

❖ §12-1 热辐射的基本概念

❖ §12-2 黑体辐射基本定律

❖ §12-3 两物体表面间的辐射换热计算

❖ §12-4 气体辐射

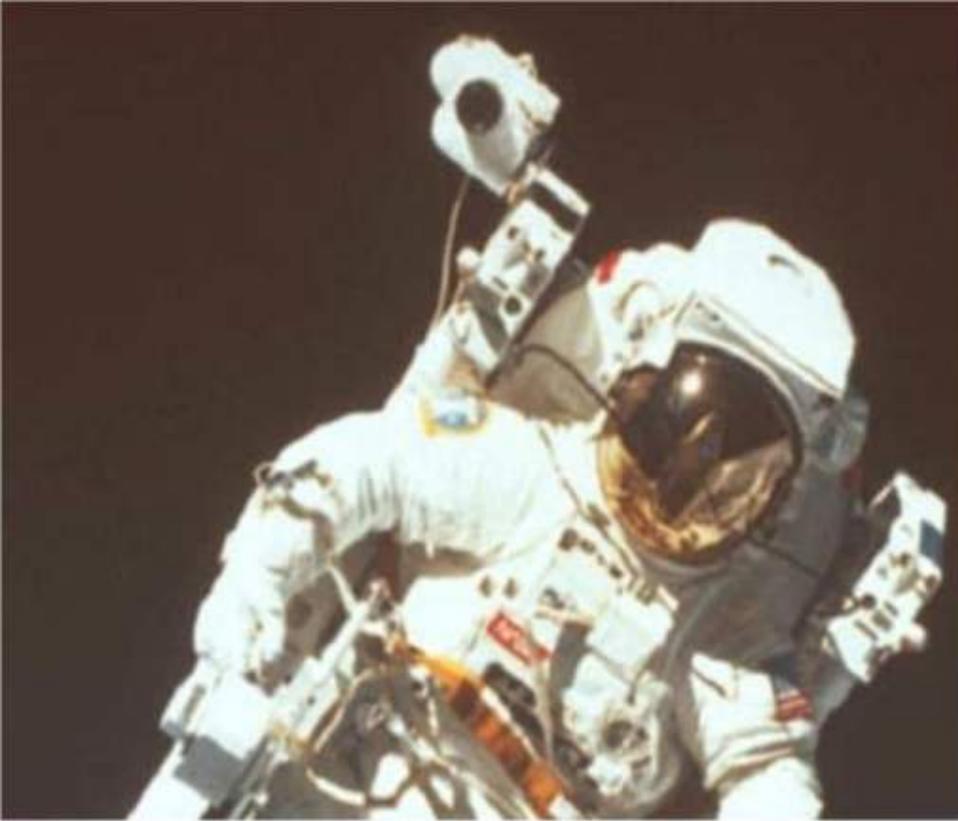
总体要求：

定性：热辐射基本概念，黑体辐射基本定律，实际物体的辐射特性及基耳霍夫定律；辐射换热的强化与削弱。

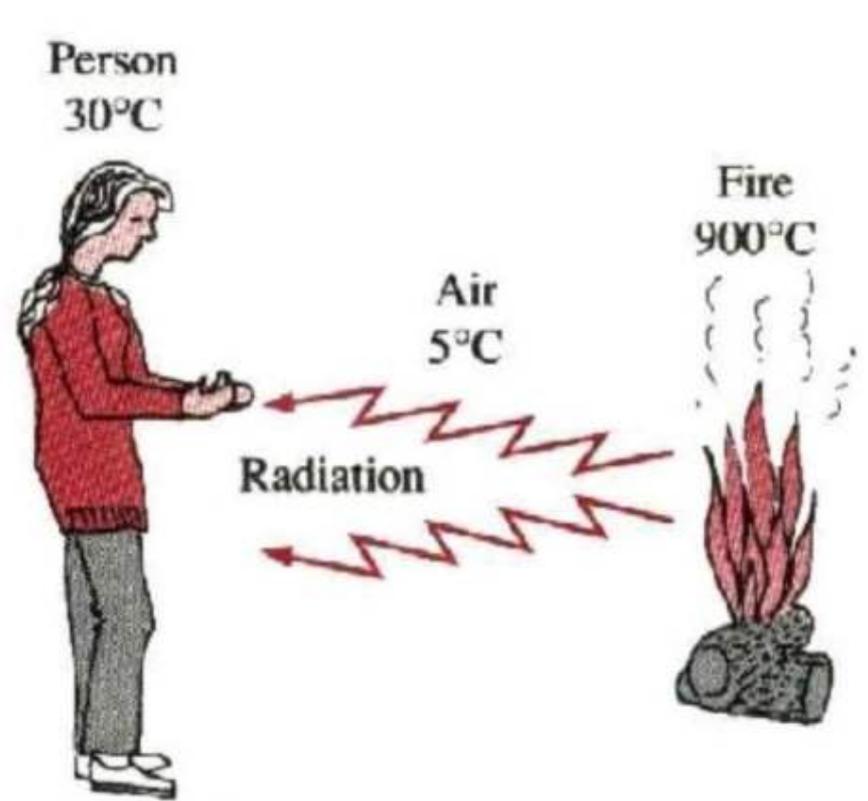
定量：利用黑体辐射基本定律及黑体辐射换热函数求解辐射换热问题。

第十二章 辐射换热

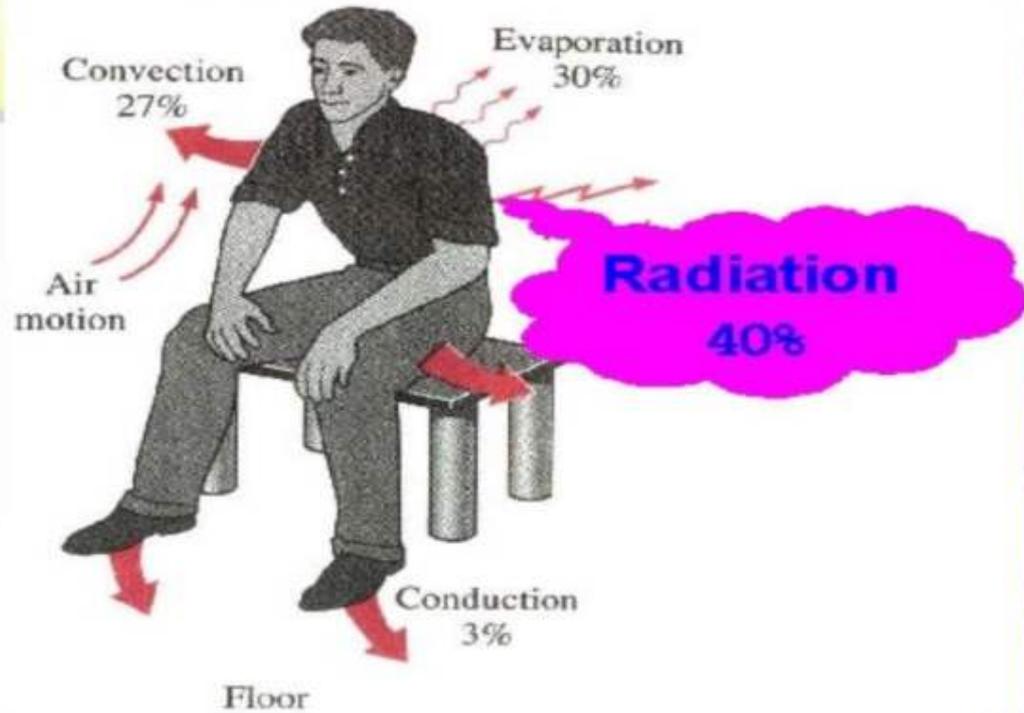
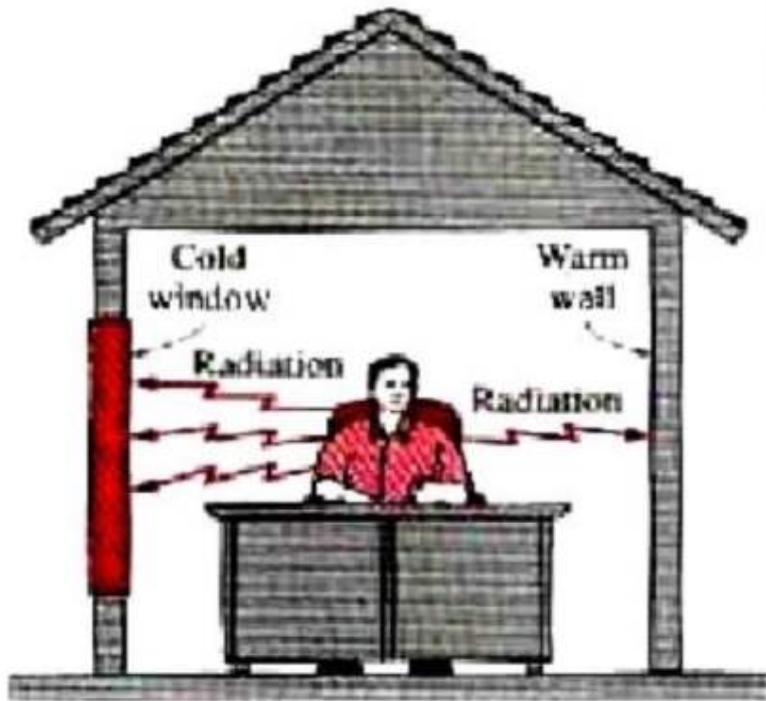
热辐射是热传递的三种基本方式之一，它是由电磁波来传递能量的现象，与导热和对流有着本质的区别。辐射换热是互不接触的物体之间通过相互辐射进行热交换的过程。



由于太空的超真空环境是天然的热绝缘体，使其高温外壁不易冷却，而辐射几乎是唯一的散热方式



辐射通过低温区向人体传热



人体与墙壁间的传热方式主要是辐射

辐射换热应用背景介绍

物体通过电磁波来传递能量的方式叫**辐射**。自然界中各个物体不停地向空间发出**热辐射**，同时又不断地吸收其它物体发出的**热辐射**。**辐射与吸收过程的综合结果**就造成了以**辐射方式**进行的物体间的**热量传递——辐射换热**。



传统工业中的**辐射换热问题**

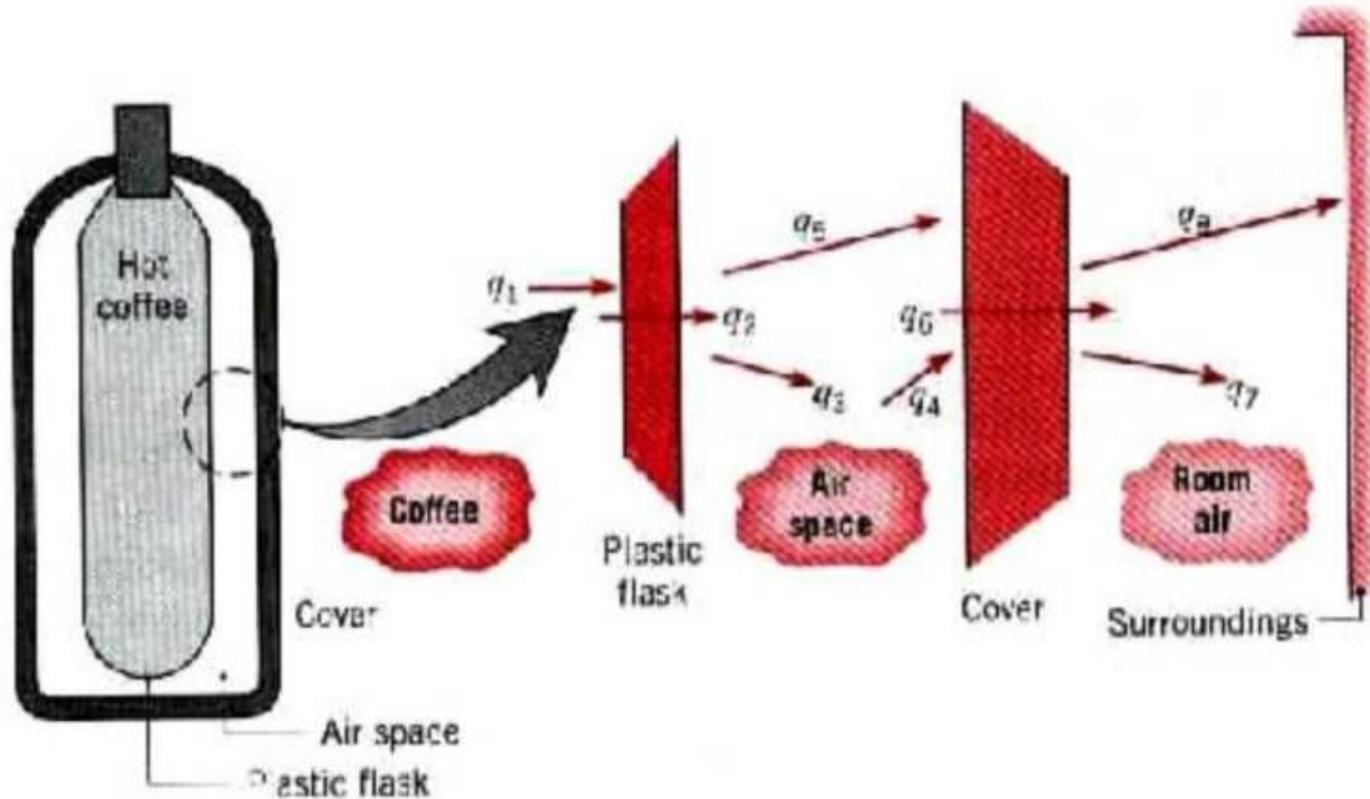


太阳能**热水器**是典型的利用**辐射换热**原理

§ 12-1 热辐射的基本概念

一、辐射的概念及特点

1 定义：由热运动产生的，以电磁波形式传递的能量



保温瓶的散热——保温瓶夹层中主要依靠辐射传热

2 辐射换热基本特点:

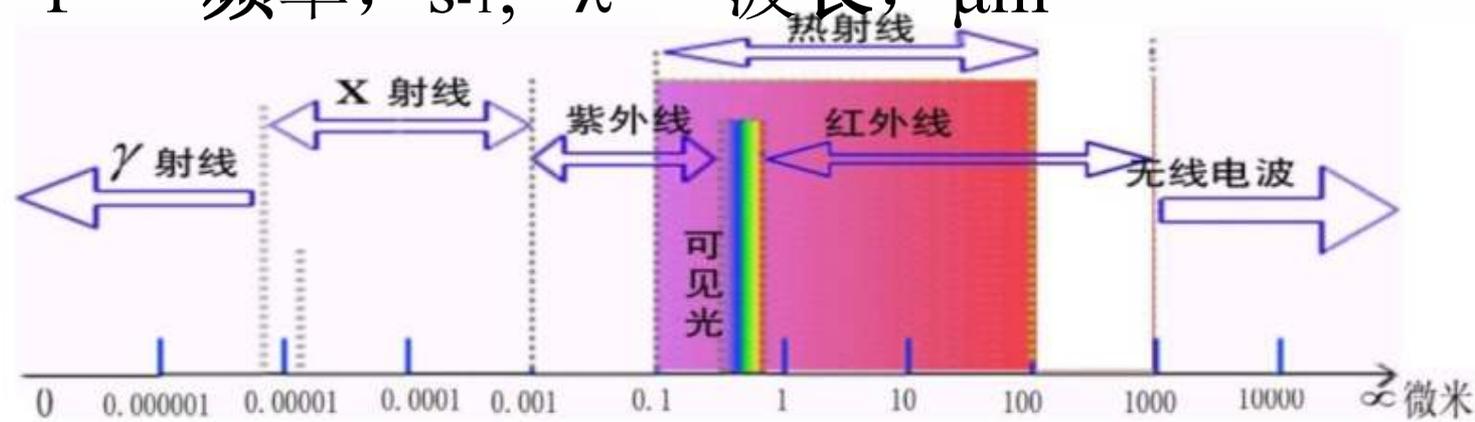
- 1) 只要物体温度 $T > 0K$, 物体就有**辐射本领**;
- 2) 存在近程及**远程效应** (近在咫尺, **远**至天体);
- 3) 存在**热动平衡** (吸收和**发射**);
- 4) 在高温**时**更加重要, 与 $(T_w^4 - T_f^4)$ 成正比;
- 5) 存在着吸收, 反射与穿透;
- 6) 物性随**波长**和方向而**变**;
- 7) 无须任何介质, 可以穿**过真空**和低温。

3、电磁波 谱

电磁辐射包含了多种形式，如下图所示，而我们所感兴趣的，即工业上有实际意义的热辐射区域一般为 $0.38-1000\mu\text{m}$ 。国际上规定家用微波炉的微波波长为 122 mm ，对应频率为 2450 MHz

电磁波的传播速度： $c = f\lambda$

式中： f — 频率， s^{-1} ； λ — 波长， μm



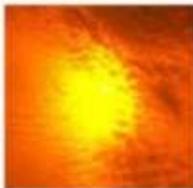
γ 射线探测



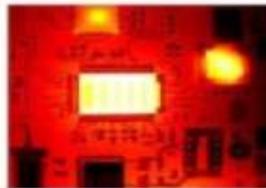
X 射线仪



紫外线
探伤灯



太阳的
可见光

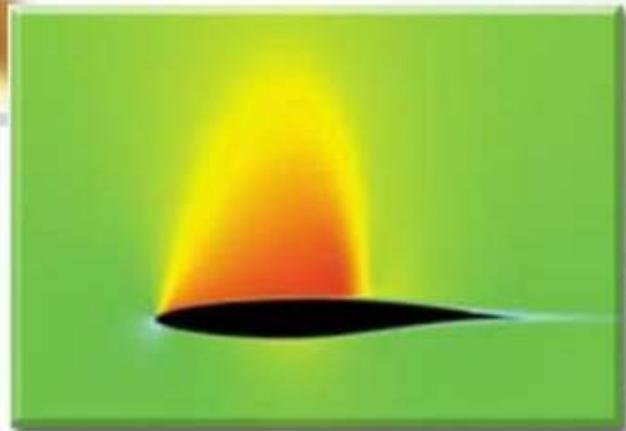


红外线
探测仪



微波炉

例：室温下呈黑色的**铁棒**在炉中**加热**时，**颜色**渐呈暗红、红、橙黄，您知道**为什么**吗？



维恩定律

答案：

随着**铁棒**的**加热**，温度升高，其辐射能量最大的波长向短波方向移动，即**经历了由远红外线、近红外线到可见光区域**，因而会**呈现上述颜色变化**。

例：海水的颜色为什么总是蓝色的？



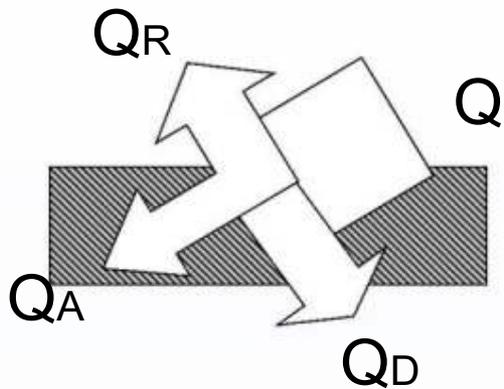
答案：

这是由于海水的非灰性质引起的，即海水对不同的波长的可见光吸收率不同，对蓝色波长附近的射线吸收少，反射多，所以呈蓝色。

第十二章 辐射换热 热辐射的基本概念

二、吸收、反射和透射

一般来说，热射线也遵循可见光的规律，即当射线落到物体表面上时，也发生吸收、反射和穿透现象。如图，设外界投射到物体表面的总能量为 Q ，一部分能量 Q_A 在进入表面后被物体吸收；另一部分能量 Q_R 被物体反射，其余部分能量 Q_D 透射过物体，于是有：



$$Q = Q_A + Q_R + Q_D$$

令

$$\left. \begin{aligned} \frac{Q_A}{Q} &= A \\ \frac{Q_R}{Q} &= R \\ \frac{Q_D}{Q} &= D \end{aligned} \right\}$$

则： $A + D + R = 1$

第十二章 辐射换热 热辐射的基本概念

二、吸收、反射和透射

A-----吸收率

D-----反射率

R-----穿透率

A、**D**、**R**的大小都在**0---1**范围内变化，大小与物体的温度和表面状况有关，实际工程中，可以认为液体和固体不允许热辐射透过，所以**D=0**。就固体和液体而言，吸收能力大的物体其反射能力就弱。

在工程中，通常把吸收率**A=1**的物体称为**绝对黑体**（简称黑体）；把反射率**R=1**的物体称为**镜体**，或**绝对白体**；把穿透率**D=1**的物体称为**透明体**。在工程中，通常引入**灰体**的概念，即**A<1**的物体。

灰体

- √ 单色发射率不随波长而变化的物体，我们称之为灰体

$$\varepsilon = \varepsilon_{\lambda} \neq f(\lambda)$$

- √ 作为一种研究中的假想物体，在自然界中灰体并不存在的；
- √ 灰体的辐射力遵循斯蒂芬-玻尔兹曼定律，即

$$E = C \left(\frac{T}{100} \right)^4 = \varepsilon C_b \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

C—灰体辐射系数

三、辐射力和单色辐射力

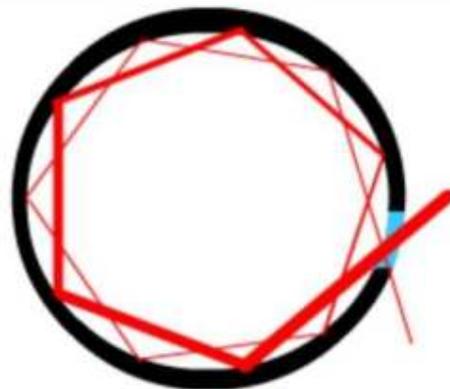
自然界中并不存在**绝对**的黑体，用人工的方法可以制造出十分接近黑体的模型，如图，在前墙上开一个小孔的空腔制成黑体，空腔壁面应保持均匀的温度。当**辐射**经过小孔射进空腔时，在空腔内要**经历**多次的吸收和反射，而每**经过**一次吸收，**辐射**能就按照内壁面吸收率的份额被减弱一次，最终能离开小孔的能量微乎其微，可**认为**完全被吸收再空腔内。



图示窗口是黑体模型的一个实例

黑体概念在热辐射研究中的意义：

在相同温度的物体中，黑体的辐射能力最大。它是研究其它物体的基础和比较依据。



【结论】小孔面积占空腔内壁面总面积的份额越小，小孔的吸收比就越高

黑体模型

第十二章 辐射换热 热辐射的基本概念

辐射力是指物体单位面积上单位时间内向半球空间所有方向发射的全部波长范围内的总能量，用符号**E**表示。若物体的表面积为**F**，所发射出去的总能量是**Q**，则辐射力为：

$$E = \frac{Q}{F} \quad \text{w/m}^2$$

物体辐射能量按波长的分布是不均匀的。若在波长 **λ** 至 **$d\lambda$** 的波段内，辐射的能量为 **dE** 则：

$$\frac{dE}{d\lambda} = E_{\lambda} \quad \text{w/m}^2$$

E_{λ} 表示单位时间内，物体在单位面积上向半球空间所有方向发射的某一特定波长的能量，称**单色辐射力**。凡属黑体的一切量都用 **E_0** 表示。

四、发射率（黑度）

- √ 前面定义了黑体的**发射特性**：同温度下，黑体**发射热辐射**的能力**最强**，包括所有方向和所有**波长**；
- √ **真实**物体表面的**发射能力**低于同温度下的黑体；
- √ **发射率(也称为黑度)** ε ：相同温度下，**实际**物体的半球**总辐射力**与黑体半球**总辐射力**之比：

$$\varepsilon = \frac{E}{E_0}$$

实际物体的**辐射力**服从**斯蒂芬-玻尔兹曼定律**（四次方定律），即

$$E = \varepsilon E_0 = \varepsilon \sigma_0 T^4 = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/065230113323011322>