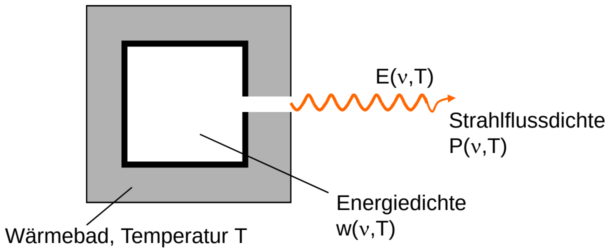
2-3 / 1 Schwarzkörperstrahlung

"It's black, and it looks like a hole.
I'd say it's a black hole."

2-3 / 2 Schwarzkörperstrahlung

Thermische Strahlung:

- Beobachtung:
  Farbe heißer Körper hängt von Temperatur ab.
- „Schwarzer Strahler“:
  Hohlraum in dem emittierte Strahlung im thermischen Gleichgewicht mit Wänden ist, die die Strahlung emittieren und absorbieren.
- Realisierung:

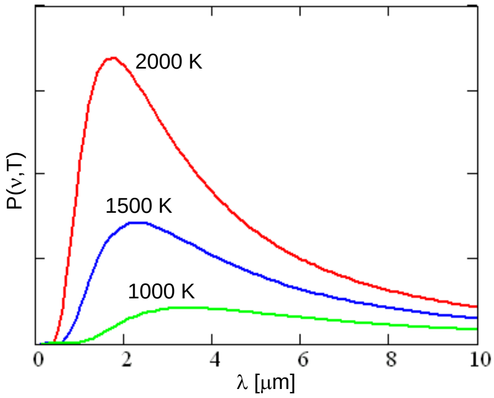


2-3 / 3 Energieverteilung der Schwarzkörperstrahlung

Quantitative Beschreibung:

Spektrale Energiedichte: $w(\nu,T)d\nu = \dfrac{\text{Strahlungsenergie zw.}\,\nu\ \ldots\ \nu+\mathrm{d}\nu}{\text{Volumen}}$

Spektrale Strahlflussdichte: $P(\nu,T)d\nu = \dfrac{\text{Strahlungsleistung zw.}\,\nu\ \ldots\ \nu+\mathrm{d}\nu}{\text{Raumwinkel}\cdot\text{Fläche}}$



2-3 / 4 Energieverteilung der Schwarzkörperstrahlung

Frequenzabhängigkeit der Strahlungsleistung bei Temperatur T:

- Teilergebnisse:
  - Stefan-Boltzmann-Gesetz:

    $$\int_0^\infty P(\nu,T)d\nu = \sigma\cdot T^4$$

    Stefan-Boltzmann-Konstante $\sigma = 5.6705\cdot 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$
  - Wiensches Verschiebungsgesetz:

    Wellenlänge bei der $P(\lambda,T)d\lambda$ maximal: $\lambda_{\max} = \dfrac{0.29\,cm\cdot K}{T}$
  - Rayleigh-Jeans Gesetz (Grenzfall kleiner Frequenzen):

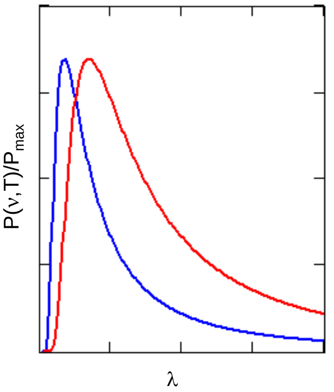
    senkrecht abgestrahlte Leistung $P(\nu,T) = 2\dfrac{\nu^2}{c^2}kT$

    bzw. $w(\nu,T) = \dfrac{8\pi\nu^2}{c^3}kT$

2-3 / 5 CT Wärmespektrum

Mit einem Spektrometer wurden die nebenstehenden, auf die Maximal-intensität normierten Spektren für eine Metallprobe gemessen. Das Referenzspektrum (rote Kurve) entspricht einer Temperatur von 1000 K. Welche Temperatur hatte die Probe bei der Aufnahme des zweiten Spektrums (blaue Kurve)?

1. 250 K
2. 500 K
3. 1500 K
4. 2000 K
5. 4000 K
6. Es ist keine Aussage möglich



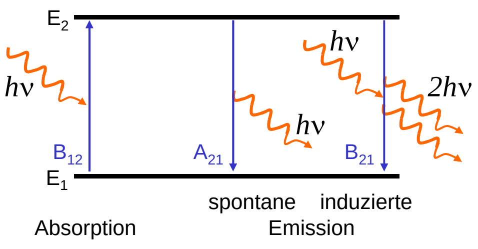
2-3 / 6 Plancksche Strahlungformel

Annahmen Planck:

- elektromagnetische Schwingungszustände = Oszillatoren
- Oszillatoren können nur diskrete Energiewerte annehmen:
  $E = n \cdot h \cdot \nu; \quad n = 0, 1, 2 \ldots$
  d.h. Strahlungsfeld kann Energie nur in Quanten der Größe $h \cdot \nu$ abgeben oder aufnehmen.
- Anzahl der möglichen Oszillationszustände („Moden") des elektromagnetischen Feldes im Hohlraum mit Volumen V mit Frequenzen zwischen $\nu \ldots d\nu$ ist (klassische Elektrodynamik):

$$dZ = \frac{8\pi V \nu^2}{c^3} d\nu$$

- thermisches Gleichgewicht
  → Boltzmann-Verteilung



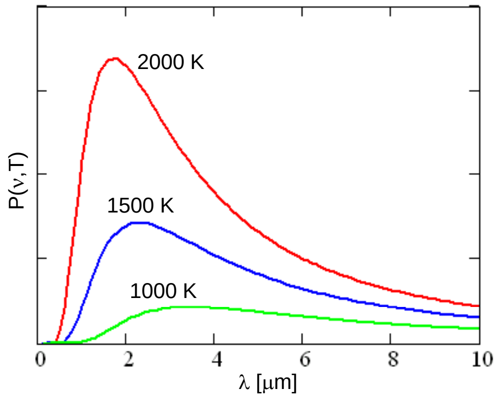
2-3 / 7 Plancksche Strahlungsformel

Frequenzabhängigkeit der Strahlungsleistung bei Temperatur T:

$$P(\nu,T)\,d\nu = \frac{2h\nu^3\,d\nu}{c^2\left[\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right)-1\right]}$$

$$\boxed{w(\nu,T)\,d\nu = \frac{8\pi h\nu^3\,d\nu}{c^3\left[\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right)-1\right]}}$$

$$w(\lambda,T)\,d\lambda = \frac{8\pi hc\,d\lambda}{\lambda^5\left[\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right)-1\right]}$$

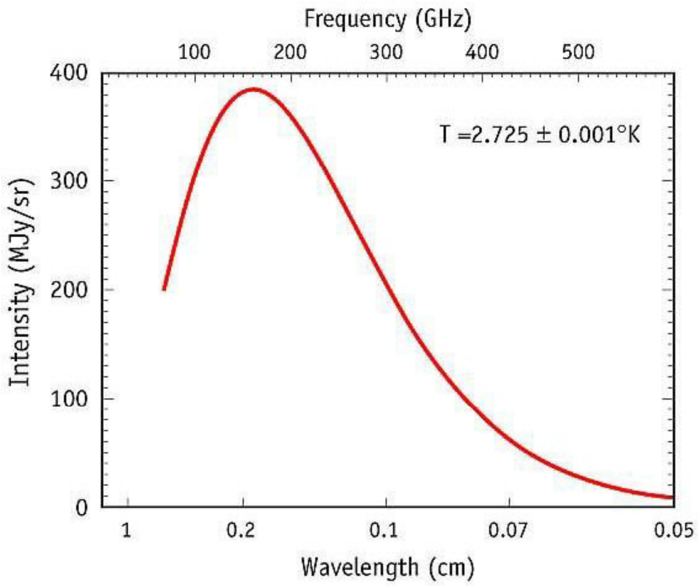


2-3 / 8 CT Stimulierte Emission

Laser beruhen auf der stimulierten Emission in bestimmte Moden des Strahlungsfelds. In welchem Bereich des elektromagnetischen Spektrums sollten sich Laser daher besonders einfach realisieren lassen?

1. Mikrowellen
2. Infrarotstrahlung
3. Sichtbares Licht
4. Ultraviolettes Licht

Beispiel: kosmische Hintergrundstrahlung



http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/cobe/firas_spect.cfm