

工程热力学与传热学A

孔文俊

北京航空航天大学宇航学院

2024年5月31日

目录

- 第十章 传热学绪论
- 第十一章 稳态导热
- 第十二章 非稳态导热
- 第十三章 对流换热
- 第十四章 热辐射基本定律和物体的辐射特性
- 第十五章 传热过程分析与换热器计算



第 14 章 热辐射基本定律和物体的辐射特性

14.1 热辐射现象的基本概念

14.2 黑体辐射的基本定律

14.3 固体和液体的辐射特性

14.4 实际物体对辐射能的吸收与辐射的关系

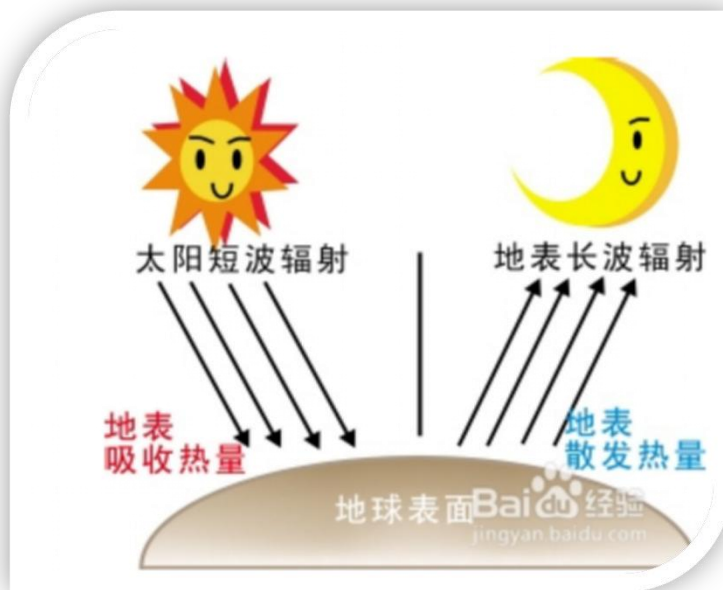
- 能够认识热辐射的本质及辐射能传递过程中的基本特性；
- 掌握黑体辐射的基本定律，包括普朗克定律、波尔兹曼定律、兰贝特定律；
- 理解实际固体和液体的辐射特性，掌握热辐射过程中的基本概念。

8.1 热辐射现象的基本概念

14.1 热辐射现象的基本概念

1 热辐射的特性

- 辐射 (radiation) : 物体**通过电磁波**来传递能量的方式。
- 热辐射: 由于物体内部微观粒子的热运动状态改变, 而将部分**内能转换成电磁波的能量发射**出去的现象。
- 辐射换热



太阳热辐射

14.1 热辐射现象的基本概念

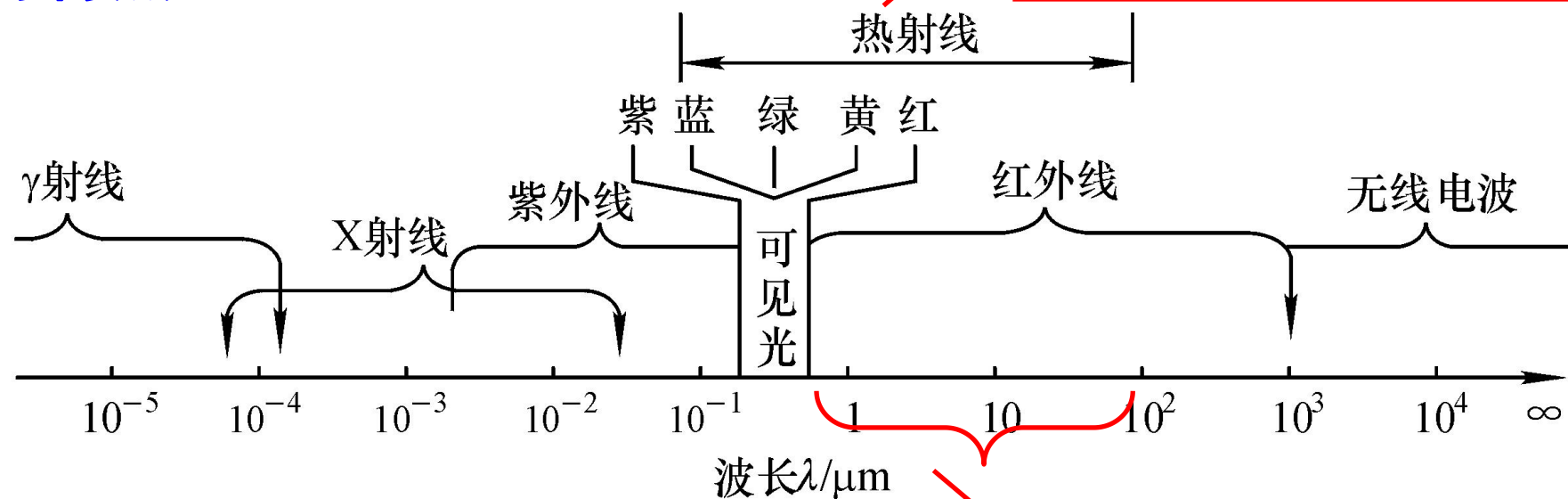
1 热辐射的特性

■ 热辐射的特点

- a 任何温度高于0 K的物体就会发出热辐射；
(导热和对流需要温度梯度)
- b 可以在真空中传播，在真空中传播效率最高；
(导热和对流需要直接接触，依靠介质微观/宏观运动)
- c 伴随能量形式的转变和转移； 热力学能-电磁波能-热力学能
- d 具有强烈的方向性；
- e 辐射能与温度和波长均有关；
- f 发射辐射取决于温度的4次方。
(导热和对流与温度梯度的1次方有关)

14.1 热辐射现象的基本概念

1 热辐射的特点



太阳辐射包括在内，热辐射
波长放宽为 $0.1-100 \mu\text{m}$

紫外线: $10^{-2} < \lambda < 0.38 \mu\text{m}$

可见光: $0.38 < \lambda < 0.76 \mu\text{m}$

红外线: $0.76 < \lambda < 100 \mu\text{m}$

热辐射: $0.10 < \lambda < 100 \mu\text{m}$

工业上有实际意义的热辐射
区域 $0.8-100 \mu\text{m}$ ，热辐射

太阳辐射: $0.2 < \lambda < 2 \mu\text{m}$

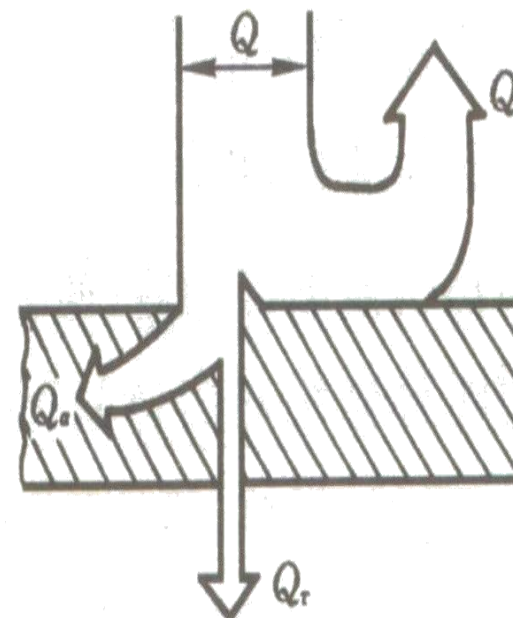
14.1 热辐射现象的基本概念

2 物体表面对热辐射的作用

当热辐射投射到物体表面上时，一般会发生三种现象，即**吸收**、**反射**和**穿透**，如图。

$$Q = Q_{\alpha} + Q_{\rho} + Q_{\tau} \Rightarrow \frac{Q_{\alpha}}{Q} + \frac{Q_{\rho}}{Q} + \frac{Q_{\tau}}{Q} = 1$$

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$



物体对热辐射的吸收反射和穿透

Q —单位时间内投射到物体表面上的全波长范围内的辐射能。

$$\alpha = \frac{Q_{\alpha}}{Q}$$

吸收比

$$\rho = \frac{Q_{\rho}}{Q}$$

反射比

$$\tau = \frac{Q_{\tau}}{Q}$$

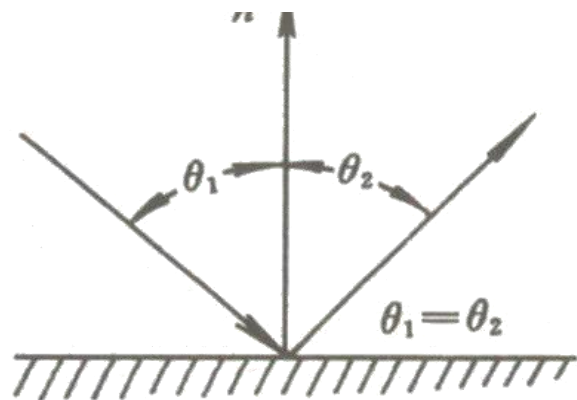
透射比

14.1 热辐射现象的基本概念

2 物体表面对热辐射的作用

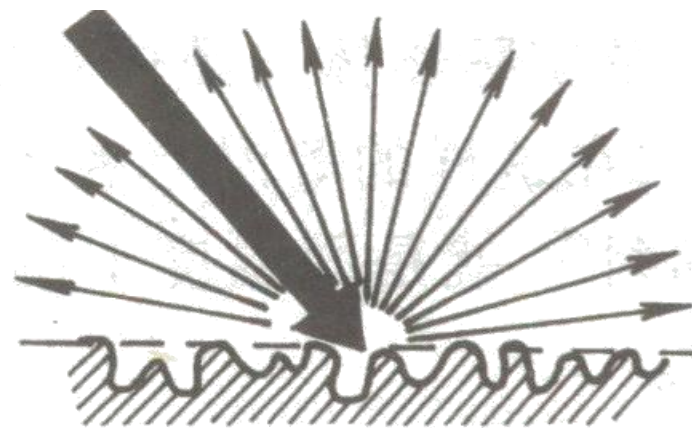
■ 对于大多数的固体和液体： $\tau = 0, \alpha + \rho = 1$

- 热射线的吸收和反射几乎都在表面进行；
- 物体全波长辐射特性与投射过来的辐射能按波长分布和表明不平整度尺寸有关。



镜反射

表面的不平整尺寸小于投入辐射的波长，
入射角等于反射角



漫反射

表面的不平整尺寸大于投入辐射的波长，某一方向投射
而向各个方向反射

14.1 热辐射现象的基本概念

2 物体表面对热辐射的作用

- 对于不含颗粒的气体: $\rho = 0, \alpha + \tau = 1$
- 气体的吸收和辐射是在整个气体容积中进行的;
- 气体的吸收和穿透特性与气体内部特性有关, 与其表面状况无关。

黑体: $\alpha = 1$

镜体或白体: $\rho = 1$

透明体: $\tau = 1$