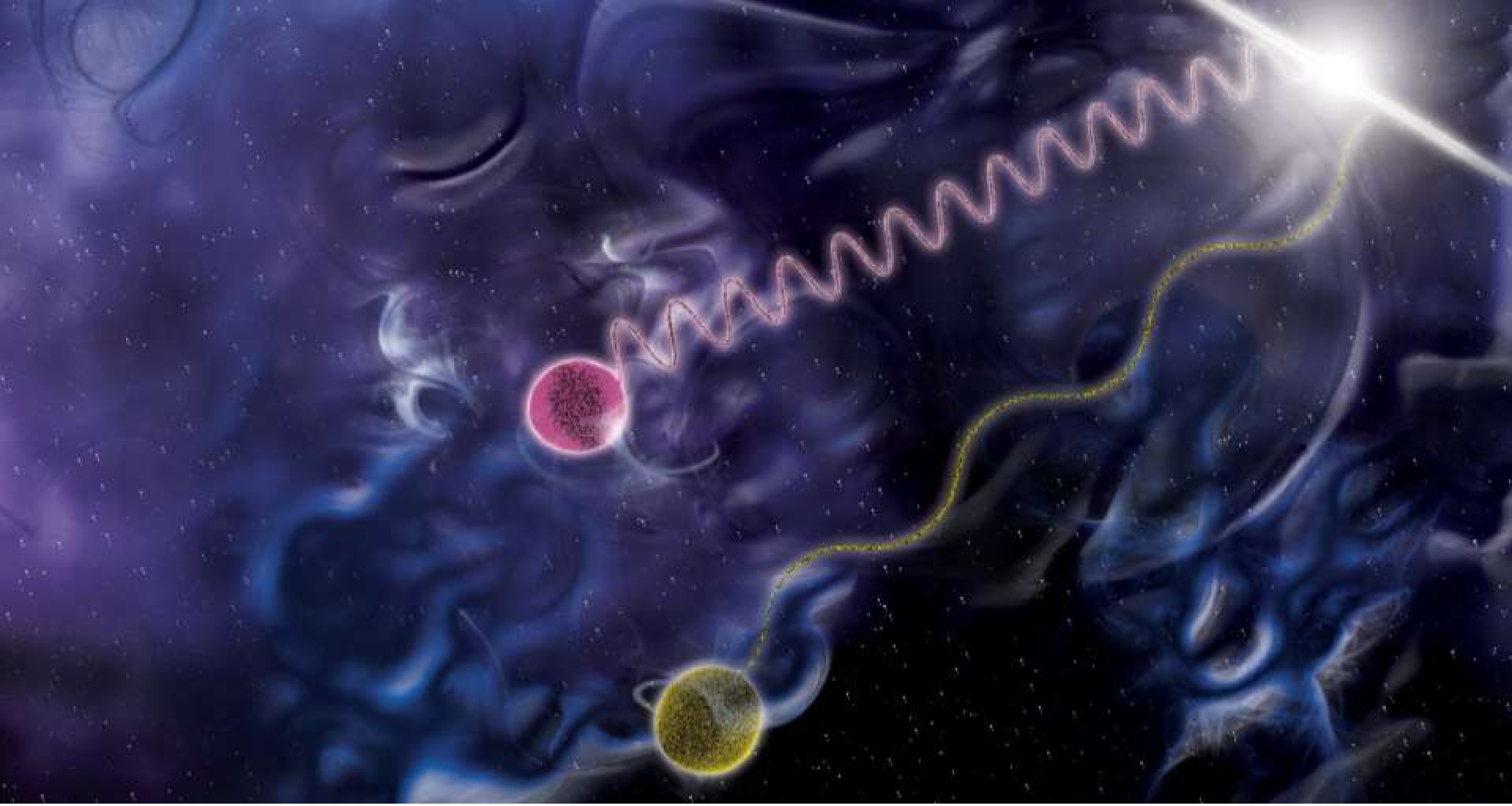


第22章 早期量子论

本章作业

课本241页：

2, 4, 6, 8, 10, 11, 15, 19 **(共8题)**

第19题 "λ=0.5 μm" 改成 "λ=0.5 nm"

注意

- 作业用A4纸, 不抄题, 有题号
- 选择&填空题要有解题过程

➤热辐射

- 物体内的分子、原子受到热激发而发射电磁波的现象

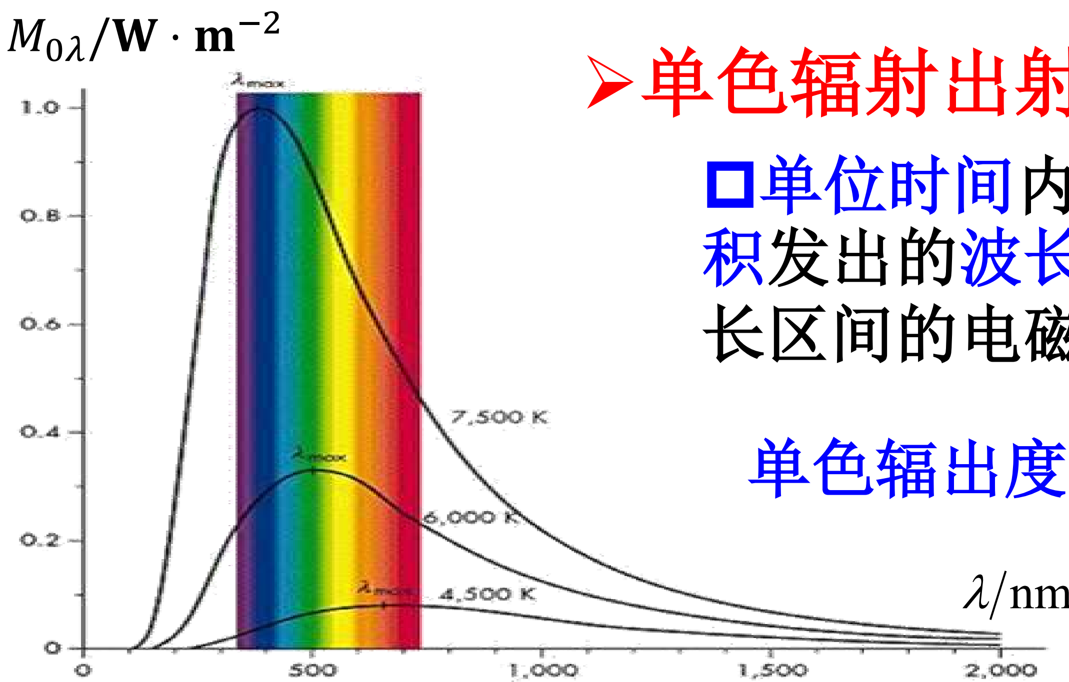
- 辐射波的能量集中的波长范围随温度而不同

辐出度

➢辐射出射度(辐出度)

- 单位时间、单位面积上所辐射出的各种波长的电磁波的能量总和

$$M(T)=\int_0^{\infty} M_{\lambda}(T)\mathrm{d}\lambda$$



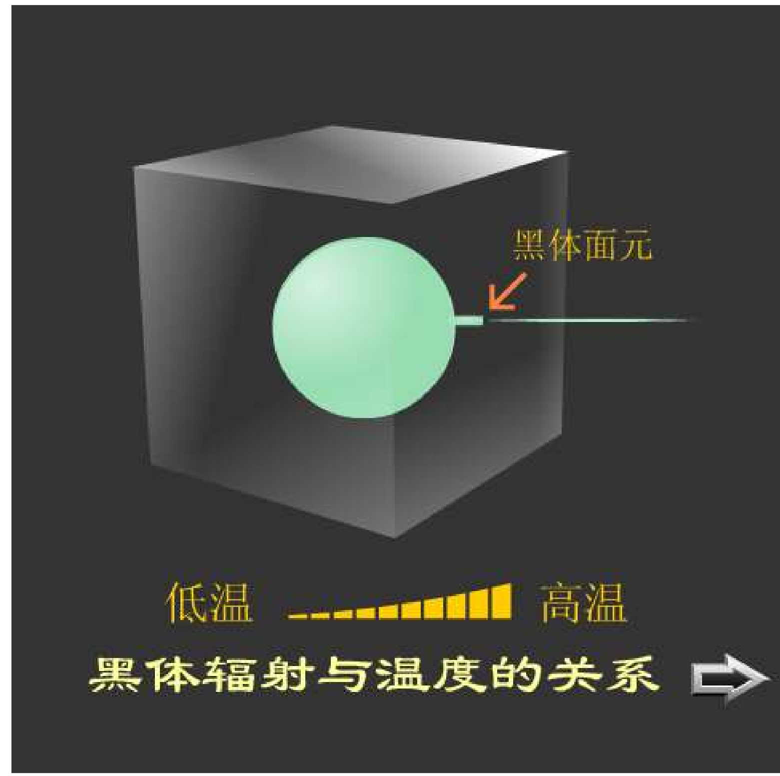
➢单色辐射出射度

- 单位时间内从物体单位表面积发出的波长在 λ 附近单位波长区间的电磁波的能量

单色辐出度 $M_{\lambda}(T)$　单位：$\mathrm{W}\cdot\mathrm{m}^{-2}$

黑体辐射

➢**黑体：** 能完全吸收照射到它上面的各种频率的电磁辐射的物体，**黑体是理想模型**。



单色吸收率

➢**单色吸收率：** 温度为T时，物体吸收的在 $\lambda \sim \lambda + d\lambda$ 区间内的能量与该区间内入射能量之比 $\alpha(\lambda, T)$。

黑体： $\alpha(\lambda, T) = 1$

➢ **基尔霍夫定律**

在相同温度下，所有物体对相同波长的单色辐出度与单色吸收率的比值都相等，且等于在该温度下黑体对同一波长的单色辐出度 $M_{0\lambda}(\lambda, T)$。

$$\frac{M_{1\lambda}(\lambda, T)}{\alpha_1(\lambda, T)} = \frac{M_{2\lambda}(\lambda, T)}{\alpha_2(\lambda, T)} = \cdots = M_{0\lambda}(\lambda, T)$$

黑体辐射的实验规律

➤斯特藩–玻尔兹曼定律

$$M_0(T)=\int_0^{\infty} M_{0\lambda}(T)\mathrm{d}\lambda=\sigma T^4$$

斯特藩–玻尔兹曼常量

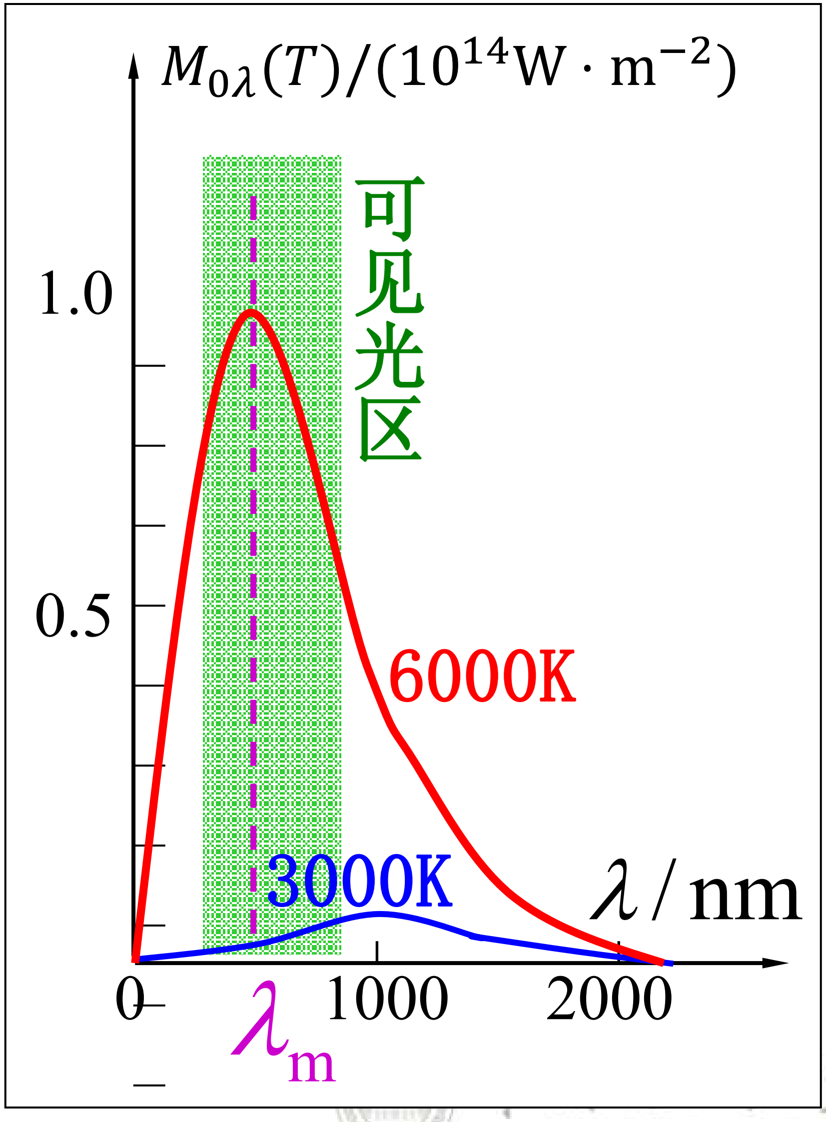
$$\sigma=5.670\times10^{-8}\,\mathrm{W\cdot m^{-2}\cdot K^{-4}}$$

➤维恩位移定律

$$\lambda_{\mathrm{m}}T=b$$

峰值波长

$$b=2.898\times10^{-3}\,\mathrm{m\cdot K}$$



例1

随着温度的升高，黑体的最大辐射能量将（　）。

A. 取决于周围环境

B. 不受影响

C. 向长波方向移动

D. 向短波方向移动

根据维恩位移定律 $\boxed{\lambda_{m} T = b}$

温度上升，峰值波长变短，选D

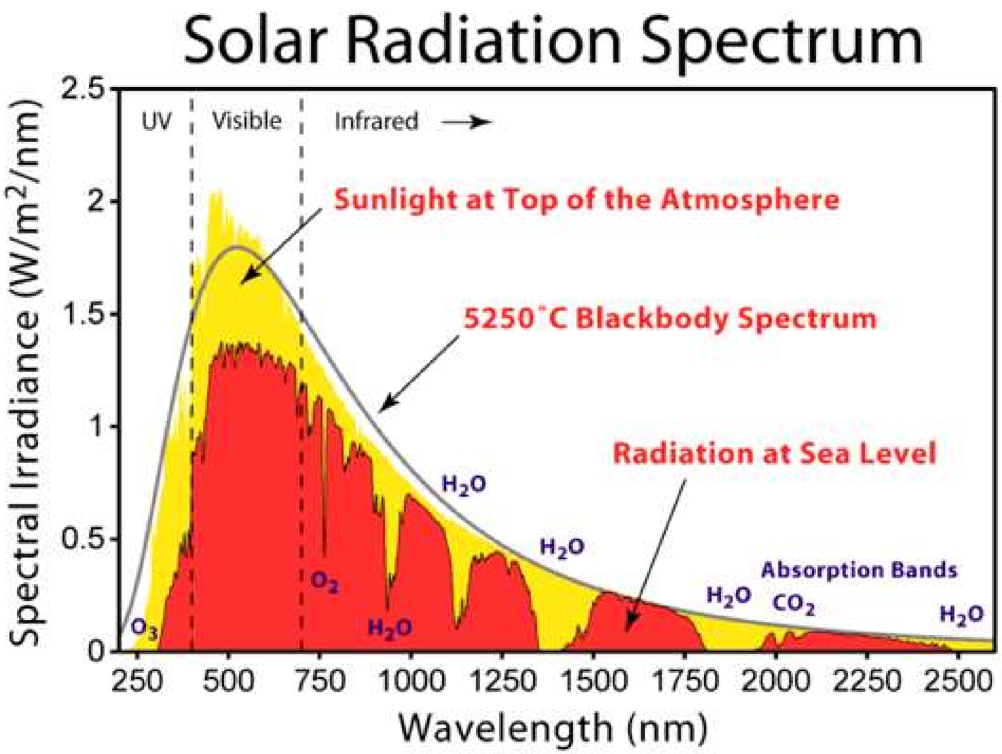
例2

太阳的单色辐出度的峰值波长 $\lambda_{\mathrm{m}} = 510\mathrm{nm}$，试由此估算太阳表面的温度（假设太阳可以看成黑体）。

解： 由维恩位移定律

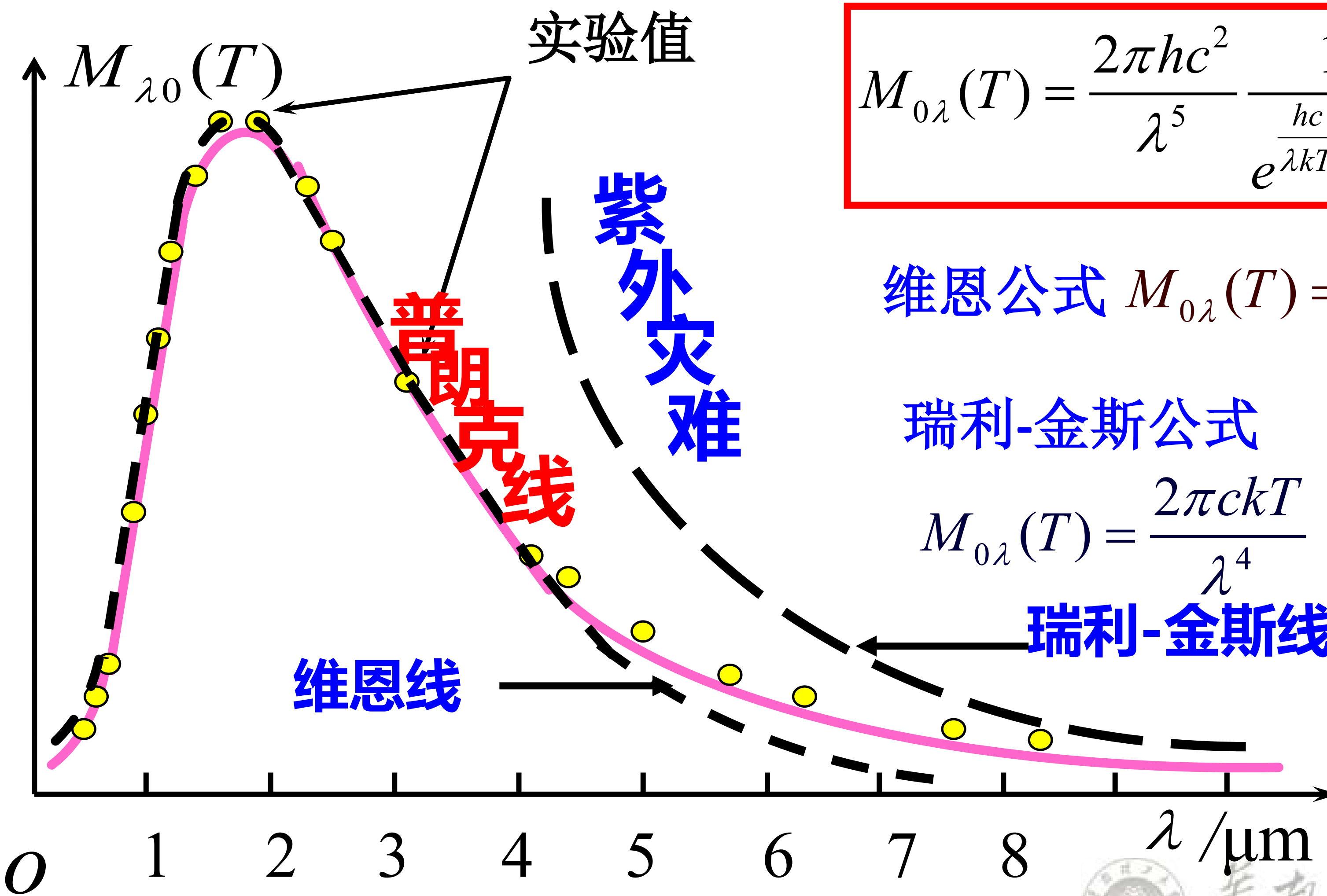
$$T = \frac{b}{\lambda_{\mathrm{m}}} = \frac{2.898\times10^{-3}}{510\times10^{-9}}\mathrm{K}$$

$$\approx 5700\mathrm{K}$$



对宇宙中其他发光星体的表面温度也可用这种方法进行推测

黑体辐射公式



普朗克黑体辐射公式

$$\boxed{M_{0\lambda}(T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5}\frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}}-1}}$$

维恩公式 $M_{0\lambda}(T) = \dfrac{c_1}{\lambda^5}e^{-\frac{c_2}{\lambda T}}$

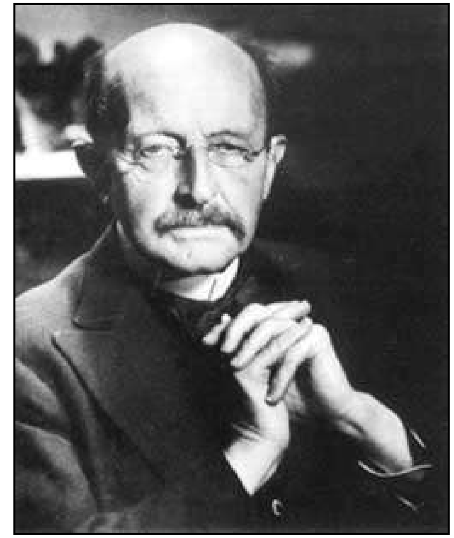
瑞利-金斯公式

$$M_{0\lambda}(T) = \frac{2\pi ckT}{\lambda^4}$$

普朗克假设

普朗克(1858—1947)

德国理论物理学家，量子论的奠基人。 1900年，他提出了普朗克黑体辐射公式和能量的量子化假设：



黑体中电子的振动可视为一维谐振子，它吸收或者发射电磁辐射能量时，其辐射能量是不连续的，只能取某一最小能量的整数倍。

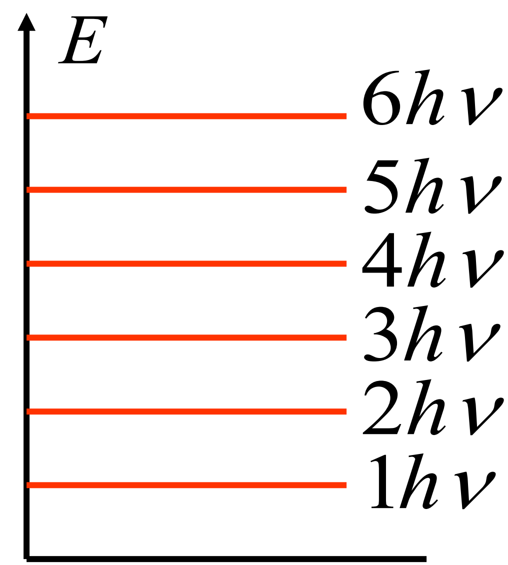
能量子 $\varepsilon = h\nu$

普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}$

- 黑体的谐振子吸收或发射能量为

$$E_n = nh\nu \quad (n = 1, 2, 3, \cdots)$$

量子数



例3

一个质量m=0.3kg 的弹簧振子，振幅为A=10cm，劲度系数为k=3.0N/m，根据普朗克能量子假设，此系统的量子数n是多少？量子数改变1时，其能量变化的百分比多大？

解：弹簧振子的振动频率为 $\upsilon=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{3.0}{0.3}}=0.5(\mathrm{Hz})$

能量为 $E=\frac{1}{2}KA^2=\frac{1}{2}\times3\times0.1^2=1.5\times10^{-2}(\mathrm{J})$

$$\varepsilon=h\upsilon=6.63\times10^{-34}\times0.5=3.3\times10^{-34}(\mathrm{J})$$

此弹簧振子的量子数：$n=\frac{E}{h\upsilon}=\frac{1.5\times10^{-2}}{3.3\times10^{-34}}=45\times10^{30}$

量子数改变1时，其能量变化的百分比为：$\frac{\Delta E}{E}=\frac{h\upsilon}{nh\upsilon}=\frac{3.3\times10^{-34}}{1.5\times10^{-2}}=2.2\times10^{-32}$