



# ***ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ***

*Выполнил:  
старший преподаватель  
кафедры математики  
Ромашкина Е.П.*

## *Актуальность темы.*

Тело человека, как и другие тела, является источником теплового излучения. Зная законы теплового излучения, можно регистрировать энергетическую светимость в различных точках поверхности тела и использовать эту информацию в диагностических целях.

# ***ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ***

## *План*

1. Основные характеристики теплового излучения. Абсолютно черное тело.
2. Закон Кирхгофа.
3. Спектр излучения черного тела.
4. Законы Стефана-Больцмана и Вина.
5. Закон излучения Планка.
6. Метод термографии.

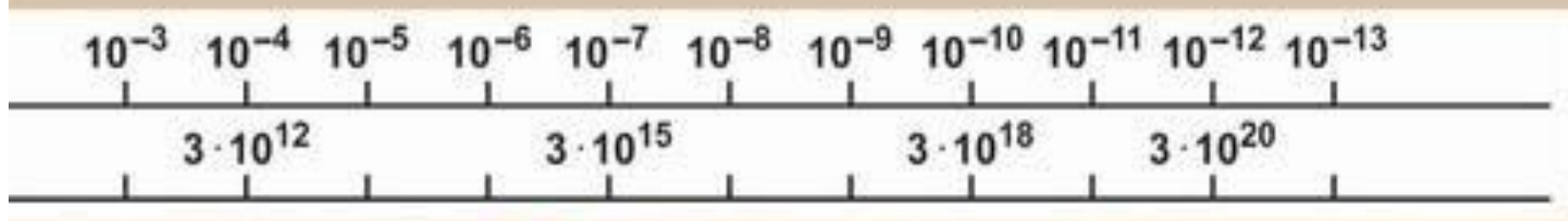
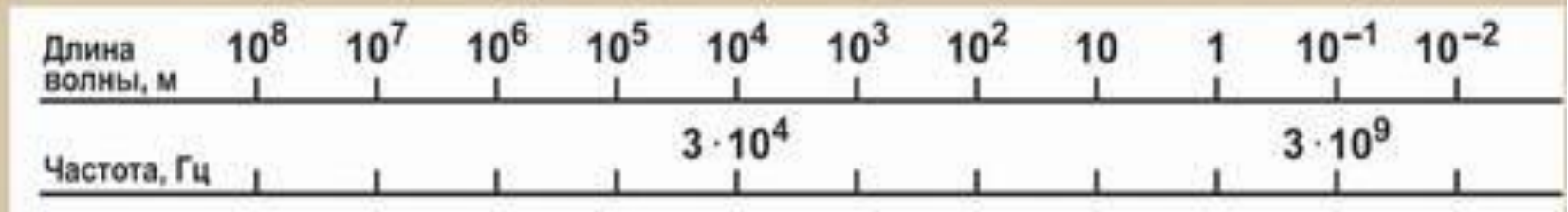
**Тепловое излучение** — это электромагнитное излучение, возникающее за счёт внутренней энергии тела (т.е. за счет энергии теплового движения атомов и молекул вещества) .

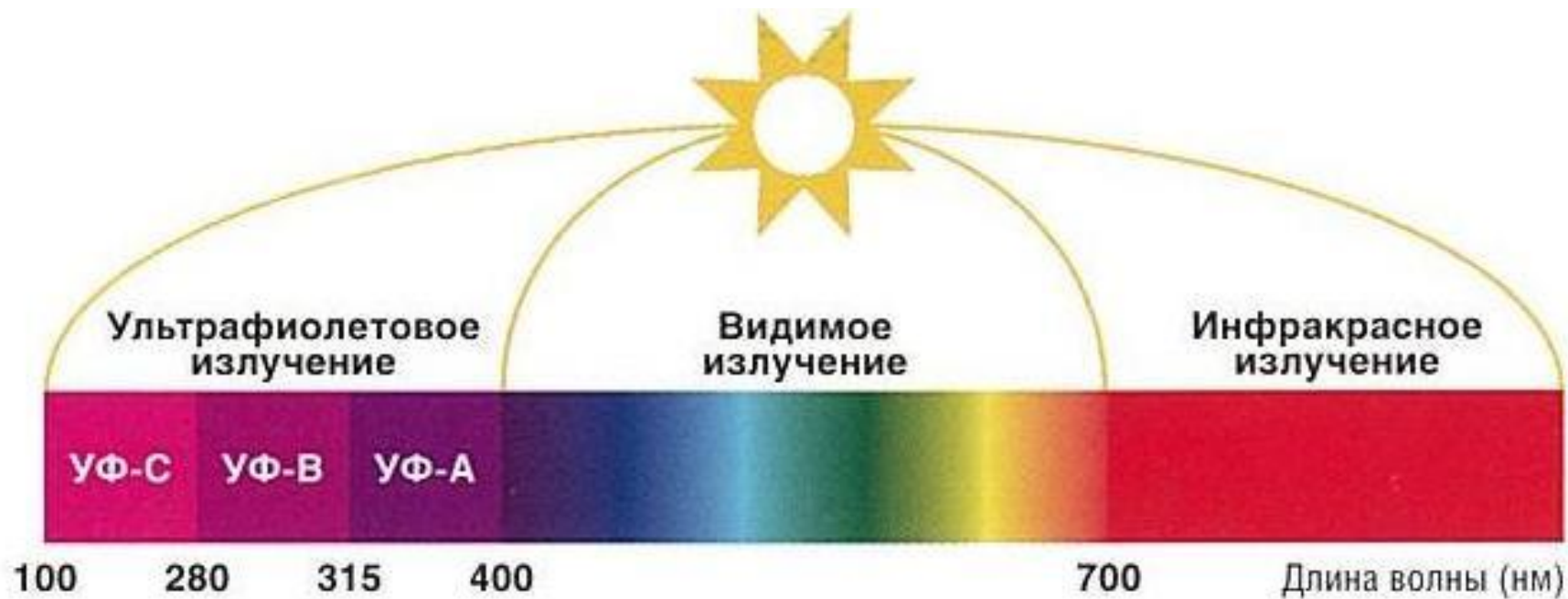
**Тепловое излучение** свойственно всем телам с температурой выше 0 К.

**Тепловое излучение** включает в себя инфракрасную, видимую и ультрафиолетовую области спектра.



# ШКАЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН





**Спектр солнечного излучения**

**Лучеиспускающая способность** или энергетическая светимость - это энергия, испускаемая с единицы площади поверхности тела в единицу времени.

$$[R]=[Дж/м^2с]=[Вт/м^2]$$

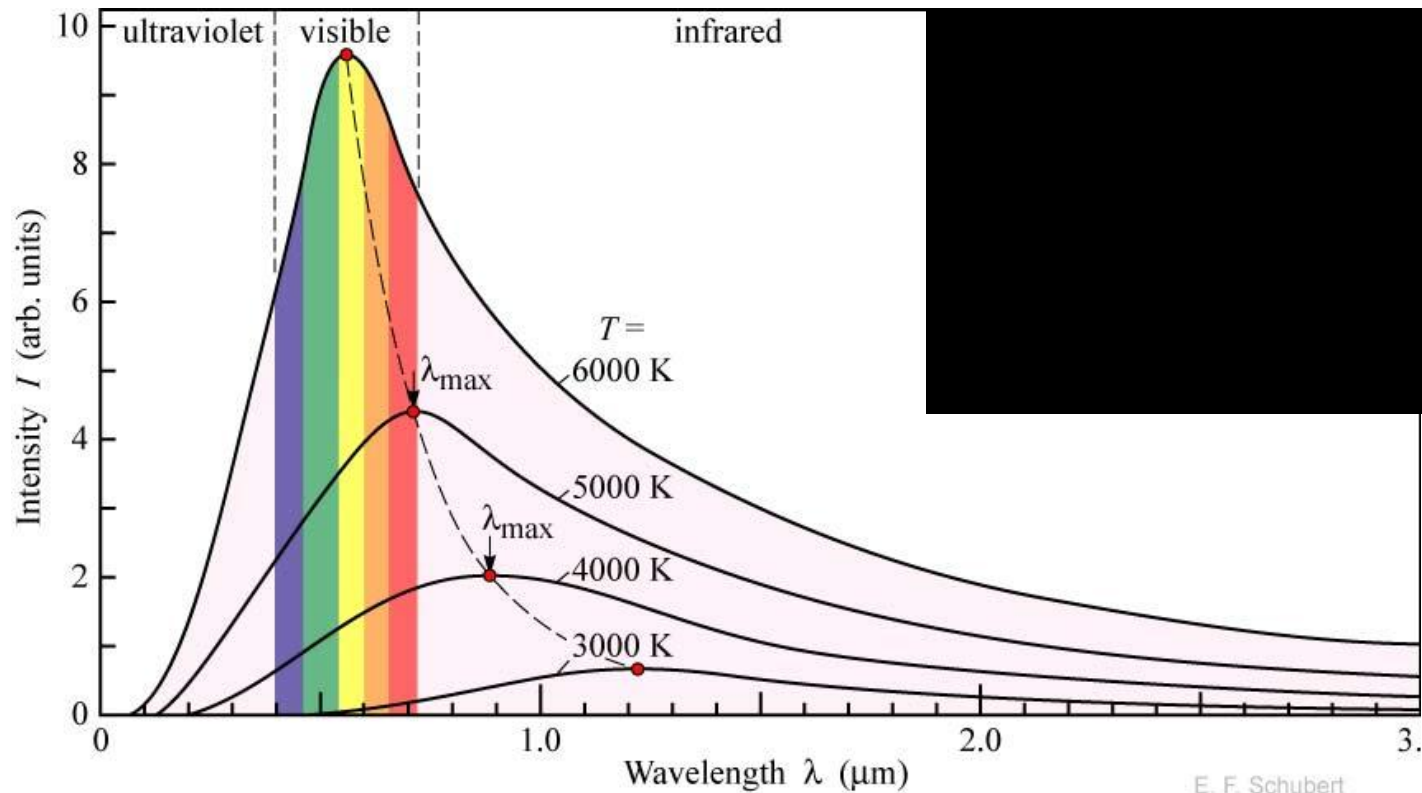
Для интервала длин волн от  $\lambda$  до  $\lambda + d\lambda$  энергетическая светимость

$$R_\lambda = \int r d\lambda ,$$

где  $r$  - спектральная плотность энергетической светимости тела, Вт/м<sup>3</sup> .



**Спектр излучения тела** – это зависимость спектральной плотности энергетической светимости от длины волны.



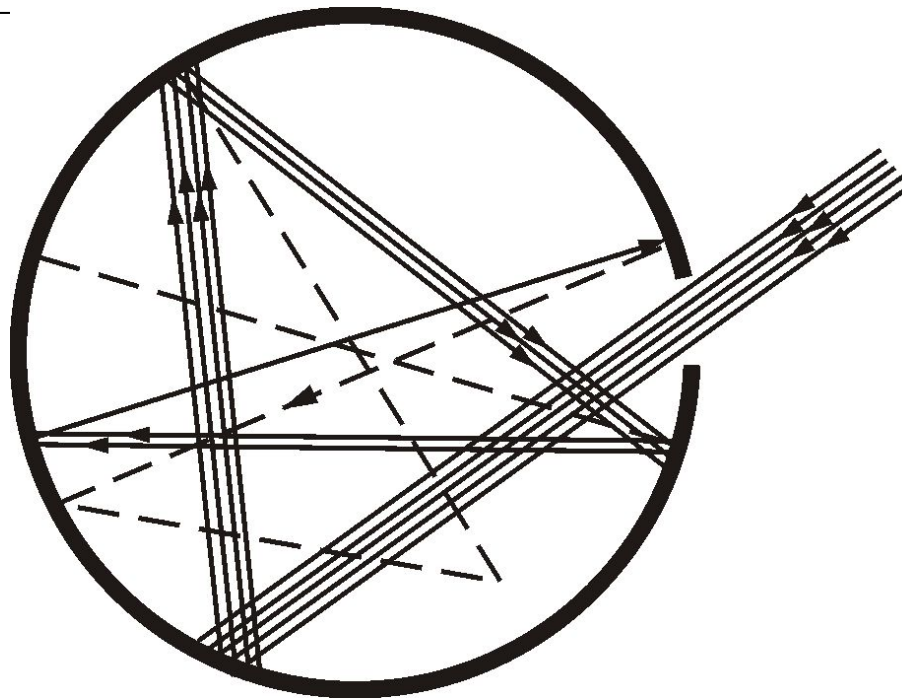


Коэффициент поглощения  $\alpha$  - это отношение потока излучения, поглощенного данным телом, к потоку излучения, упавшему на него:

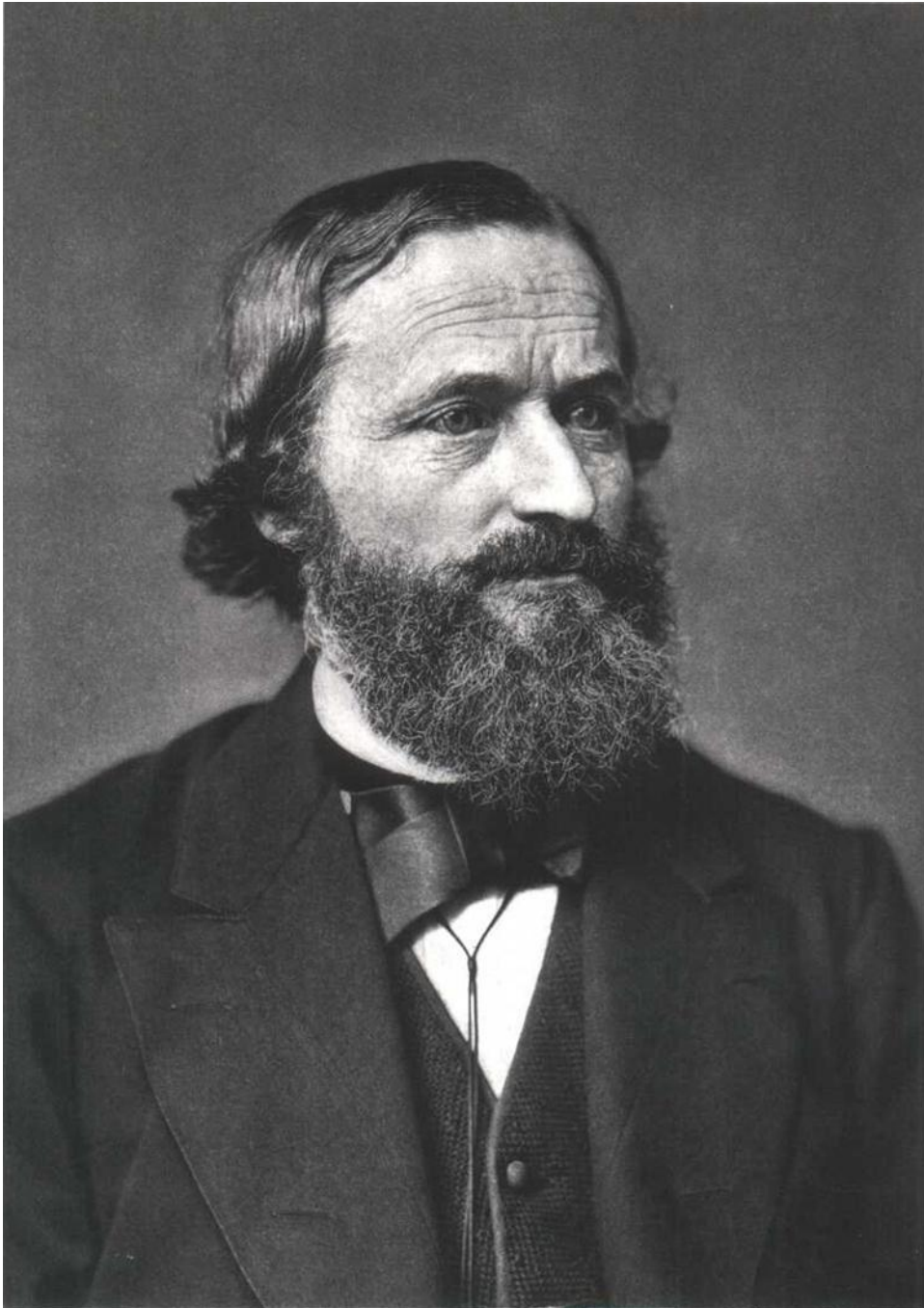
Монохроматический коэффициент поглощения:

$$\alpha_{\lambda} = \frac{\Phi_{\text{погл.}}(\lambda)}{\Phi_{\text{пад.}}(\lambda)}$$

*Абсолютно черное тело* – это тело, которое поглощает всё падающее на него излучение.



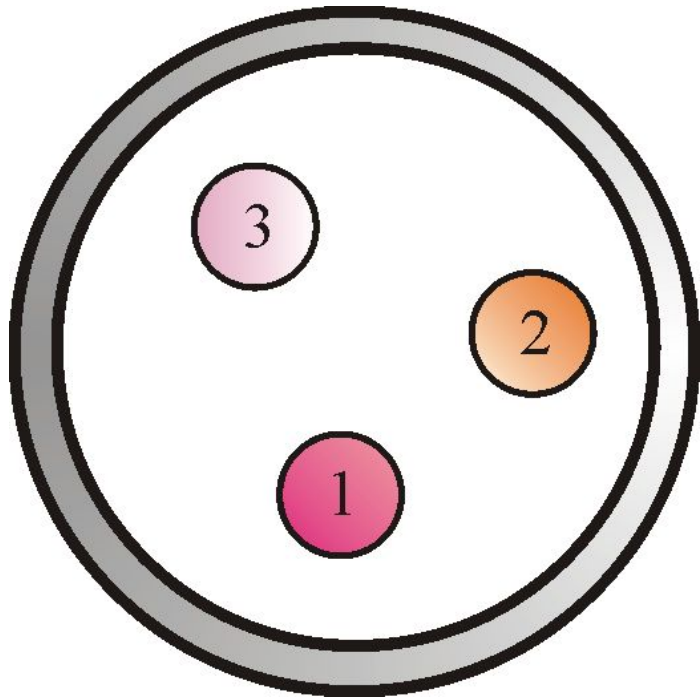
Коэффициент поглощения черного тела  $\alpha = 1$



**Густав Роберт  
Кирхгоф  
(1824 – 1887)**

# *Закон излучения Кирхгофа*

Отношение спектральной плотности энергетической светимости тела к его коэффициенту поглощения (для данной длины волны и температуры) не зависит от природы тела и равно спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела при той же температуре и длине волны:



## *Следствия из закона Кирхгофа:*

1. Спектральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела является универсальной функцией длины волны и температуры тела.

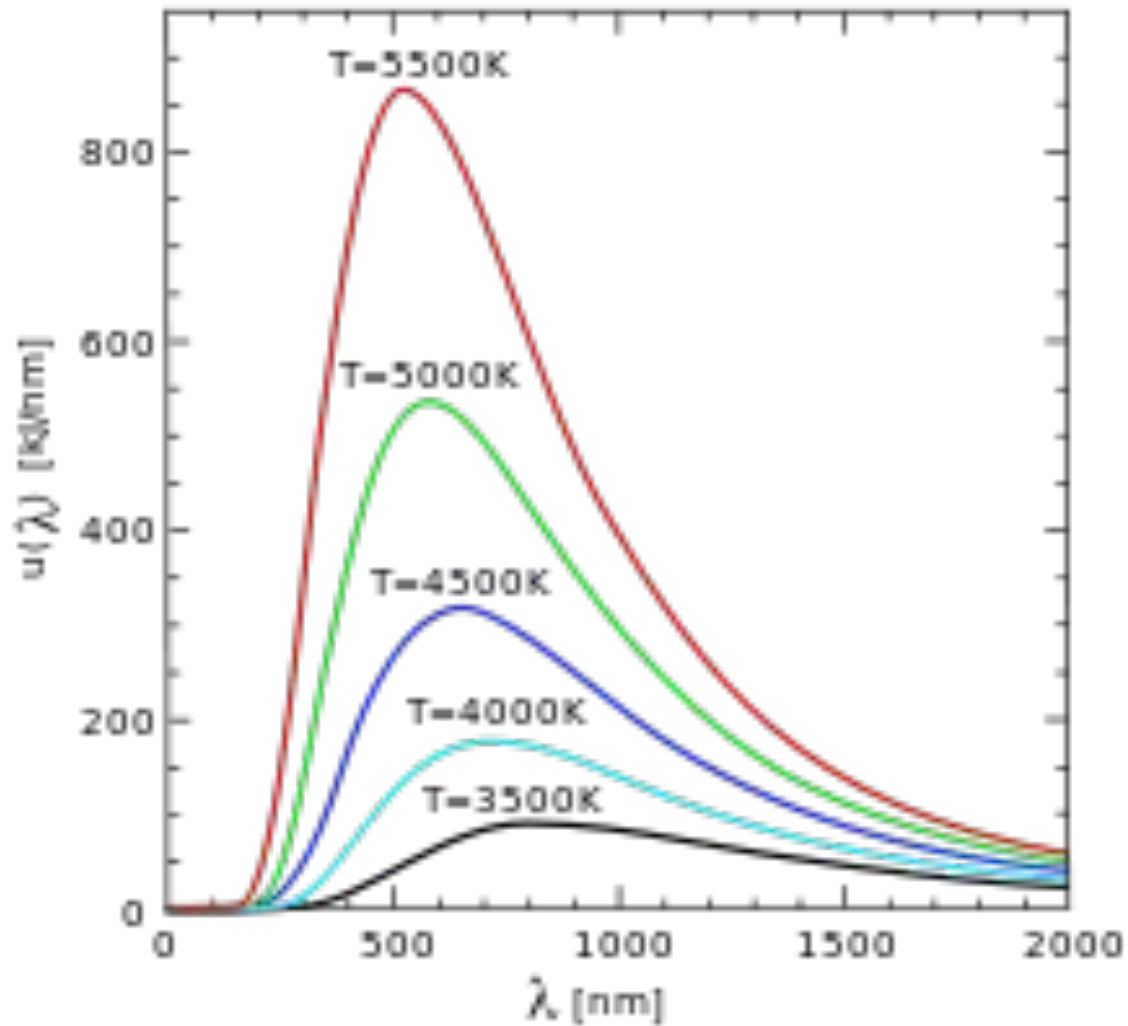
2. Из всех тел наибольшую спектральную плотность энергетической светимости имеет абсолютно черное тело.

## *Следствия из закона Кирхгофа:*

3. Спектральная плотность энергетической светимости произвольного тела равна произведению его коэффициента поглощения на спектральную плотность энергетической светимости абсолютно черного тела:

4. Любое тело при данной температуре поглощает волны той же длины волны, которые оно излучает при данной температуре.

# Спектр излучения абсолютно черного тела





**Закон Стефана-Больцмана (1879г.):**  
энергетическая светимость черного тела  
пропорциональна четвертой степени его  
термодинамической температуры

,

$\sigma \approx 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2\text{К}^4$  постоянная Стефана-Больцмана



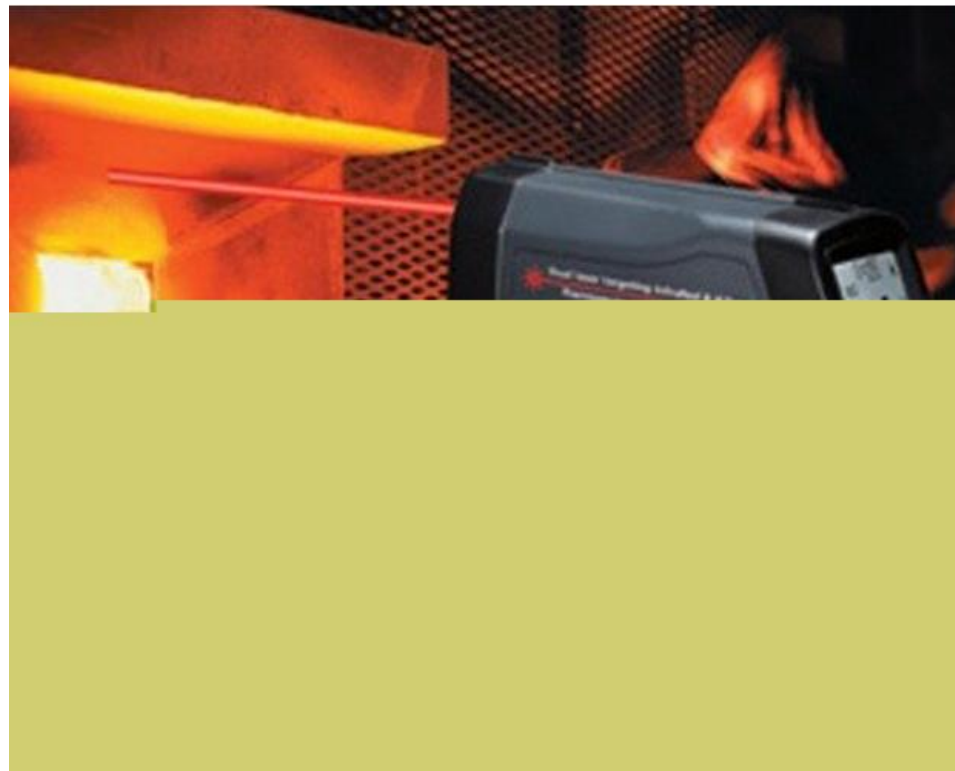
## Закон смещения Вина (1893 г.):

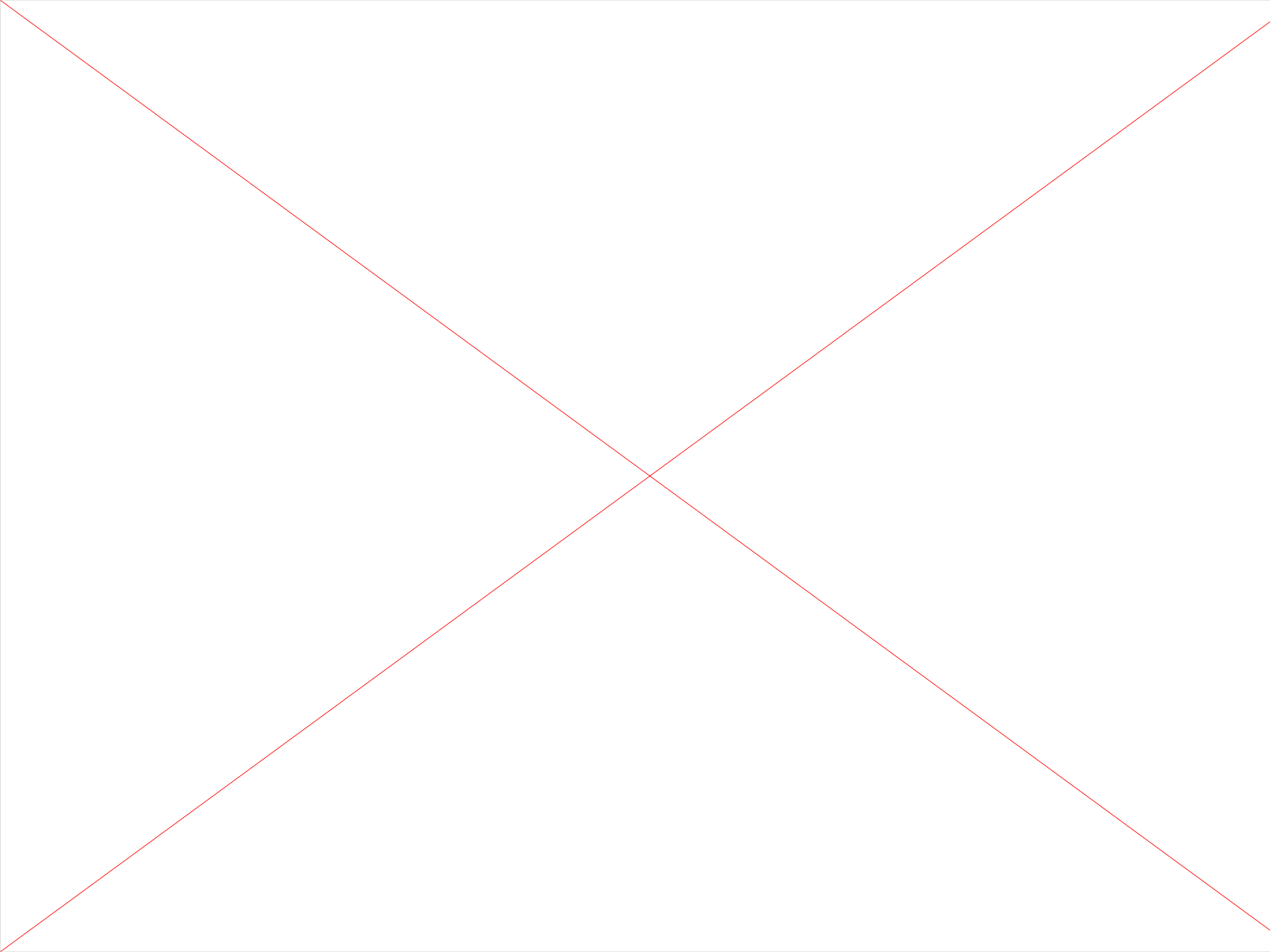
длина волны  $\lambda_{\max}$ , соответствующая максимуму спектра, связана с абсолютной температурой соотношением

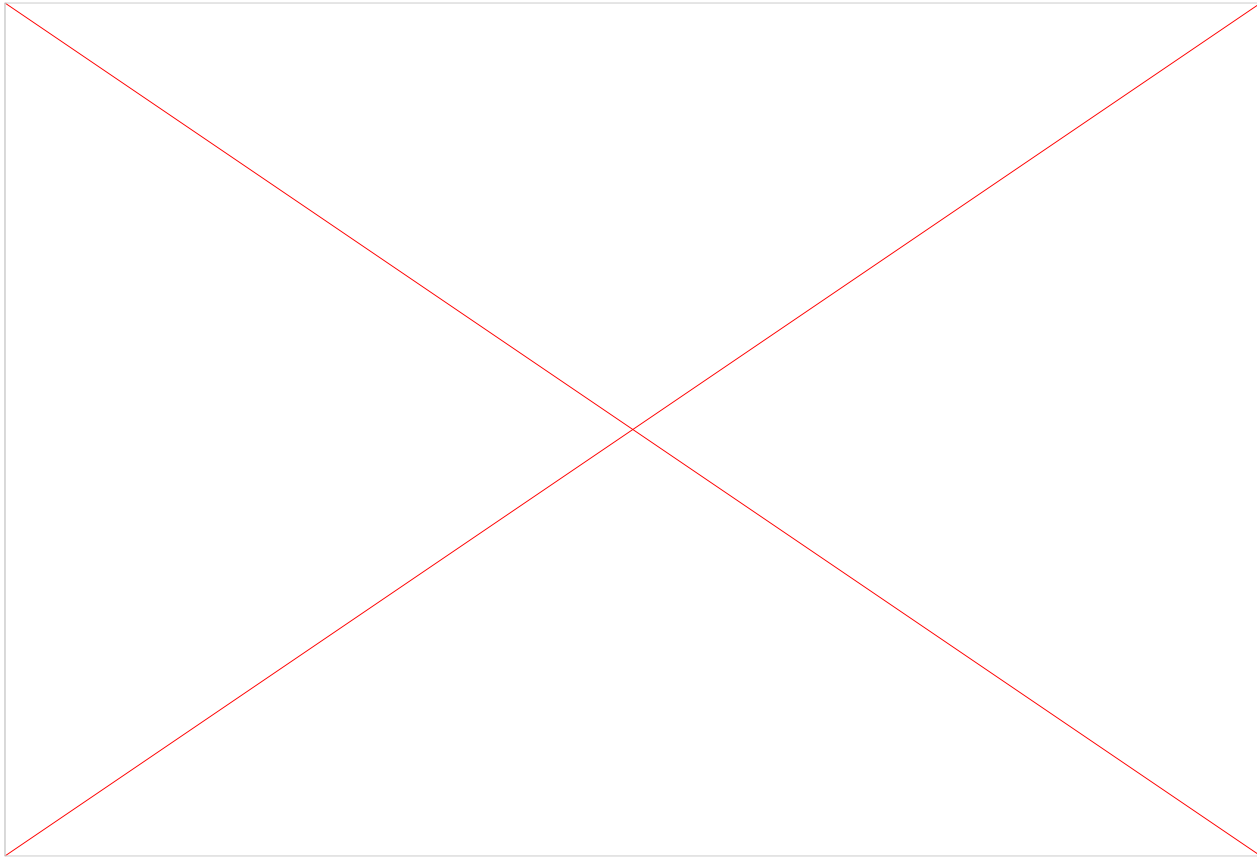
,

постоянная Вина

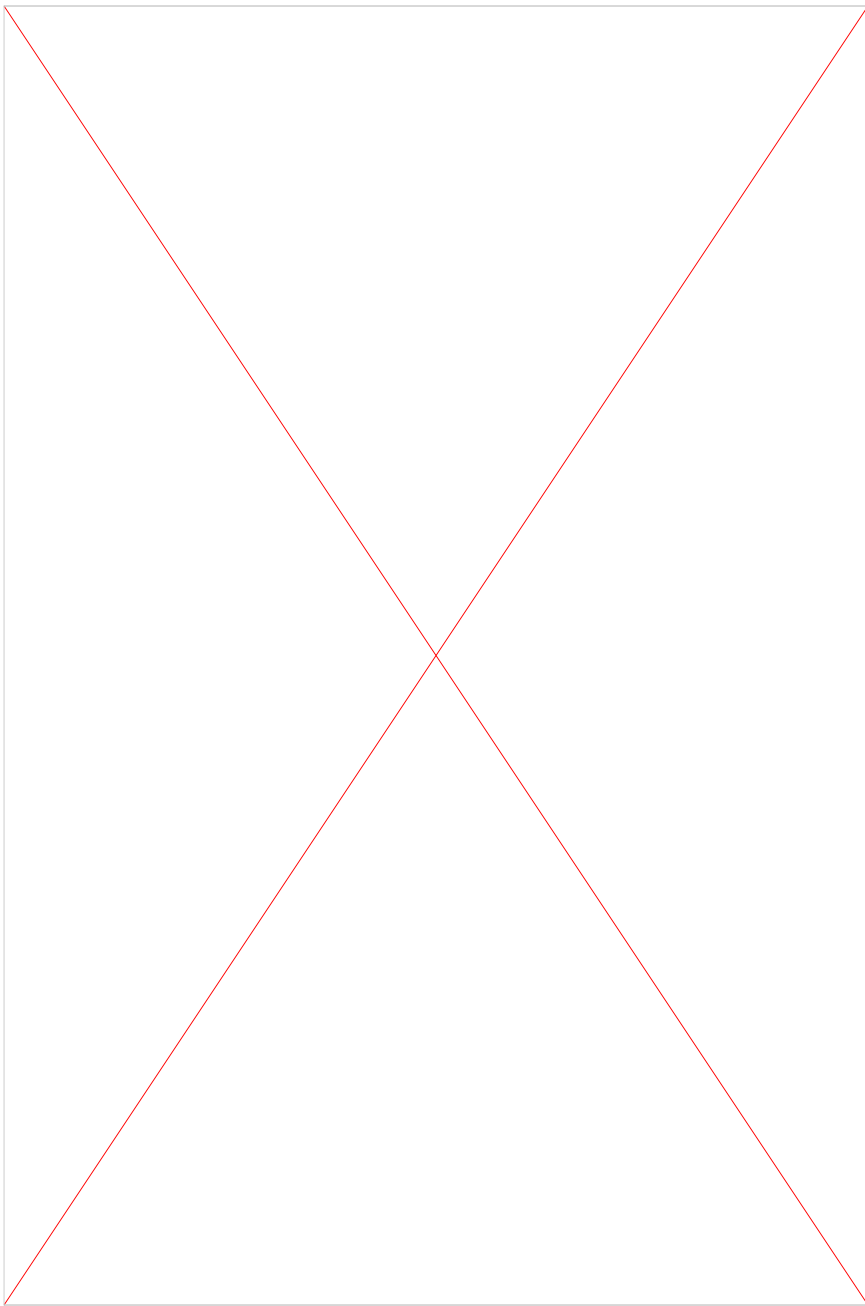
**Пирометрия** (от греч. *пυρ* - огонь и *metreo* - измеряю)  
— совокупность оптических (бесконтактных)  
методов измерения температуры.  
Основана на регистрации интенсивности теплового  
излучения тел.







«Ультрафиолетовая катастрофа»



**Макс Карл Эрнст  
Людвиг Планк  
(1858 – 1947)**

Гипотеза Планка предполагала, что энергия молекулярных колебаний может быть только числом, кратным  $h\nu$ :

,

- скорость света в вакууме

- постоянная Планка  
(элементарный квант действия)



# ЗАКОН ИЗЛУЧЕНИЯ ПЛАНКА

- постоянная Больцмана

• **Термография** (тепловидение) в медицине — метод регистрации инфракрасного излучения тела человека с диагностической целью.

Позволяет зафиксировать отклонение температуры тела до 0,08 градуса.

- **Контактная термография** проводится с помощью пасты или пленки, содержащей жидкие кристаллы.
- **Бесконтактная термография** основана на преобразовании инфракрасного излучения тела человека в электрический сигнал, который визуализируется на экране.

Основная часть собственного излучения тела человека относится к инфракрасному диапазону с длиной волны  $\lambda$  от 3 до 50 мкм.

✓  $T_1 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$ :  $R_1 \approx 460 \text{ Вт/м}^2$   $\lambda_1 = 9,6 \text{ мкм}$

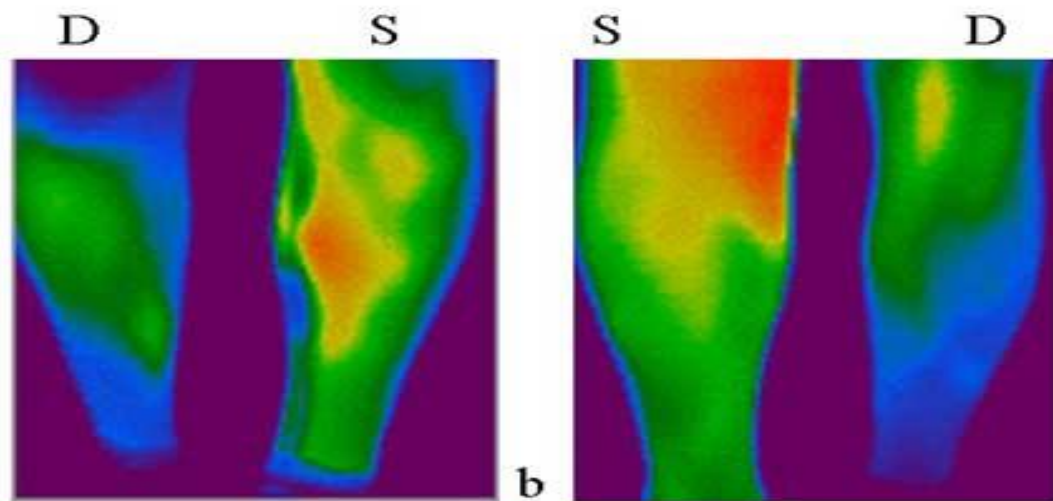
✓  $T_2 = 37^\circ\text{C} = 310 \text{ K}$ :  $R_2 \approx 520 \text{ Вт/м}^2$   $\lambda_1 = 9,3 \text{ мкм}$

# Контактная термография



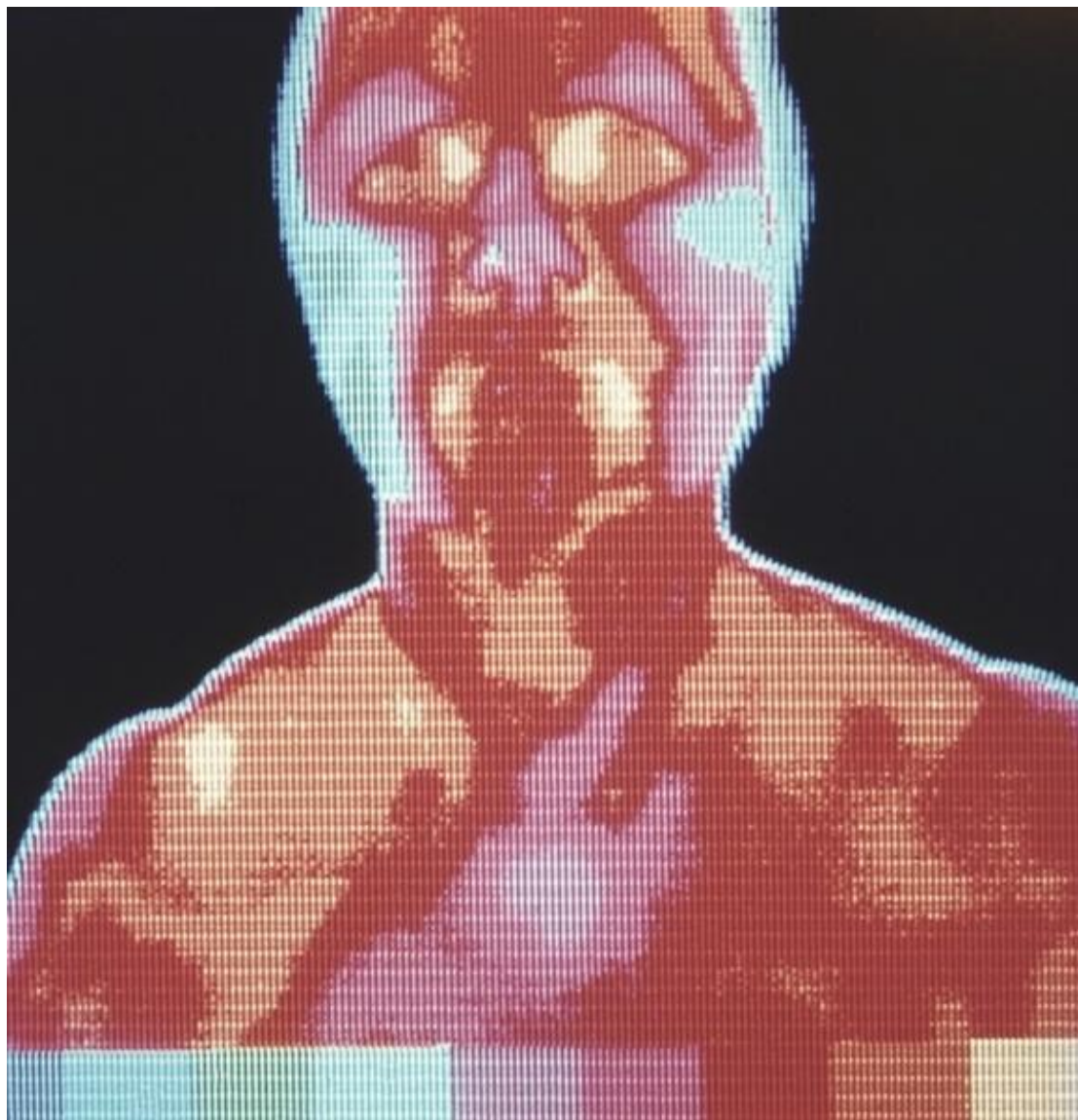
# Портативные компьютерные термографы





Облитерирующий атеросклероз. (а) Ангиография. Облитерация нижней половины правой бедренной артерии. Берцовые артерии проходимы. (б) Выраженная гипотермия правой голени равномерно в обеих проекциях

Термограмма лица, шеи и передней поверхности груди в норме





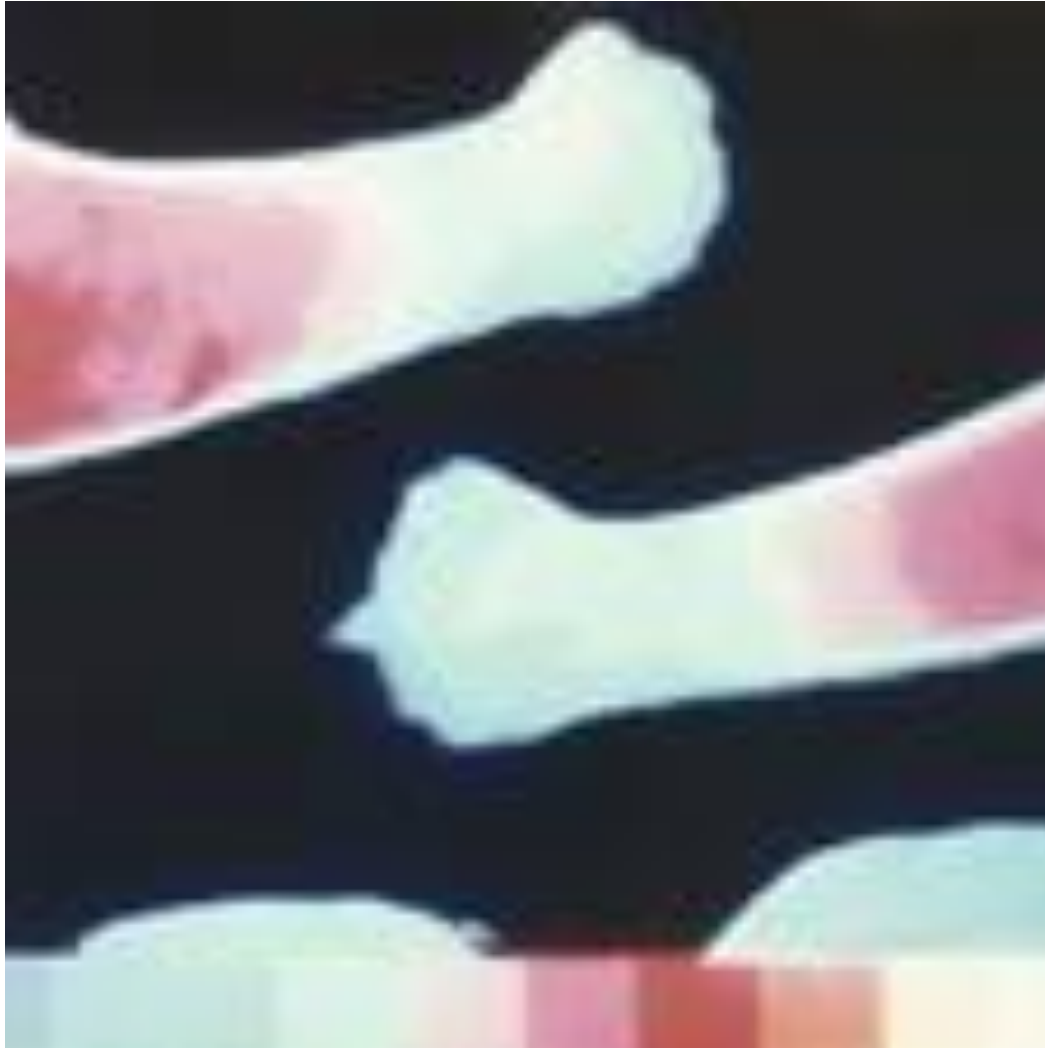
Термограмма лица, шеи и передней поверхности груди  
при раке щитовидной железы



Термограмма кистей и дистальных отделов предплечий в норме



# Термограмма кистей и дистальных отделов предплечий при болезни Рейно



## Задания для самоконтроля

1. Определить, во сколько раз отличаются энергетические светимости участков поверхности тела человека, имеющих температуры  $34$  и  $33^{\circ}\text{C}$  соответственно?
2. Для уничтожения жучков-вредителей зерно подвергают действию инфракрасного облучения. Почему жуки погибают, а зерно нет?
3. Испускательная способность некоторого тела максимальна на длине волны  $1,8$  мкм. Какова температура тела?
4. В комнате стоят два одинаковых чайника, содержащие равные массы воды при  $90^{\circ}\text{C}$ . Один из них никелированный, а другой темный. Какой из чайников быстрее остынет? Почему?
5. Нагревая кусок стали, мы при температуре  $800^{\circ}\text{C}$  будем наблюдать яркое вишнево-красное каление, но прозрачный стерженек плавленого кварца при той же температуре совсем не светится. Почему?

# Литература

- Ремизов, А.Н. [Медицинская и биологическая физика : учебник для студентов медицинских вузов \[8-е изд., стереотип.\] / А. Н. Ремизов, А. Г. Максина, А. Я. Потапенко – М. : Дрофа, 2008. – 558 с.](#)
- Антонов, В.Ф. [Физика и биофизика: учебник для вузов / В.Ф. Антонов, А. М. Черныш, Е.К. Козлова \[и др.\]; ред. В.Ф. Антонов – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 480 с.](#)
- Федорова, В.Н. [Медицинская и биологическая физика: курс лекций с задачами; учебное пособие / В.Н. Федорова, Е.В. Фаустов – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 592 с.](#)

Научная электронная библиотека: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>  
Электронная библиотека НГМУ <http://ngmu.ru/library/list>

# Спасибо

# за внимание

