



# КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ВЕЩЕСТВА

Тепловое  
излучение

❖ Любое нагретое тело **излучает** электромагнитные волны инфракрасного диапазона (тепловое излучение) → **внутренняя энергия уменьшается.**

❖ Любое тело также **поглощает** электромагнитные волны, получая от них энергию, вследствие чего **внутренняя энергия тела увеличивается.**

❖ **Постоянная температура означает**

## **Тепловое излучение –**

электромагнитное излучение, испускаемое нагретыми телами за счет своей внутренней энергии.

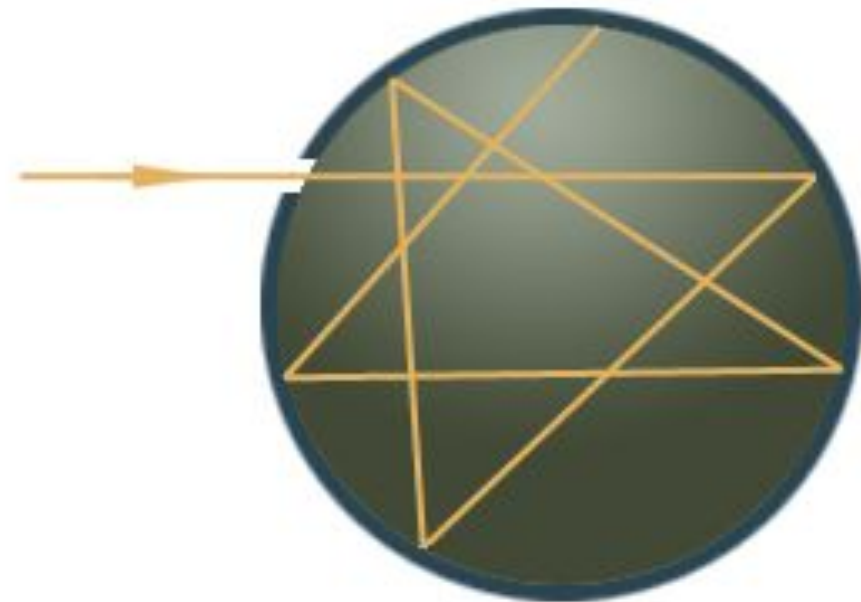
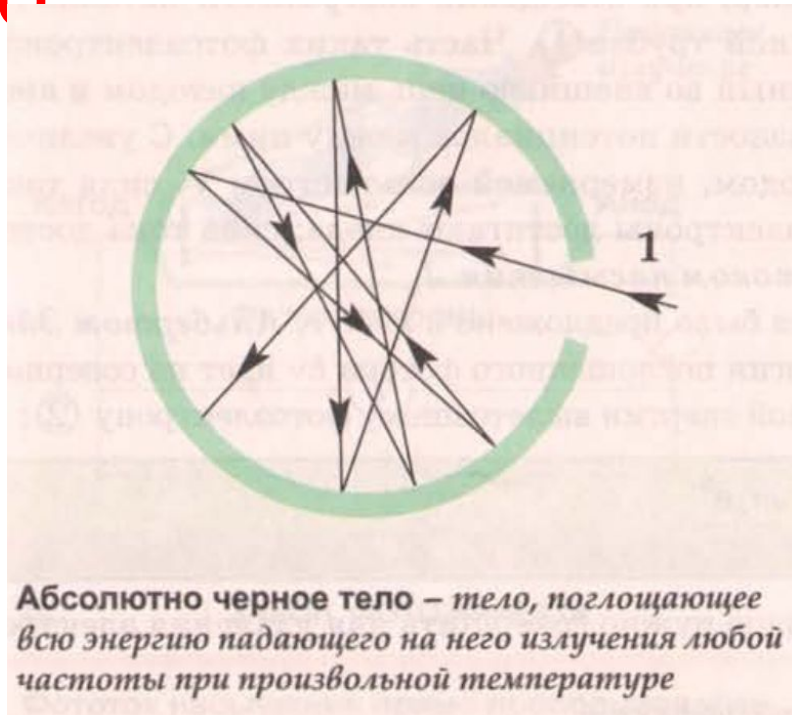
Является равновесным.

## **Равновесное излучение –**

электромагнитное излучение, находящееся в тепловом равновесии с телом.

# АБСОЛЮТНО ЧЕРНОЕ ТЕЛО (АЧТ)-

Тело, поглощающее всю энергию падающего на него излучения любой частоты при произвольной температуре, не разрушающей его



# ЗАКОН РЭЛЕЯ - ДЖИНСА

$$r_\nu = 2\pi \frac{\nu^2}{c^2} kT$$

$r_\nu$  - спектральная плотность энергетической светимости, Дж/м<sup>2</sup>

$\nu$  – частота излучение, Гц

$c$  – скорость света,  $3 \cdot 10^8$  м/с

$T$  – абсолютная температура излучающего тела, К

# ЗАКОН РЭЛЕЯ - ДЖИНСА

Спектральная плотность энергетической светимости прямо пропорциональна квадрату частоты излучения э-м волны.

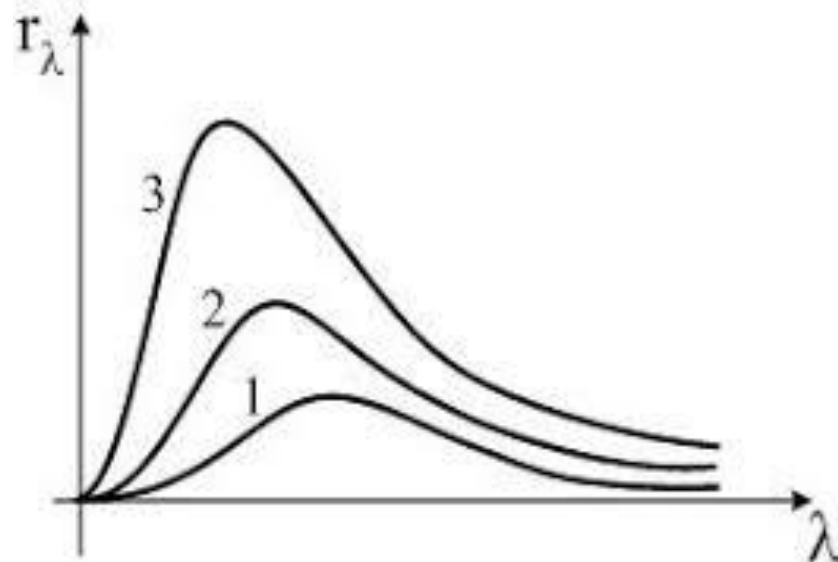
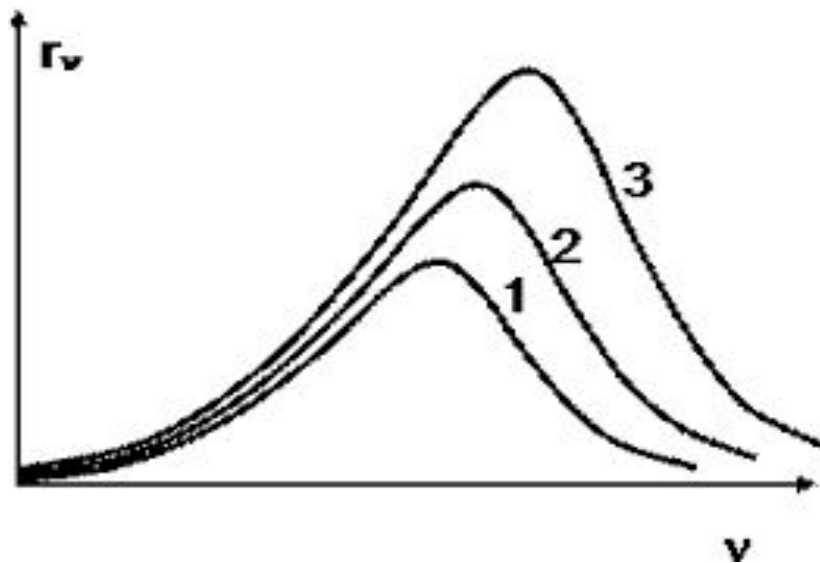
Теоретический закон согласуется с экспериментом только для малых частот. Для больших частот (УФ) наблюдается сильное расхождение теории с экспериментом: «УФ катастрофа».

При больших частотах энергия кванта излучения велика, классические представления о непрерывности излучения неприменимы.

# ЗАКОН РЭЛЕЯ - ДЖИНСА

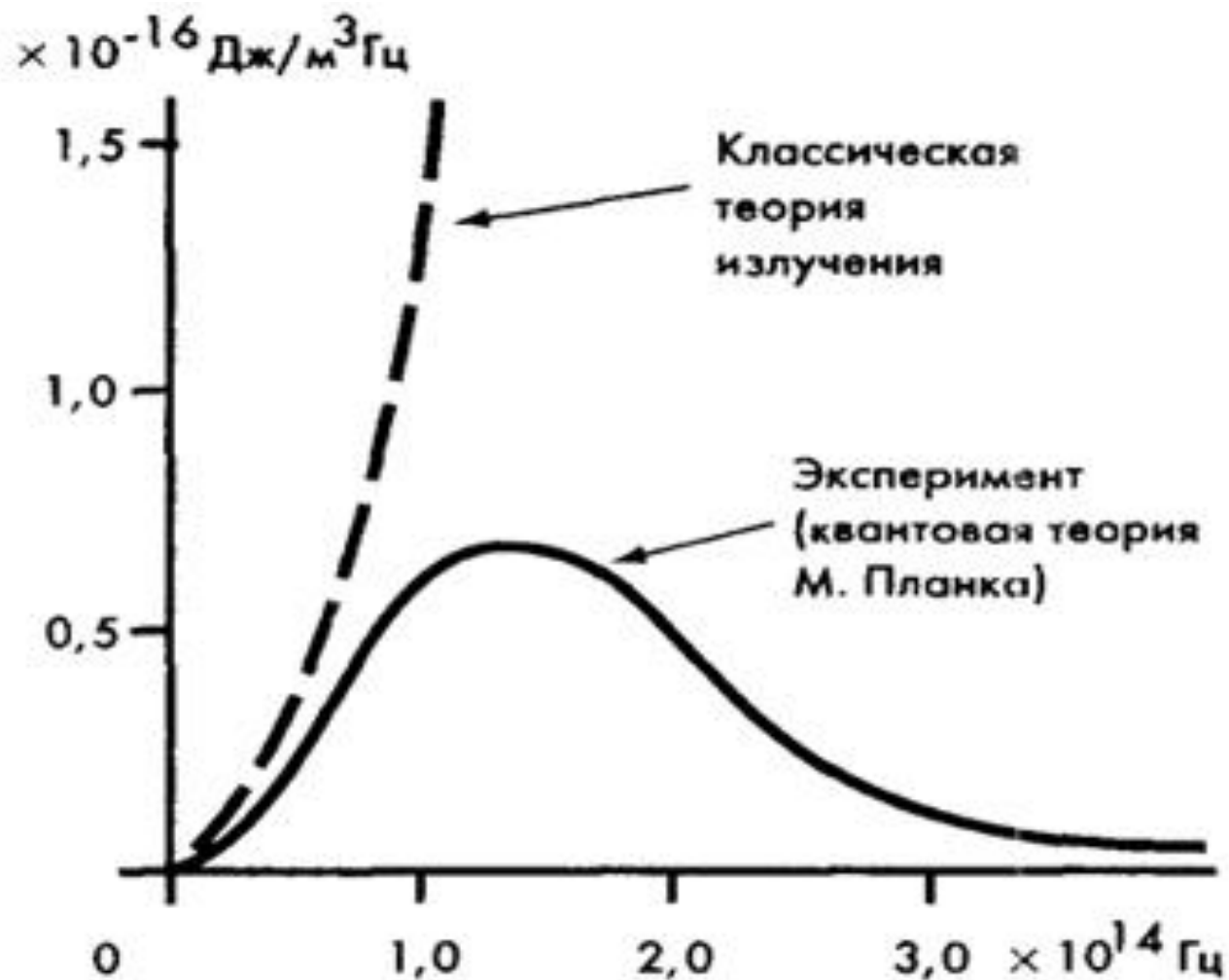
$$r_\nu = 2\pi \frac{\nu^2}{c^2} kT$$

$$r_\nu = 2\pi \frac{kT}{\lambda^2}$$



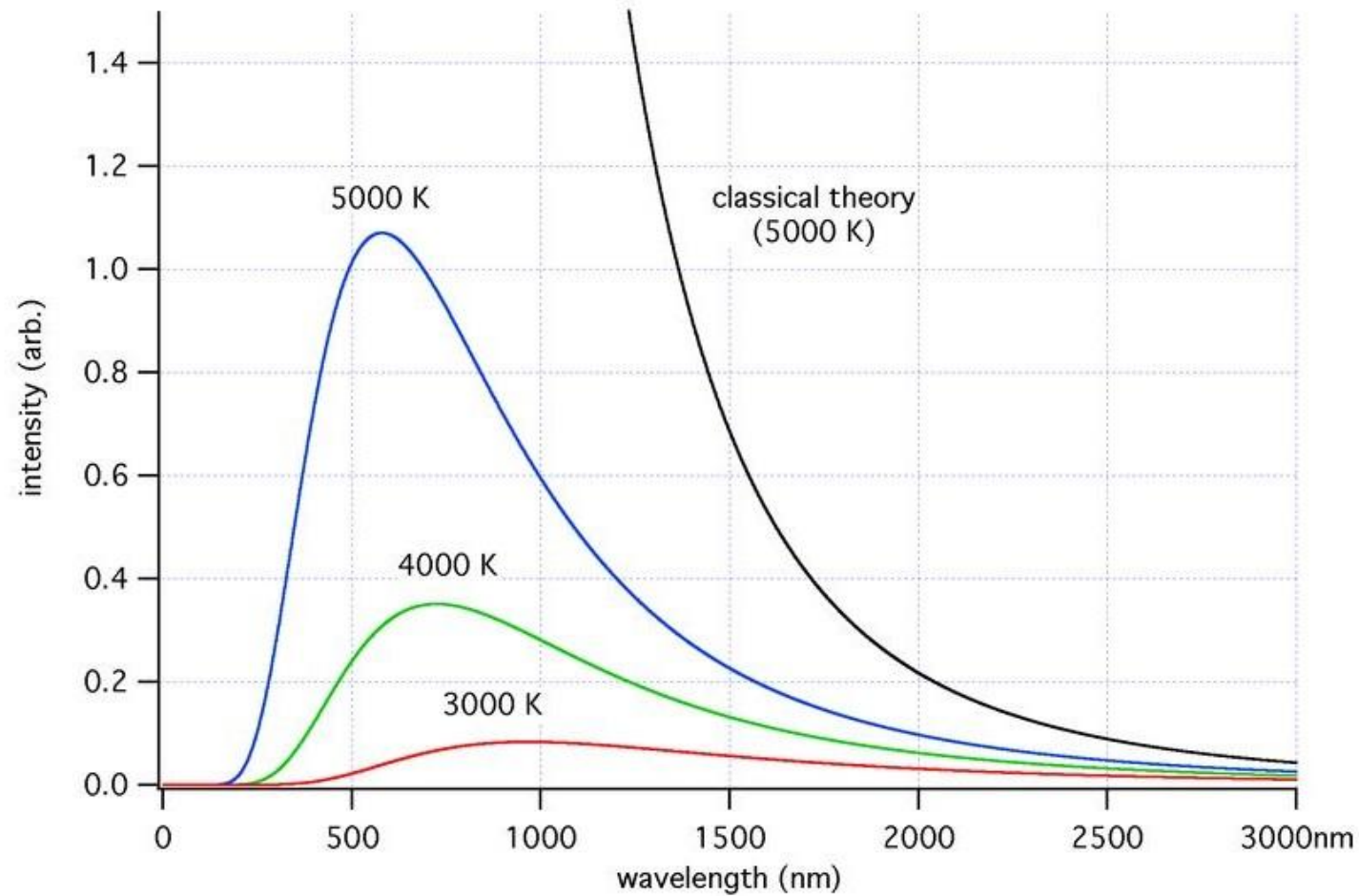
# РАСХОЖДЕНИЕ КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ С ЭКСПЕРИМЕНТОМ.

ЗАВИСИМОСТЬ  $r_\nu$  ОТ ЧАСТОТЫ.





# РАСХОЖДЕНИЕ КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ С ЭКСПЕРИМЕНТОМ. ЗАВИСИМОСТЬ $r_\nu$ ОТ ДЛИНЫ ВОЛНЫ.

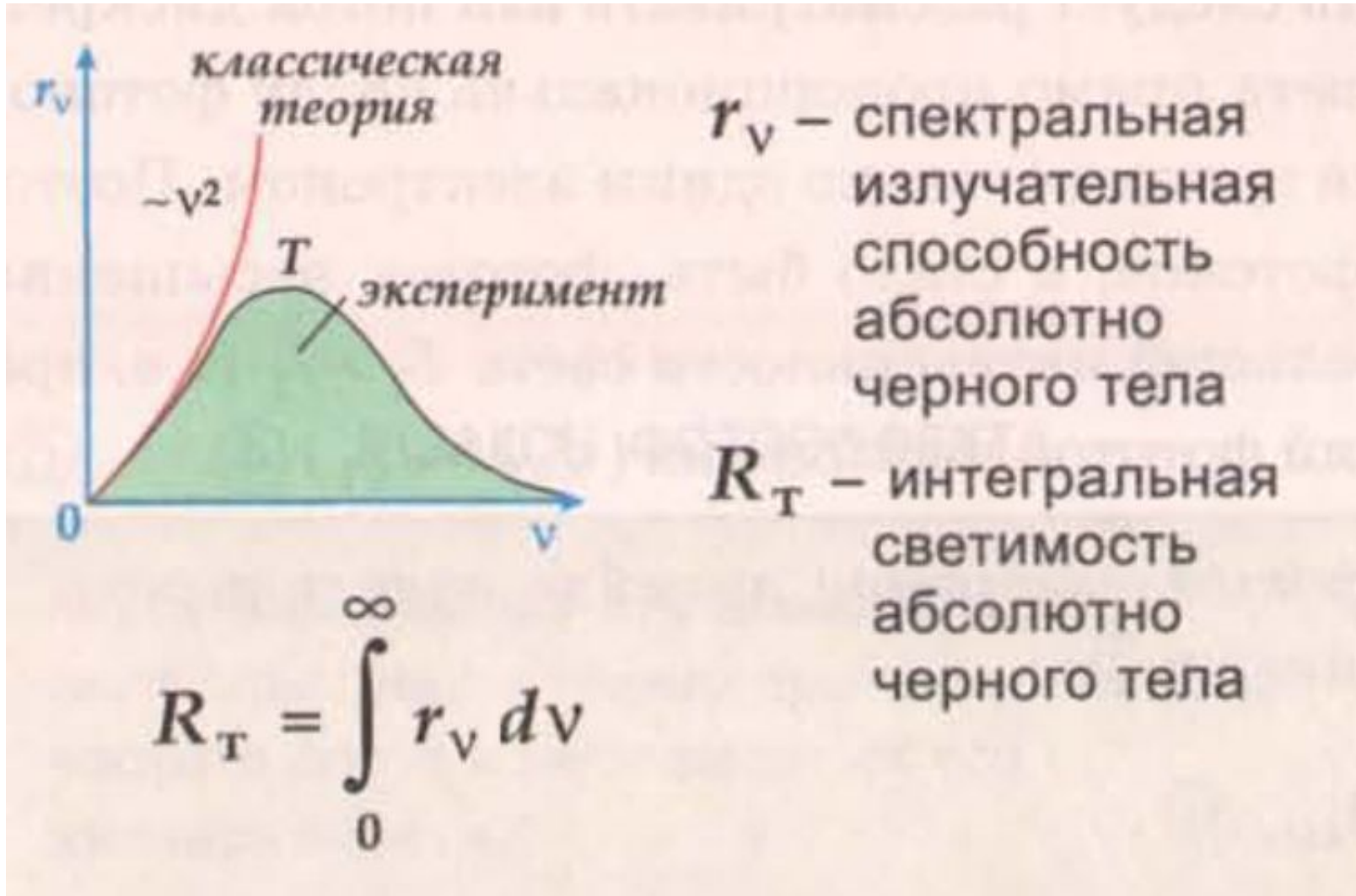


# УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ КАТАСТРОФА

- ❖ **Опыты показывают, что вещество и электромагнитное излучение могут находиться в равновесии при любой температуре.**
- ❖ **Однако согласно расчетам классической физики, равновесие между веществом и излучением возможно только при абсолютном нуле.**
- ❖ **Тогда длина волны такого излучения находилась бы в ультрафиолетовом диапазоне.**

# УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ КАТАСТРОФА-

РАСХОЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КЛАССИЧЕСКОЙ ВОЛНОВОЙ ТЕОРИИ С ЭКСПЕРИМЕНТОМ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБЛАСТИ



# МАКС ПЛАНК – НЕМЕЦКИЙ ФИЗИК-ТЕОРЕТИК

1878 г.



1901  
г.



# ГИПОТЕЗА ПЛАНКА РАЗРЕШЕНИЕ УФ КАТАСТРОФЫ

Свет излучается веществом **не непрерывно, а дискретно**, то есть отдельными квантами (порциями), причем энергия излучения и его частота связаны друг с другом соотношением:

$$E = h\nu$$

$E$  – минимальная энергия излучения 1 порции (кванта), Дж

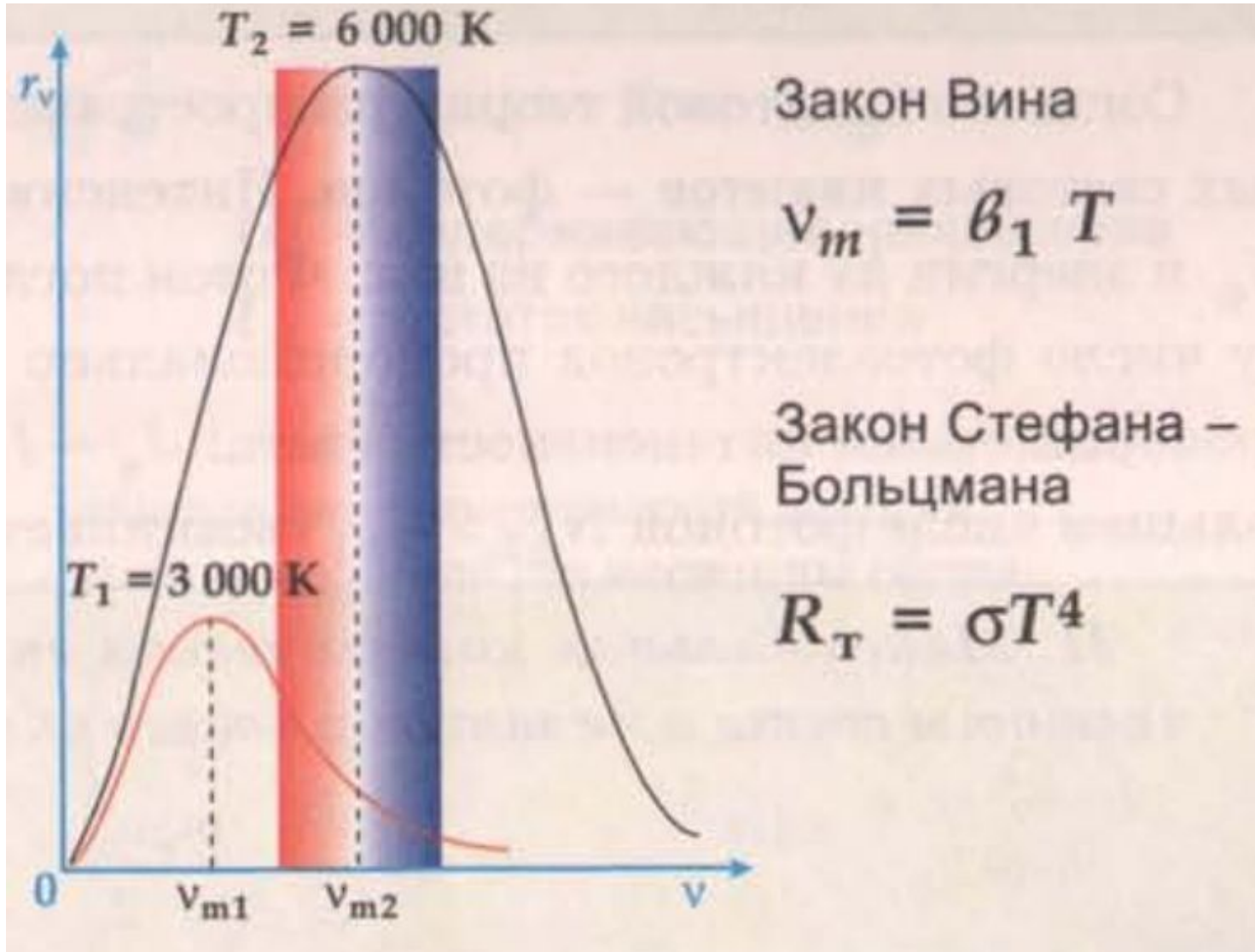
$\nu$  – частота излучения, Гц

$h$  - постоянная Планка,  $h=6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с

# ФОТОНЫ

- ❖ **Фотон** – квант электромагнитного излучения
- ❖ **Энергия** фотона прямо пропорциональна **частоте** электромагнитного излучения
- ❖ Фотон – электрически нейтральная частица  $q=0$
- ❖ **Скорость фотона** во всех системах отсчета равна **скорости света** в вакууме  $v = c$
- ❖ Масса покоя фотона  $m_0=0$  (не существует в состоянии покоя)
- ❖ Согласно теории относительности энергия связана с массой соотношением  $E=mc^2$ , поэтому масса фотона  $m = \frac{hv}{c^2}$
- ❖ Фотон обладает импульсом  $p = mc = \frac{hv}{c} = \frac{h}{\lambda}$

# ЗАКОНЫ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ



### Закон смещения Вина:

Частота  $\nu_{\max}$ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости АЧТ, прямо пропорциональна его абсолютной температуре:

$$\nu_{\max} = b_1 T, \quad \text{где } b_1 \text{ — коэффициент пропорциональности.}$$

### Закон Стефана–Больцмана:

Интегральная (по всем частотам) светимость АЧТ пропорциональна четвертой степени его термодинамической температуры:

$$R = \sigma T^4,$$

где  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}^4)$  — постоянная Стефана–Больцмана.



# ПРОВЕРЬ СЕБЯ:

1. Тепловым излучением называют

1. электромагнитные волны, испускаемые всеми телами

2. электромагнитные волны, испускаемые черными телами

3. э-м волны, испускаемые нагретыми телами

# ПРОВЕРЬ СЕБЯ:

2. Планк предположил, что атомы любого тела испускают энергию...

1. непрерывно

2. отдельными порциями

3. способами, указанными в 1 и 2 в зависимости от условий

4. атомы вообще не испускают энергию, только поглощают

# ПРОВЕРЬ СЕБЯ

3. Фотон - это

1. частица, не имеющая массы покоя, обладающая зарядом, энергией, импульсом

2. частица, имеющая массу покоя, эл. заряд, не обладающая энергией, импульсом

3. частица, не имеющая массы покоя и заряд, но обладающая энергией и импульсом

# ПРОВЕРЬ СЕБЯ

4. Какие из утверждений о свойствах фотона правильны

1. фотон является частицей Э-м поля

2. фотон движется со скоростью, меньшей скорости света

3. фотон существует только в движении

1) только 1,3 2) 1,2,3

3) только 1,2 4) только 2,3

# РЕШИ ЗАДАЧУ

1. Определите энергию фотона видимого света с длиной волны 500 нм.
2. Определите массу фотона фиолетового света с длиной волны 400 нм.

3. Определите длину волны фотона, импульс которого равен импульсу электрона, пролетевшего ускоряющую разность потенциалов 4,9 В.

# ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

Параграф 72, ответить на вопросы теста.  
Решить задачи №1,2,3 из презентации.