

# 中国科学技术大学

## 2010 年硕士学位研究生入学考试试题

(热工基础)

所有试题答案写在答题纸上, 答案写在试卷上无效

☒ 需使用计算器

### 工程热力学

#### 一、简答题 (每小题 5 分, 共 30 分)

1. 热力学为何要引入可逆过程的概念?
2. 熵增原理的意义何在?
3. 压缩式制冷与吸收式制冷有什么异同?
4. 为什么衡量空气的潮湿程度不用绝对湿度, 而是用相对湿度?
5. 能量既然是守恒的, 为何还有能源危机?
6. 一个热力学系统正经历一等温、等压不可逆变化, 试问用什么热力学函数可判断该过程进行的方向? 当该系统达到平衡时, 这个函数达到的极值是极大还是极小?

#### 二、计算题

1. 试从热力学能源利用的角度比较以下两种采用太阳能供应  $60^{\circ}\text{C}$  家用热水方案的优劣。  
(1) 太阳能热水器—太阳辐射直接加热获取热水;  
(2) 太阳辐射先加热—温度保持在  $700^{\circ}\text{C}$  的高温热源, 由其释放热量驱动一热机做功并将余热排入  $60^{\circ}\text{C}$  的热水。热机所做的功同时又驱动一热泵, 将热由  $0^{\circ}\text{C}$  环境泵入  $60^{\circ}\text{C}$  的热水。  
假定: 两种情况实际接收的太阳能相等, 热机与热泵均理想可逆运行。  
(15 分)
2. 从具有不变参数  $p_0$ 、 $T_0$  的压缩空气总管向初参数为  $p_1$ 、 $T_1$  的贮气罐充气

( $p_0 > p_1$ )。充气过程在与外界绝热的条件下进行。求充气终了, 即罐中压力达到  $p_2$  ( $p_2 \leq p_0$ ) 时, 罐中气体的温度。可将空气看作定比热理想气体, 其比热比  $c_p/c_v = \kappa$ , 并忽略进气的动能及势能。 (15 分)

3. 求将  $5\text{ kmol}$  空气流在  $p_0 = 1.013\text{ bar}$ ,  $t_0 = 37^\circ\text{C}$  的恒温环境中定压冷却到  $t_1 = 15^\circ\text{C}$  理论上所需的最小功。已知空气的比热  $C_{p,m} = 29.09\text{ kJ}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$ 。(15 分)

## 传热学

### 三、简答题 (每小题 4 分, 共 48 分)

1. 简述三种传热模式;
2. 写出控制容积和控制表面的能量守恒方程, 并指出各项的物理意义;
3. 给出导热系数与热扩散系数的定义式, 并比较这两个参数;
4. 给出肋片有效度的定义式, 并说明其物理意义;
5. 写出瞬态一维系统的边界节点在第三类边界条件下的显式和隐式有限差分方程, 并利用傅里叶数与毕渥数的离散形式整理之;
6. 指出集总热容法的物理基础及其适用条件;
7. 简述速度、热及浓度边界层产生的条件和特征;
8. 结合三种边界层, 阐述“边界层是发展的”的内涵;
9. 给出自然对流的定义;
10. 比较蒸发与沸腾这两种物理现象;
11. 给出换热器的有效度和 NTU 的定义式并解释其物理意义;
12. 什么叫漫射灰表面?

#### 四、计算题

1. 一扇玻璃窗的宽和高分别为  $W = 1\text{m}$  和  $H = 2\text{m}$ ，厚为  $5\text{mm}$ ，导热系数为  $k_g = 1.4\text{W/m}\cdot\text{K}$ 。如果在一个寒冷的冬天，玻璃的内外表面温度分别为  $15^\circ\text{C}$  和  $-20^\circ\text{C}$ ，通过窗户的热损速率是多少？为减少通过窗户的热损，习惯上采用双层玻璃结构，其中相邻的玻璃由空气间隙隔开。如果间隙厚为  $10\text{mm}$ ，且与空气接触的玻璃表面的温度分别为  $10^\circ\text{C}$  和  $-15^\circ\text{C}$ ，通过一个  $1\text{m}\times 2\text{m}$  的窗户的热损速率是多少？空气的导热系数为  $k_a = 0.024\text{W/m}\cdot\text{K}$ 。

(7 分)

2. 你正在设计一个手术室换热装置，该装置使（从病人体中旁路流出的）血液流过一根浸没在冰水混合物中的盘管，从  $40^\circ\text{C}$  冷却至  $30^\circ\text{C}$ 。体积流率（ $\dot{V}$ ）为  $10^{-4}\text{m}^3/\text{min}$ ；管道直径（ $D$ ）为  $2.5\text{mm}$ ； $T_{m,i}$  和  $T_{m,o}$  分别代表血液的进出口温度。可以忽略盘管产生的传热强化。

(a) 在确定整个管长上的  $\bar{h}$  时，你会采用什么温度来确定流体物性？

(b) 如果据 (a) 中温度估算的血液物性为  $\rho = 1000\text{kg/m}^3$ 、 $\nu = 7\times 10^{-7}\text{m}^2/\text{s}$ 、 $k = 0.5\text{W/m}\cdot\text{K}$  和  $c_p = 4.0\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ ，血液的普朗特数是多少？

(c) 血液流动是层流还是湍流？

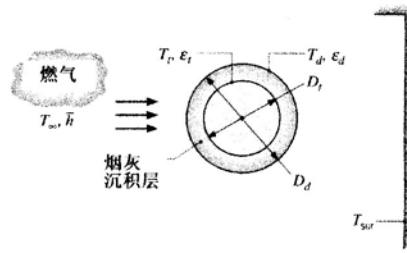
(d) 忽略所有的入口效应并作充分发展状态的假定，计算血液散热的  $\bar{h}$  值。

(e) 血液通过管道时的总热损速率是多少？

(f) 当计及管道外表面上自然对流的影响时，血液与冰水混合物之间的平均总传热系数  $\bar{U}$  可近似为  $300\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 。确定为获得出口温度  $T_{m,o}$  所需的管长  $L$ 。

(10 分)

3. 发电厂暴露于燃煤产物的锅炉管被燃烧气体中含矿物质的烟灰污染。烟灰在炉管的外表面形成固体沉积物，后者会减弱对流过炉管的增压水/蒸汽混合物的传热。考虑  $D_o = 0.05\text{m}$  的薄壁炉管，由于沸腾过程其表面保持在  $T_i = 600\text{K}$ 。在炉管上流过的燃烧气体的温度为  $T_\infty = 1800\text{K}$ ，对流换热系数为  $\bar{h} = 100\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ ，而由燃烧气体和锅炉壁投来的辐射可近似为来自  $T_{\text{sur}} = 1500\text{K}$  的大环境。



- (a) 如果炉管表面是  $\epsilon_f = 0.8$  的漫射灰体，表面上没有烟灰沉积层，传给单位长度炉管的热流速率  $q'$  是多少？
- (b) 如果在炉管上形成的烟灰沉积层的直径为  $D_d = 0.06\text{m}$ ，导热系数为  $k = 1\text{W/m}\cdot\text{K}$ ；沉积层为发射率  $\epsilon_d = 0.9$  的漫射灰体， $T_f$ 、 $T_\infty$ 、 $\bar{h}$  和  $T_{sur}$  保持不变，沉积层的表面温度  $T_d$  是多少？传给单位长度炉管的热流速率  $q'$  是多少？

(10 分)