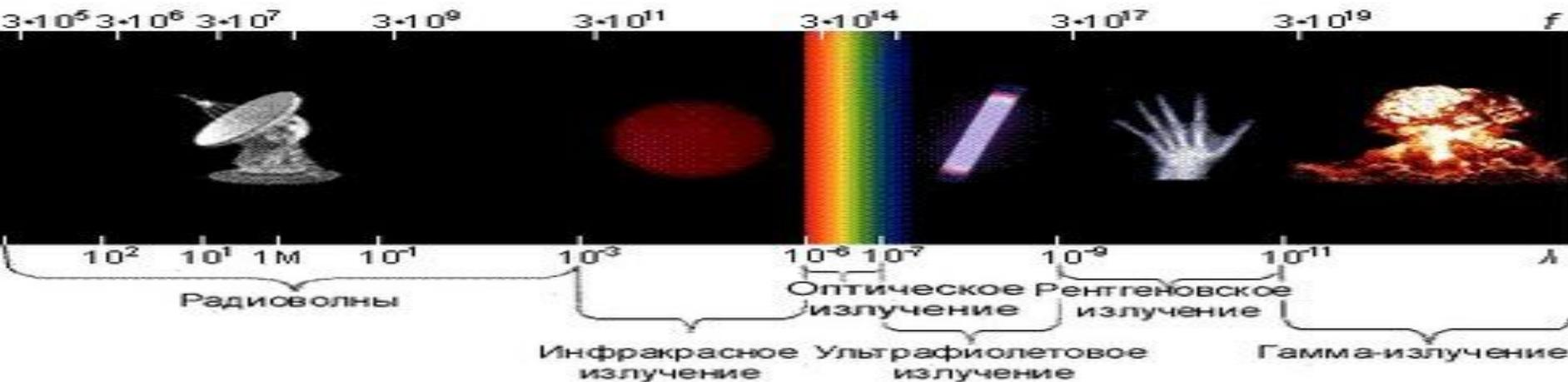


**ЛЕКЦИЯ №12**

**ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ  
ОСНОВЫ  
ТЕРМОГРАФИИ**



# ТЕПЛОВОЕ (ИНФРАКРАСНОЕ) ИЗЛУЧЕНИЕ



**Тепловое излучение** - это электромагнитное излучение, которое возникает за счет энергии вращательного и колебательного движения атомов и молекул в составе вещества. Тепловое излучение характерно для всех тел, которые имеют температуру, превышающую температуру абсолютного нуля.

Впервые было открыто английским астрономом **Вильямом Гершелем**.

В 1865 английский физик **Дж. Максвелл** доказал, что **ИК - излучение имеет электромагнитную природу** и представляет собой волны длиной от **760нм до 1-2мм**.

Весь диапазон ИК - излучения делят на области:

- **ближнюю** (750нм-2,5мкм)
- **среднюю** (2,5мкм – 50мкм)
- **дальнюю** (50мкм-2мм).

Ультрафиолет	Видимый Свет	Инфракрасное Излучение	Микроволны
Длина волны (микрометр)			
0,2	0,4-0,75	0,75-100	
Ближнее ИК излучение	Среднее ИК излучение	Дальнее ИК излучение	
Длина волны (мм)			
0,75-1,5	1,5-5,6	5,6-100	
Излучение человеческого тела			
6-20 мм			

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

**Энергетическая светимость** - это количество энергии электромагнитного излучения во всем диапазоне длин волн, которое испускается телом во всех направлениях с единицы площади поверхности за единицу времени



$$R = \frac{E}{S \cdot t}, \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \right] = \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right].$$

(зависит от природы тела, его температуры, состояния поверхности и длины волны излучения).

**Спектральная плотность энергетической светимости** - энергетическая светимость тела в данном диапазоне длин волн при данной температуре



$$R = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} R_{\lambda, T} \cdot d\lambda \quad [R_{\lambda, T}] = \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \right]$$

Тело не только излучает, но и поглощает тепловое излучение

**Коэффициент поглощения** - отношение поглощенного телом потока теплового излучения к падающему потоку.

(зависит от природы поглощающего тела, длины волны излучения, температуры и состояния поверхности тела)



$$\alpha = \frac{d\Phi_{\text{погл}}}{d\Phi_{\text{пад}}}$$

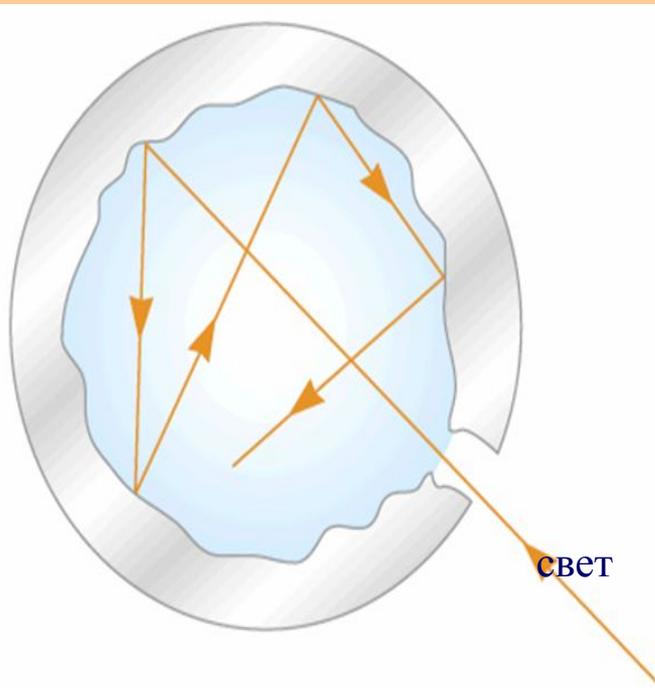
**Монохроматический коэффициент поглощения** - коэффициент поглощения теплового излучения данного диапазона длин волн при заданной температуре:



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

# ИЗЛУЧЕНИЕ АБСОЛЮТНО ЧЁРНОГО ТЕЛА

**Абсолютно черное тело** - тело, которое полностью поглощает падающий на него поток электромагнитного излучения, независимо от длины волны  $\alpha = 1$ . Абсолютно черное тело само может испускать электромагнитное излучение любой длины волны (частоты) и визуально иметь цвет, который определяется только его температурой.



модель абсолютно  
черного тела –  
полое тело с  
небольшим  
отверстием

# ЗАКОН КИРХГОФА

$$\left( \frac{R_{\lambda T}}{\alpha_{\lambda T}} \right)_1 = \left( \frac{R_{\lambda T}}{\alpha_{\lambda T}} \right)_2 = \left( \frac{R_{\lambda T}}{\alpha_{\lambda T}} \right)_{\text{ачт}} = \text{const.}$$

$$\left( \frac{R_{\lambda T}}{\alpha_{\lambda T}} \right)_1 = \left( \frac{R_{\lambda T}}{\alpha_{\lambda T}} \right)_2 = (R_{\lambda T})_{\text{ачт}} = \varepsilon(\lambda, T).$$

## Следствия из закона Кирхгофа:

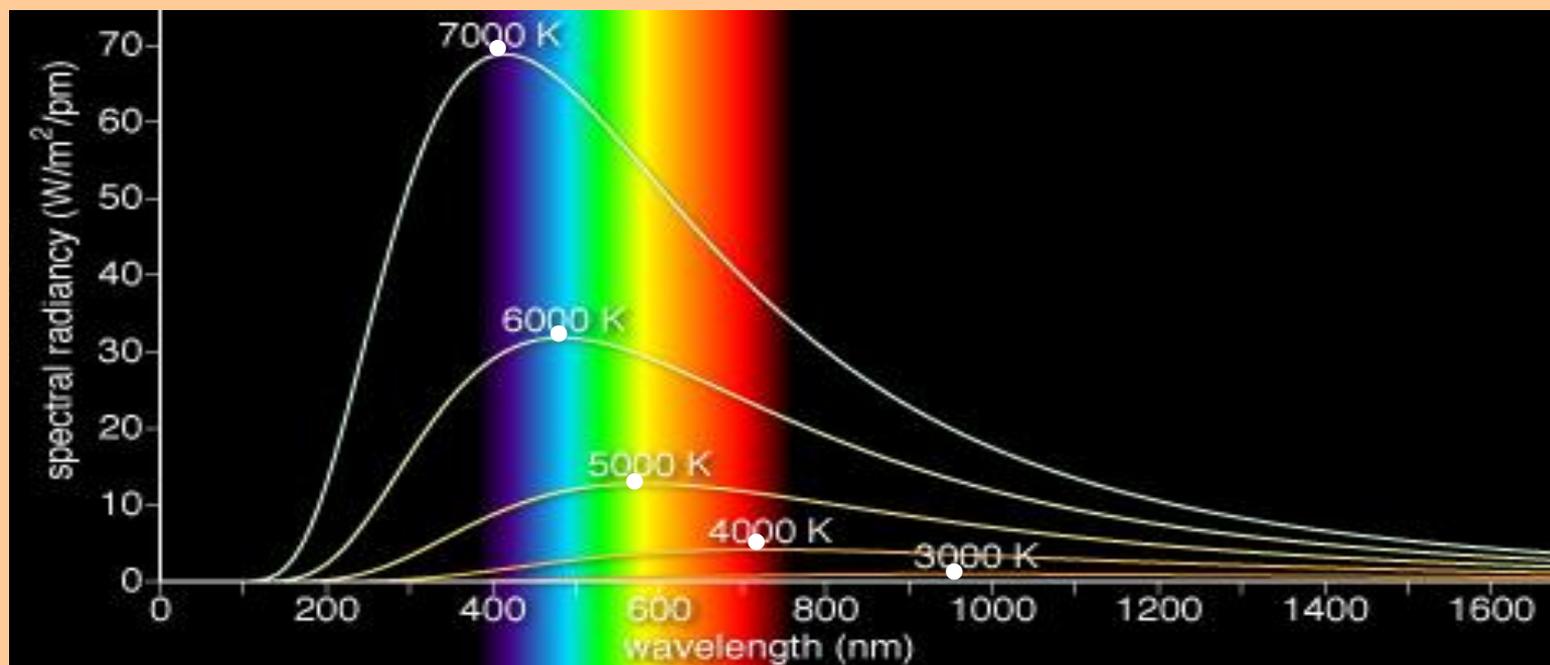
1. Спектральная энергетическая светимость АЧТ является универсальной функцией длины волны и температуры тела.
2. Спектральная энергетическая светимость произвольного тела равна произведению его коэффициента поглощения на спектральную энергетическую светимость абсолютно черного тела.
3. Спектральная энергетическая светимость АЧТ наибольшая.
4. Любое тело при данной температуре излучает волны той же длины волны, что и излучает.

Изучение спектров ряда элементов позволило Кирхгофу и Бунзену установить однозначную связь между спектрами поглощения и излучения газов и индивидуальностью соответствующих атомов. Это лежит в основе **спектрального анализа**, с помощью которого можно выявить вещества, концентрация которых составляет 0,1 нм.

$$r_{\lambda} = \alpha_{\lambda} \cdot \varepsilon$$

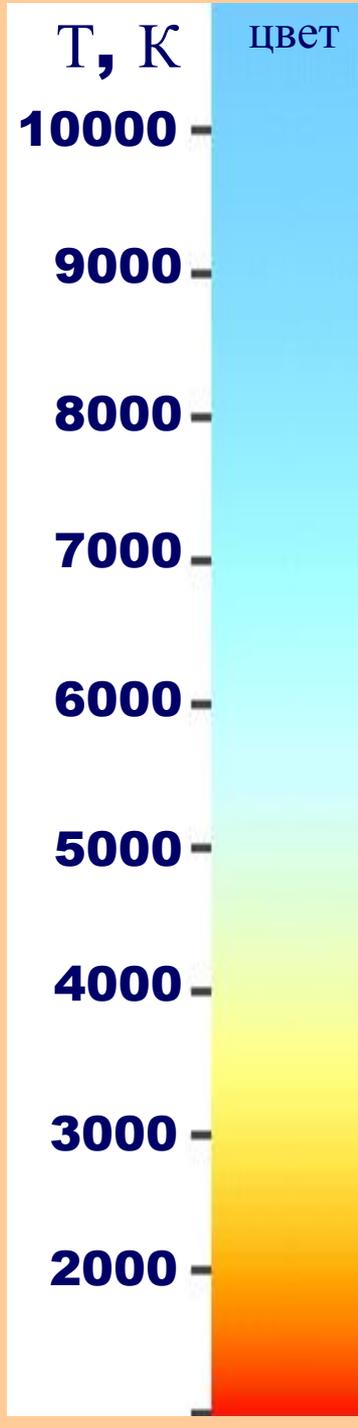
# ЗАКОН ВИНА

Цвет свечения тела определяется его температурой. Зависимость длины волны, соответствующей максимуму спектра (белые точки на рисунке) от температуры тела определяется законом Вина: **длина волны, на которую приходится максимум энергетического светимости, обратно пропорциональна температуре**  $\lambda_{\max} = b/T$



# ЗАКОН СТЕФАНА-БОЛЬЦМАНА

Полная (по всему спектру) излучательная способность абсолютно черного тела пропорциональна четвертой степени его температуры  $\epsilon = \sigma T^4$   $\sigma = 5,7 \times 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \text{ К}^4$



# ГИПОТЕЗА ПЛАНКА

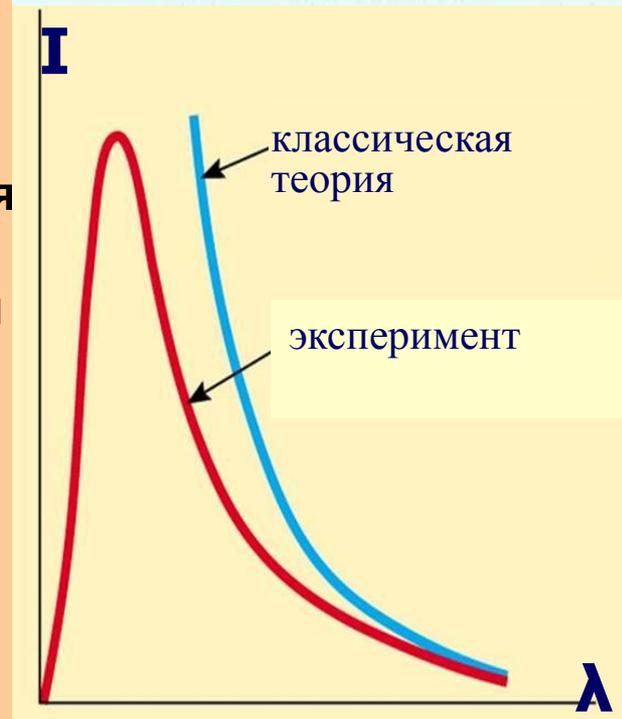
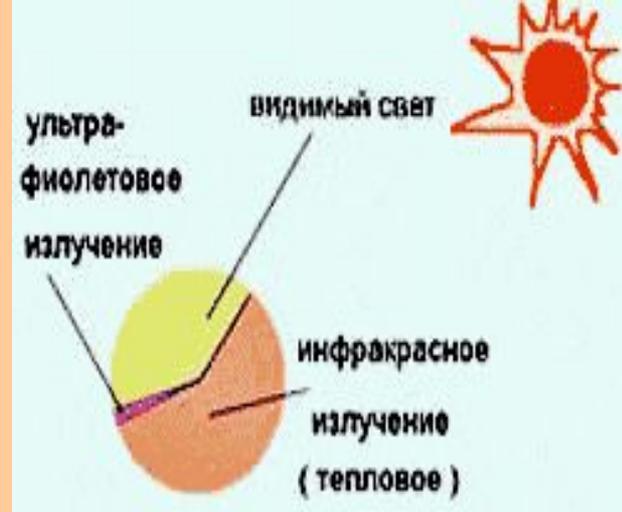
Экспериментально наблюдаемый спектр излучения АЧТ иллюстрирует **красная кривая** на рисунке.

Теоретически спектр АЧТ пытались объяснить на основе законов классической физики Рэлей и Джинс: на высоких частотах (коротких волнах) энергия излучения должна возрасти бесконечно (**синяя кривая**). Этот физически абсурдный результат получил название «ультрафиолетовой катастрофы».

Из опыта известно, что на высоких частотах энергия излучения не возрастает бесконечно, а убывает до нуля. Планк разрешил противоречие между теорией и практикой на основе чрезвычайно смелой гипотезы. Он предположил, что свет испускается определенными порциями энергии – квантами.

Величина такого кванта энергии зависит от частоты света  $\nu$  и равна  $E = h\nu$ .

Поскольку энергия кванта равна разности энергий энергетических уровней электронов в веществе, то число квантов, отвечающих ультрафиолетовой области спектра невелико, интенсивность спектра в ней уменьшается.



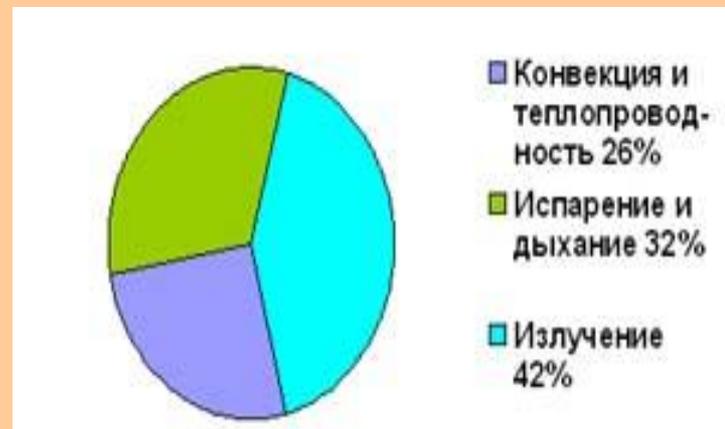
# ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Средней температуре тела человека соответствует **310К**. Максимум теплового излучения приходится на **9700нм**.

Любое изменение температуры тела приводит к изменению мощности теплового излучения с поверхности тела (достаточно 0,1 градуса).

В обычных условиях (при наличии разницы температур) **тепловое излучение – основной способ теплоотдачи (до 70%)**

Мощность теплоотдачи путём теплового излучения рассчитывается с учётом разности температур тела и окружающей среды, коэффициента поглощения тела (он равен 0,8 – «серое тело») и площади излучающих областей (открытые участки тела):



$$P = \alpha \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4) \cdot S.$$

Labels for the equation components:

- $P$ : мощность
- $\alpha$ : коэффициент поглощения
- $\sigma$ : коэффициент поглощения
- $T_1$  and  $T_2$ : температуры тела и окружающей среды
- $S$ : площадь

# ТЕРМОГРАФИЯ

- метод диагностики, основанный на регистрации теплового излучения различных областей тела человека, что позволяет судить об их температуре

контактный



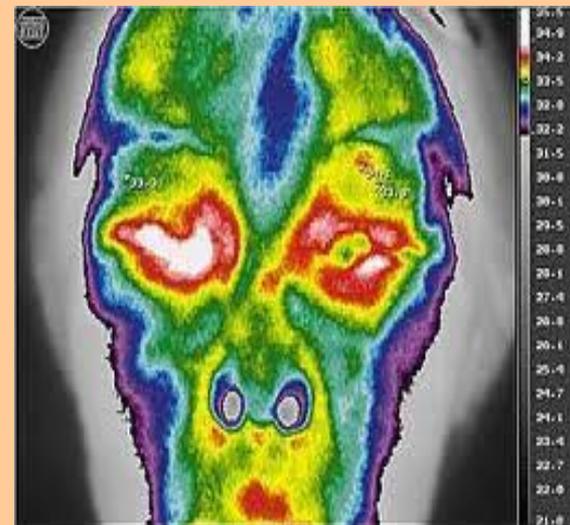
2 способа



бесконтактный

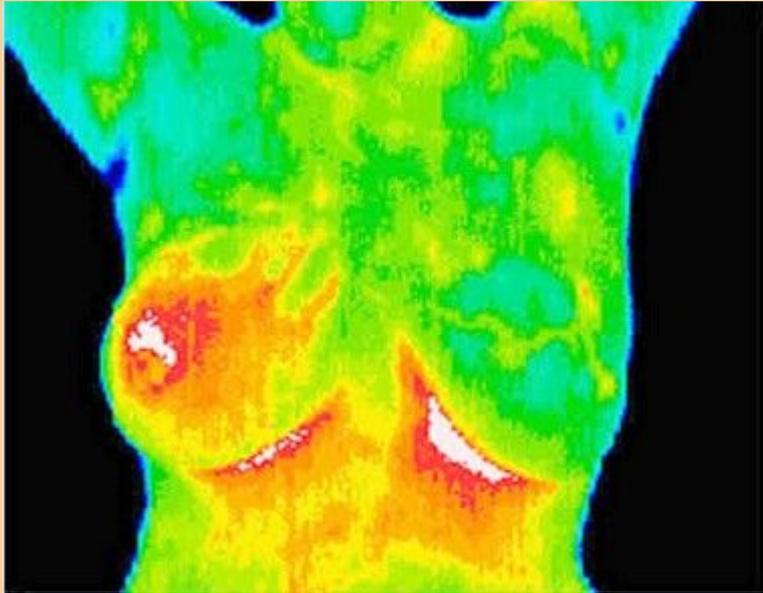
Используются оптические свойства холестерических жидких кристаллов: они избирательно отражают разные длины волн в составе белого света в зависимости от своей температуры. 1. На участок тела накладывают плёнку из холестериков. Они приобретают через время температуру подлежащих зон тела. 2. Плёнку освещают лампой. Поскольку холестерики в зависимости от температуры (меняют цвет от красного до фиолетового), то при этом формируется изображение температурных полей исследуемой зоны, которое легко расшифровать, зная зависимость температура-цвет. Существуют холестерики, позволяющие фиксировать разницу температур 0,1 градус.

(телетермография) – базируется на превращении теплового излучения тела в электрические сигналы, которые регистрируются на экране тепловизора или другом записывающем устройстве.



# ТЕРМОГРАФИЯ

Температура различных участков тела может изменяться: увеличиваться (например, при воспалении, опухолях) или уменьшаться (например, ниже места закупорки сосудов). Это будет вызвать изменение потока излучения с исследуемой области тела.



В термографии часто важна не абсолютная температура того или иного участка тела, а температурная асимметрия симметричных областей тела.

Термография позволяет определить опухоли размером 1-2 мм в таких трудно диагностируемых традиционными способами органах, как щитовидная железа, молочная железа и т.д.

Интересным походом в термографии служит исследование температурных полей поверхности тела, рефлекторно связанных с теми или иными внутренними органами (термография зон Захарьина-Геда). Изменение температуры соответствующих участков кожи могут указывать на нарушения функции органов.

# ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ В ТЕРАПИИ

ЛЕЧЕНИЕ ИК-волнами основано:

1. на применении теплоизолирующих веществ и материалов (лечебных грязей, озокерита, парафина) с целью местного и общего согревания тела путём уменьшения теплоотдачи в окружающую среду и поглощения своего собственного теплового излучения
2. согревание с помощью специальных устройств, испускающих ИК-излучение ( например, лампы).



Механизмы действия ИК-излучение:

- Ощущение тепла, ускорение химических реакций, образование биологически-активных (БАВ) веществ: брадикинина, простагландинов и т.д. (**местное действие**)
- Информация от терморецепторов поступает в ЦНС и обеспечивает **рефлекторное** расширение сосудов (усиление притока крови с питательными веществами, кислородом, гормонами, иммунными факторами и др.). Это улучшает трофику тканей, ускоряет метаболизм, усиливает процессы регенерации
- Общее согревание активизирует процессы терморегуляции гипоталамусом, что также способствует расширению сосудов и усилению потоотделения



**Гипертермия** – повышение внутренней температуры тела («температуры ядра») или его участка.

**Гипертермия**, которая может возникать вследствие недостаточности процессов терморегуляции в организме (например, в странах с жарким климатом у неадаптированных людей или при выполнении тяжёлого физического труда) оказывает вредное действие на организм .

Однако было установлено, что наиболее чувствительны к гипертермии раковые клетки.

Поэтому в ведущих онкологических клиниках мира для лечения рака применяют создание местной гипертермии, повышая внутреннюю температуру участка тела до 42 градусов. Её недостаток – повреждение и здоровых тканей в какой-то степени. Но польза от уничтожения раковых клеток превышает значение этого недостатка.

Параметры нагревания очень важны! Небольшое нагревание (в том числе при физиотерапии, противопоказано при опухолях!!!)



# КРИОБИОЛОГИЯ И КРИОМЕДИЦИНА

Ряд методов, напротив, основаны на увеличении интенсивности теплового излучения путём помещения тела человека (или его части) в среду с пониженной температурой. Эти методы способствуют местному или общему охлаждению организма.

**Гипотермия** способствует снижению скорости метаболизма и других физиологических процессов потребности тканей организма в кислороде. Оказывает болеутоляющее действие. Во многих клиниках её используют при операциях на сердце, чтобы предупредить смерть мозга при остановке сердца, а также снизить дозу наркотических веществ за счёт естественного торможения в мозге, которое вызывается воздействием гипотермии.

Сильное охлаждение отдельных участков тела проводится при **криотерапии**. Она может проводиться с помощью жидкого азота или его паров. Способствует омоложению кожи, её подтяжке, удалению рубцов и т.д.

В различных областях медицины также используется **криокоагуляция**, **криодеструкция**, **криоабляция** (*прилипание*)



# В ПОИСКАХ ДОЛГОЛЕТИЯ...

В своё время известный хирург и анатом Джон Гентер высказал мысль, что можно продлить человеку жизнь до 1000 лет, если чередовать периоды активной его деятельности и периодов забвения (путём заморозки). Учёный назвал это состояние, когда организм находится между жизнью и смертью, **анабиозом**



Самым знаменитым специалистом по **анабиозу** был профессор Софийского университета **Порфирий Иванович Бахметьев**. Ему удалось воскресить после снижения температуры тела в область отрицательных температур не только холоднокровных животных (бабочек, лягушек, ящериц), но и теплокровных (летучую мышь). Предположительно учёный планировал исследования на человеке, но заболел и умер.

С тех пор глубокое охлаждение и гипотермия широко применяются в медицине, но возможность анабиоза человека не доказана на практике. Ранее считали препятствием образование кристалликов льда, которые разрушают клетку, её структуры и молекулы (чтобы этого не было тело надо пропитать антифризом, а это невозможно. Сейчас основной проблемой глубокого охлаждения считают осмотический шок вследствие обезвоживания.

***СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!!!***

