الفصل السادس

الإشعاع الحراري (تحت الأحمر) وإشعاع الجسم الأسود

Infrared Radiation

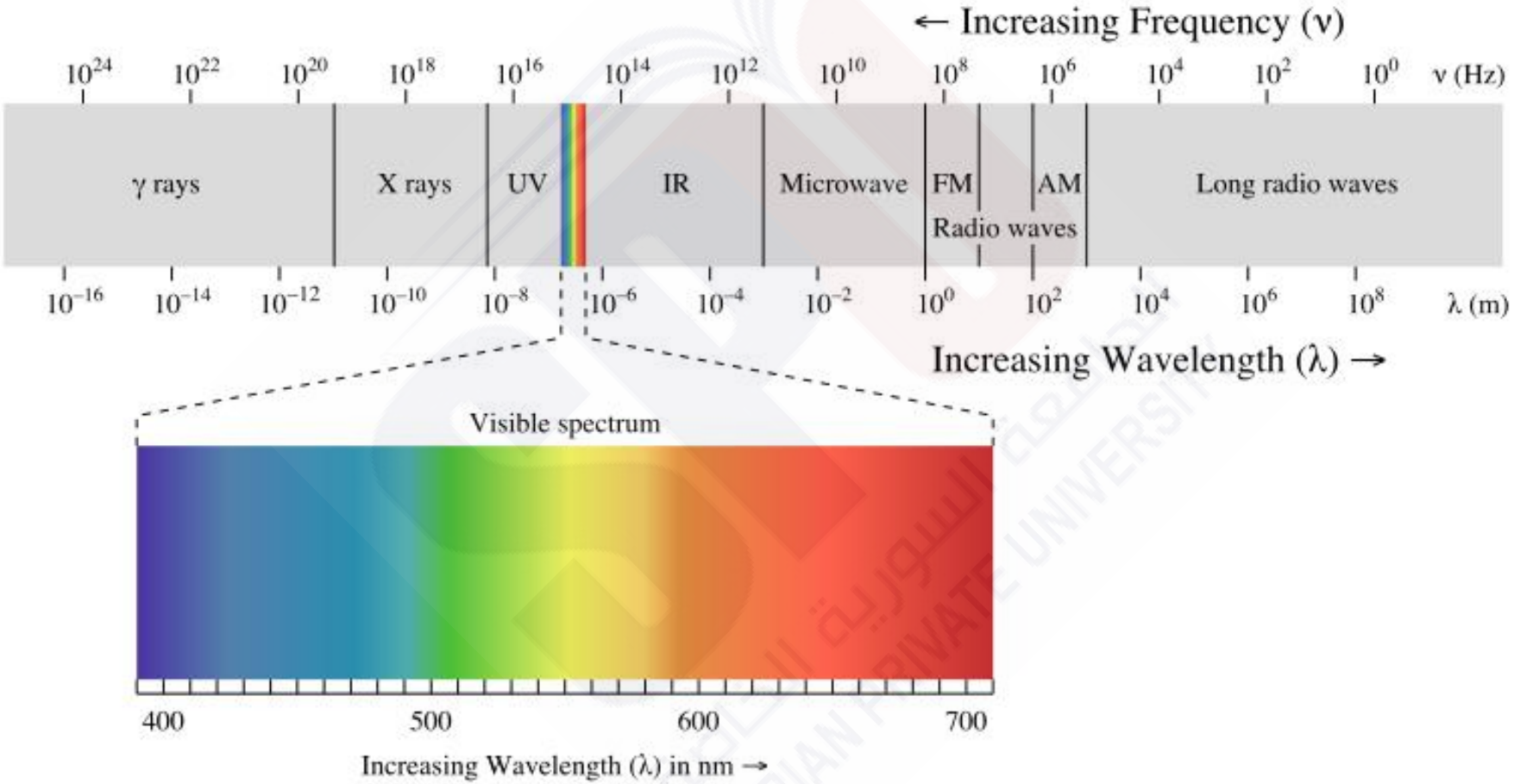
&

Blackbody Radiation

أهداف الفصل

- التعرف على الجسم الأسود الفيزيائي وقوانينه
- تطبيق قوانين الجسم الأسود على جسم الإنسان:
  - قياس توزع درجات الحرارة في جسم الإنسان من خلال الإشعاع الصادر من الجسم.
  - قياس توزع شدة العمليات الاستقلابية وإمكانية التنبؤ عن وجود إصابة بورم خبيث.
  - التعرف على إمكانية استخدام ليزر الأشعة تحت الحمراء كمشرط جراحي.

موقع الإشعاع تحت الأحمر في الطيف الكهرطيسي



يمتد مجال الـ IRمن نحو 300 GHz إلى (1 mm - 750 nm) 400 THz. ويمكن تقسيمه إلى ثلاثة أجزاء:

طيف المجال تحت الأحمر

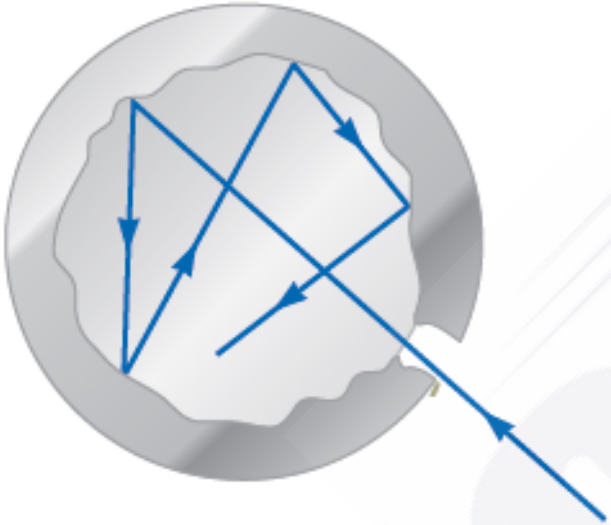
- تحت الأحمر البعيد Far-infrared من 300 GHz إلى 30 THz (1mm - 10µm)
- تحت الأحمر المتوسط Mid-infrared من 30 إلى 120THz (10 – 2.5 µm)
- تحت الأحمر القريب Near-infrared من 120THz إلى 400 THz (2,500 - 750 nm).

الجسم الأسود الفيزيائي

- الجسم الأسود الفيزيائي هو الجسم الذي يمتص كافة الإشعاع الذي يرد إليه ضمن مجال معين، ويعيد إصداره
- يطلق اسم الجسم الأسود على الوسط الذي يتميز بالكثير من المستويات الطاقية المتقاربة فيما بينها، بحيث يمتص كل الفوتونات التي تسقط عليه.

الجسم الأسود الفيزيائي

- يمكن تمثيل الجسم الأسود بثقب صغير في جدار حجرة.
- حيث ينعكس كل شعاع ضوئي يدخل الحجرة من خلال الثقب عدداً كبيراً من المرات قبل مغادرته لها
- كما يمكن أن تمتصَّه الجدرانُ عند كل انعكاس.
- فإذا كانت الجدران سوداء يبدو الثقب أكثر اسوداداً.



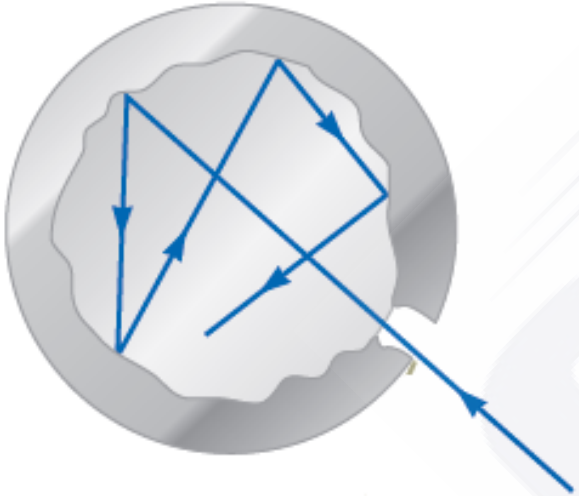
نموذج فيزيائي لجسم أسود يتكون من فتحة في حجرة (تجويف).

الجسم الأسود

نعرّف «إصدارية *emissivity*» سطح جسم معين $e(\lambda)$، بأنها تدل على جزء الإشعاع الذي يمتصه الجسم أو يصدره عند الطول الموجي λ.

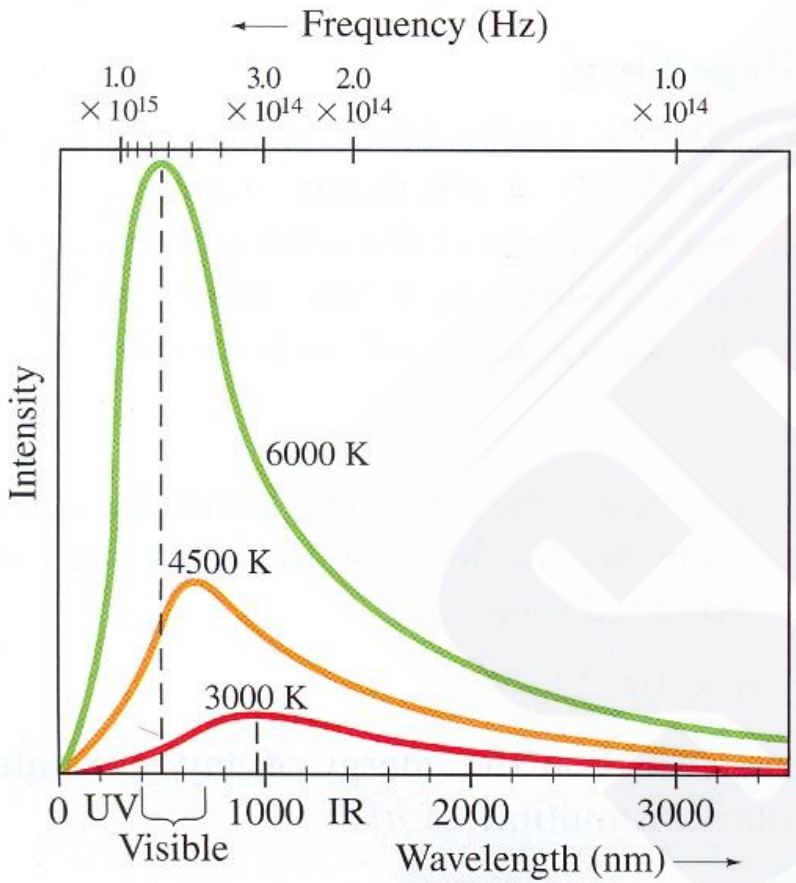
إصدارية السطح عند طول موجي معين تساوي الصفر عندما ينفذ منه كامل الإشعاع أو يرتد عنه عند ذلك الطول الموجي.

إصدارية السطح تساوي الواحد عند طول موجي معين عندما يمتصُّ كامل الإشعاع عند ذلك الطول الموجي.



نموذج فيزيائي لجسم أسود يتكون من فتحة في حجرة (تجويف).

تابع إشعاع الجسم الأسود



تابع إشعاع الجسم الأسود عند ثلاث درجات حرارة مختلفة.

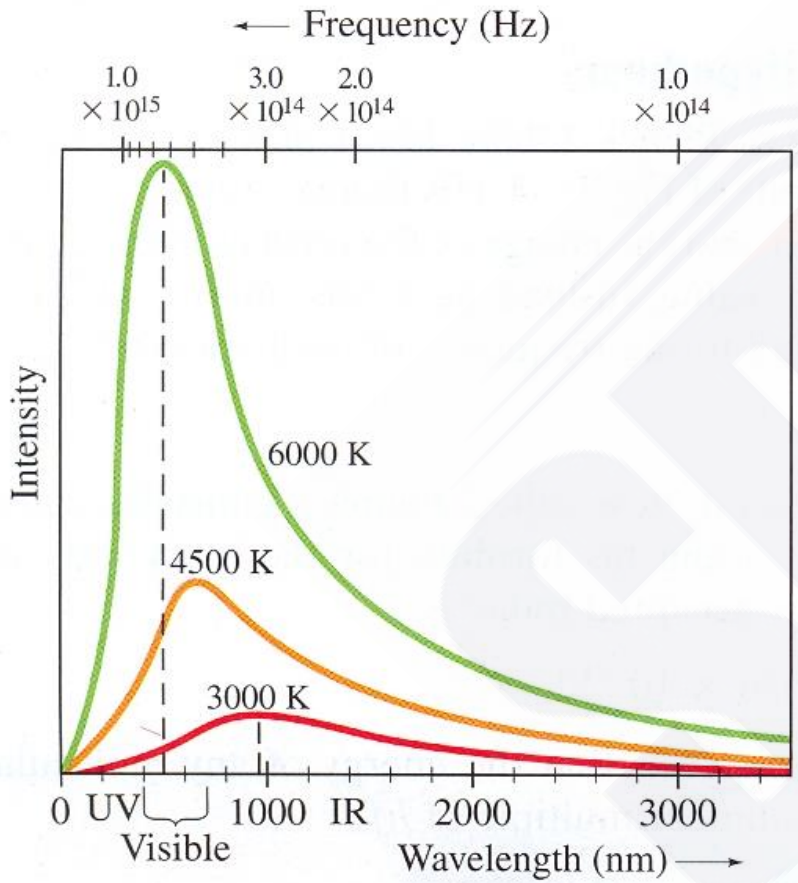
يطلق تابع إشعاع الجسم الأسود على تغير شدة الإشعاع بدلالة الطول الموجي.

تعرف شدة إشعاع الجسم الأسود بأنها الطاقة الصادرة من واحدة السطوح في الجسم في واحدة الزمن من أجل واحدة الطول الموجي. أي تقدر بالواحدة:

$$watt\,m^{-3}$$

ولو أنه غالباً ما يعبر عنها بوحدة الواط على السنتمتر المربع لكل مكرومتر.

تابع إشعاع الجسم الأسود



تابع إشعاع الجسم الأسود عند ثلاث درجات حرارة مختلفة.

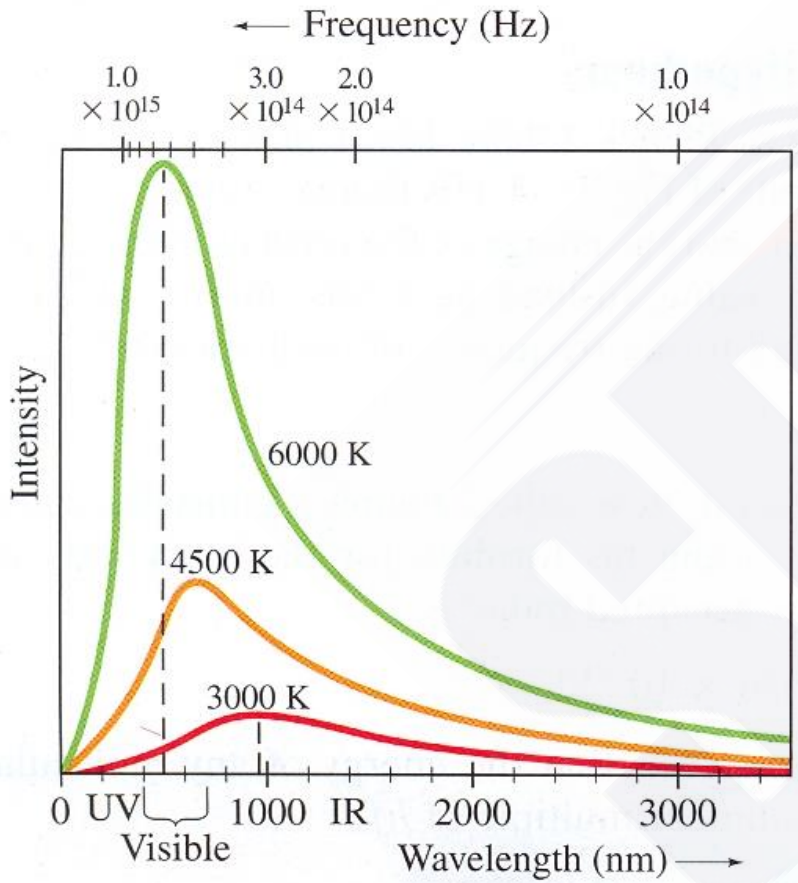
قانون استفان وبولتزمان:

$$W(Watt/m^2) = \sigma T^4$$

ثابت استفان وبولتزمان

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8}\ Watt\, m^{-2} K^{-4}$$

تابع إشعاع الجسم الأسود



تابع إشعاع الجسم الأسود عند ثلاث درجات حرارة مختلفة.

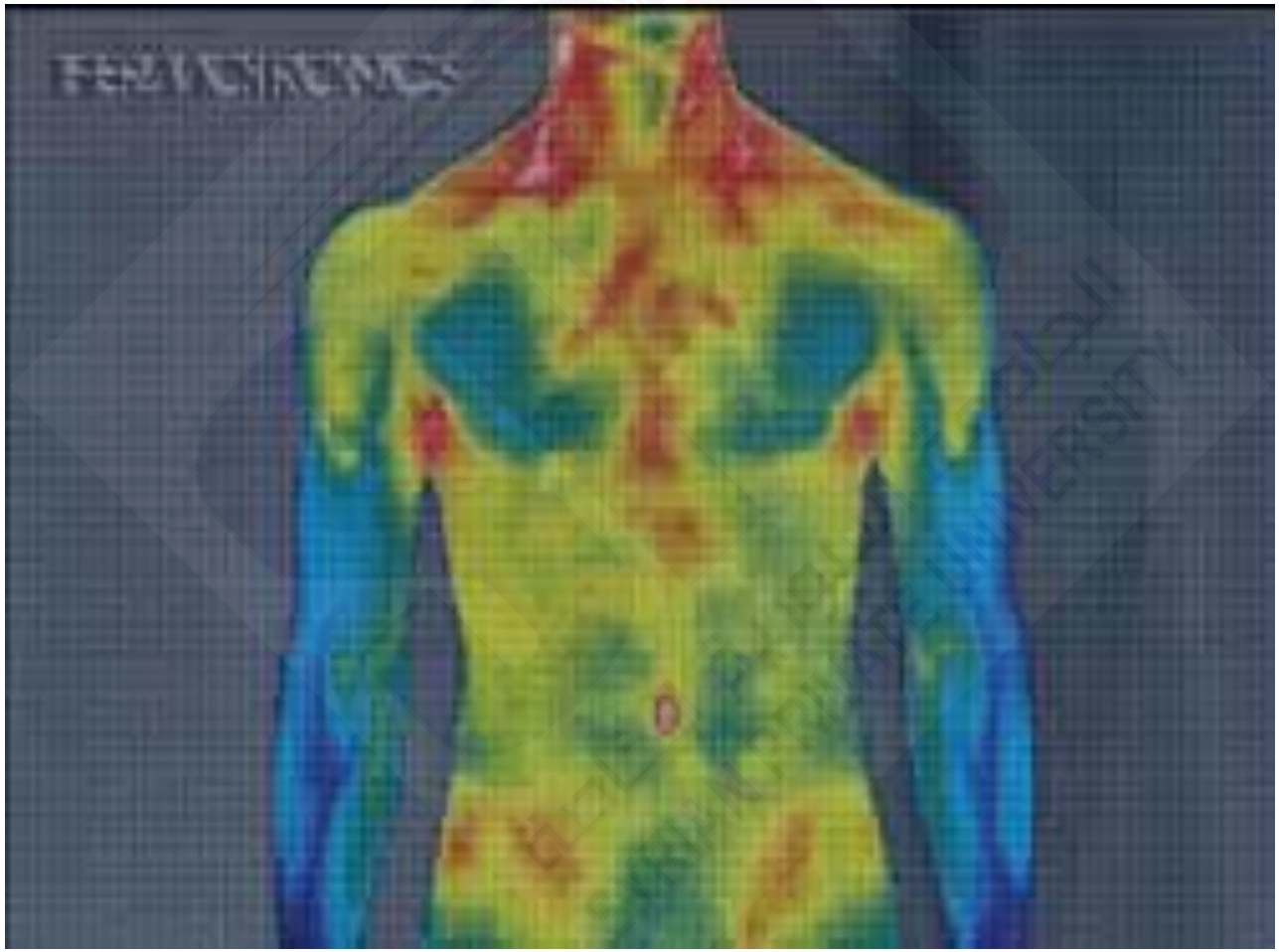
علاقة فين:

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2.9 \times 10^{-3}\, m^{o}K$$

$$T = \frac{2.9 \times 10^{-3}\, m^{o}K}{\lambda_{\max}}$$

الإشعاع الحراري الذي يصدر من الجسم نتيجة للعمليات الاستقلابية التي تجري في كل خلية من خلايا الجسم – اللون الأحمر يدل على درجات الحرارة الأعلى

الإشعاع الحراري الذي يصدر من الجسم – اللون الأزرق يدل على درجة الحرارة الأبرد



مجال إصدار وامتصاص جسم الإنسان كجسم أسود

- يقع إصدار وامتصاص جسم الإنسان في المجال تحت الأحمر

$$1\ \mu m \le \lambda \le 14\ \mu m$$

- إصدارية جسم الإنسان

$$e(\lambda) = 0.98 \pm 0.01$$

- الطول الموجي الذي يقابل نهاية الامتصاص العظمى لجسم الإنسان

$$\lambda_{max} = 9.6 \mu m$$

آليات فقدان الحرارة من الجسم

- الإشعاع
- النقل
- الحمل
- التبخر

آليات فقدان الحرارة من الجسم

- **الإشعاع**

التيار الحراري الإشعاعي الصادر من الجسم:

$$q = Ae\sigma T^4$$

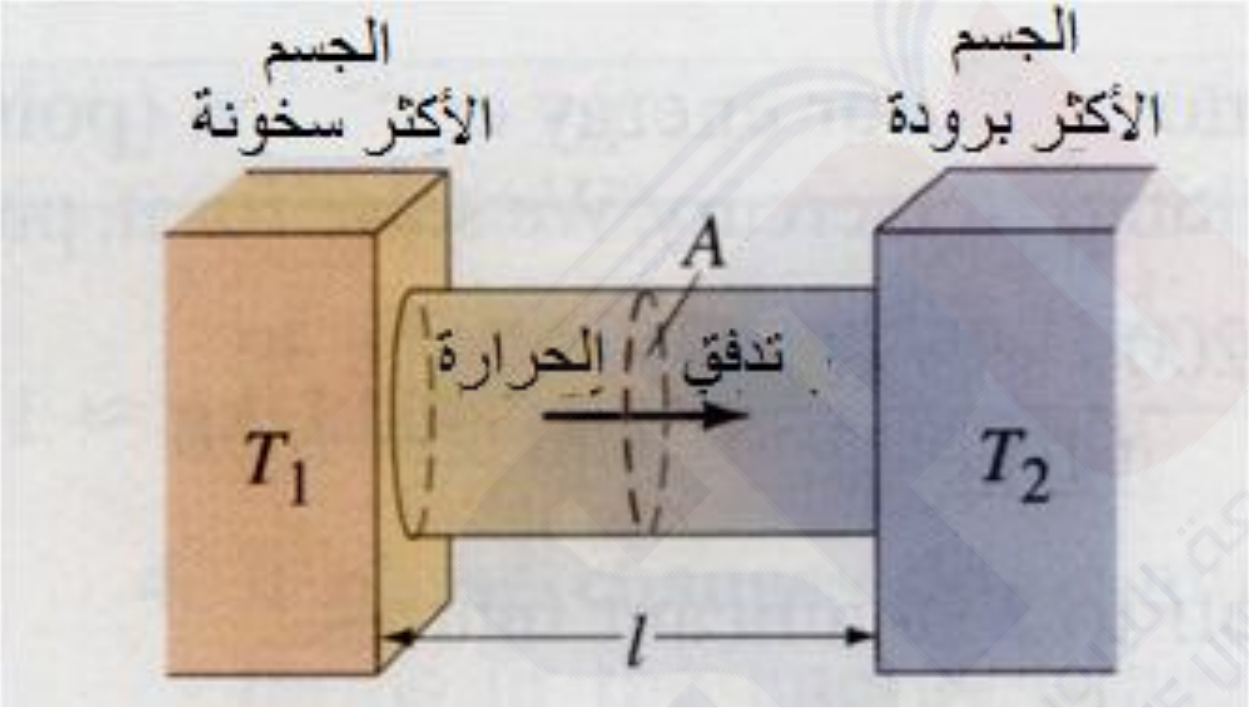
التيار الحراري الإشعاعي الذي يستقبله الجسم من الوسط المحيط:

$$q = Ae\sigma T_s^4$$

فيكون معدل الإشعاع الحراري الصافي:

$$q_{net} = Ae\sigma T^4 - Ae\sigma T_s^4 = Ae\sigma(T^4 - T_s^4)$$

آليات فقدان الحرارة من الجسم



- النقل

آلية النقل الحراري بين منبعين حراريين: منبع حار والآخر بارد يصل بينهما ناقل حراري.

$$q_k = \frac{Ak}{l}\left(T_{hot} - T_{cold}\right) = \frac{\Delta T}{l / Ak}$$

آليات فقدان الحرارة من الجسم

- الحمل

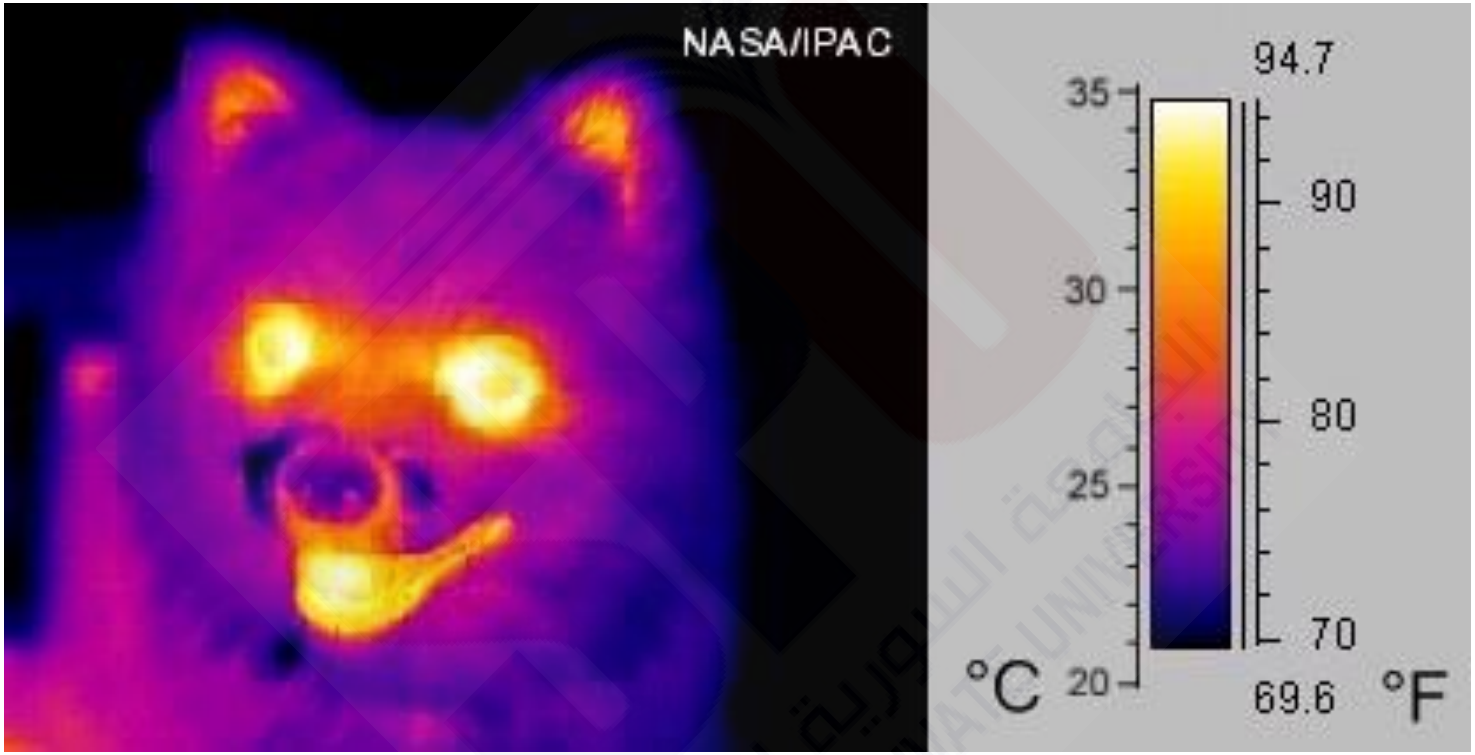
$$q_c = h_c \, A \;\; \Delta T \; (Watt)$$

آليات فقدان الحرارة من الجسم

- التبخر

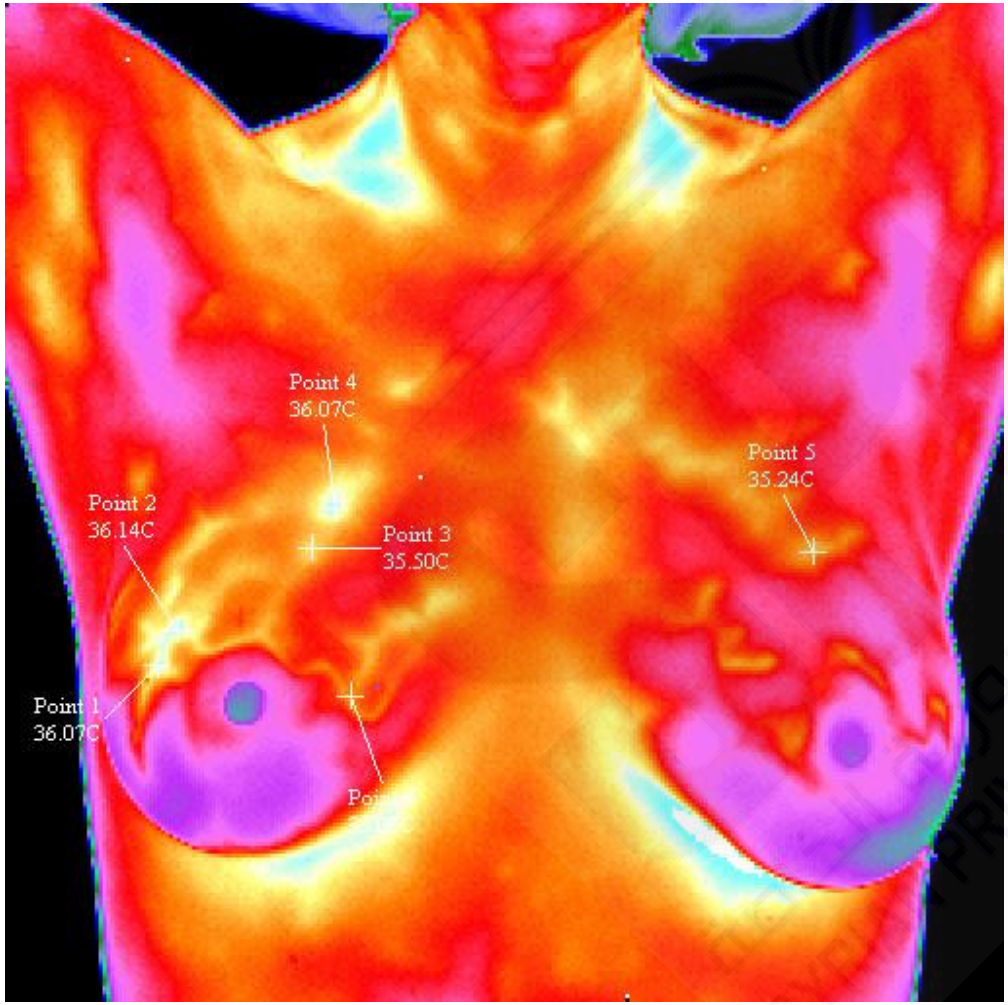
–إن التبخر *Evaporation* هي الطريقة الوحيدة المجدية للمحافظة على درجة حرارة الجسم الداخلية، في الصيف ولدى القيام بجهد فيزيائي كبير. فهو يسمح بتجنب زيادة تسخين العضوية. ويستطيع الإنسان بفضل ملايين الغدد العرقية أن يفرّغ نحو 500Watt.

التصوير الحراري



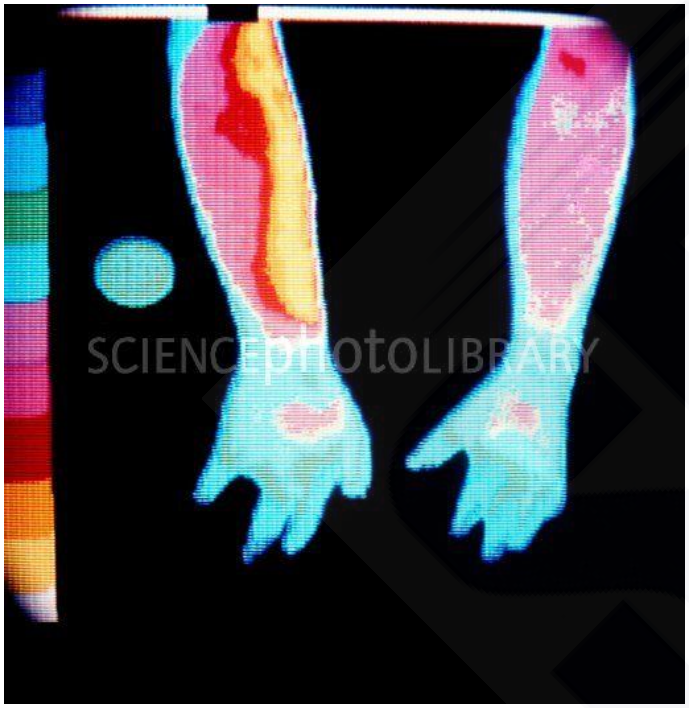
صورة للإشعاع تحت الأحمر الصادر من مختلف أجزاء الجسم بالألوان الاصطناعية.
تكون شدة الإصدار أكبر ما يمكن (الأبيض) من المناطق ذات الحرارة الأعلى، ويكون الإصدار ضعيفاً من المناطق ذات درجة الحرارة الأخفض

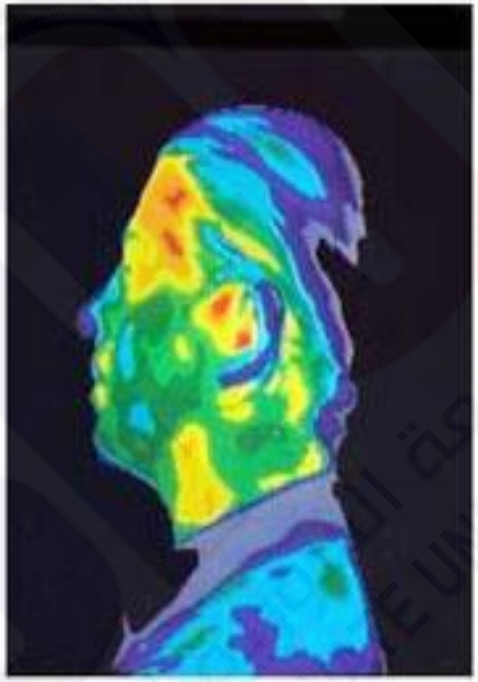
التصوير الحراري

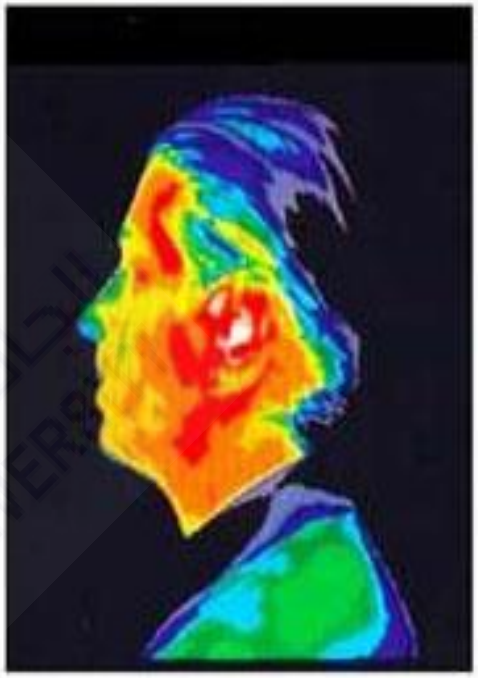


مريضة مصابة بالسرطان في الثدي الأيمن. لاحظ موقع درجة الحرارة العظمى.

التصوير الحراري



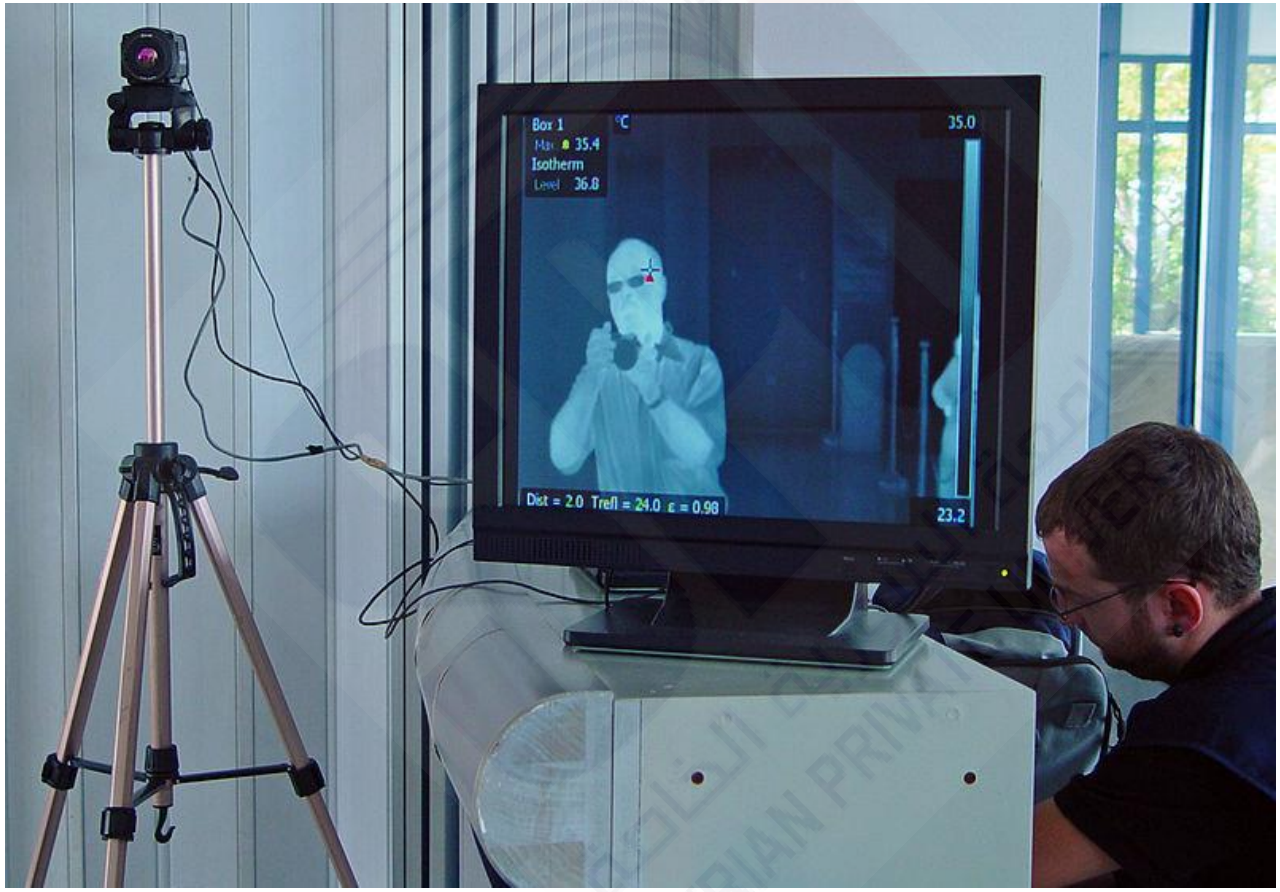




مخطط حراري ليدي شخص سليم بعد تدخين سيكارة يظهر فيها انخفاض درجة الحرارة بسبب ضعف جريان الدم الذي يرافق التدخين.

إلى اليسار صورة حرارية طبيعية، إلى اليمين صورة حرارية للشخص نفسه بعد أن تحدث مدَّةَ خمس عشرة دقيقة باستخدام الهاتف النقال

التصوير الحراري



مصوِّرة حرارية وشاشة في وحدة مراقبة في مطار في اليونان. يمكن للتصوير الحراري أن يكشف عن الحمى أحد أعراض أنفلونز الطيور.

التصوير الحراري

نتائج التصوير بإشعاع تحت أحمر فعال (الشكل الأيمن) ومن دونه (الأيسر)