоянный

Фотодиод – преобразование светового сигнала в электрический, обратносмещённый рп-переход (-р, +n)

Солнечный элемент – преобразование световой энергии в электрическую, рп-переход без смещения

Светодиод – преобразование электрического сигнала в световой, прямосмещённый рп-переход (+р, -n)

Лавинный диод – стабилитрон, защита чувствительной аппаратуры от высокого напряжения

## 23. Лазеры: типы, основные элементы, условия работы

Лазер: квантовый генератор когерентного остро-направленного ЭМИ большой интенсивности; индуцированное излучение (лампочка, Солнце – спонтанное излучение)

Элементы: 1-накачка, 2-активная среда, 3-резонатор

Типы - ПП, газовые, . . .

Типы - электроионизационные, химические, . . .

## 24. Условие электронейтральности и закон действующих масс для полупроводников

$$n = N_d + p \quad (2n)$$

Условие электронейтральности для nПП

$$p = N_a + n \quad (2p)$$

Условие электронейтральности для pПП

$$np = n_i^2$$

Закон действующих масс для ПП

## 25. Применение лазеров

- ◆ Точное измерение размеров (до 1 нм)
- ◆ Запись информации (пишущий CD ROM)
- ◆ Считывание информации (CD ROM)
- ◆ Передача информации (оптоволоконные линии связи)
- ◆ Лазерное наведение высокоточных боеприпасов