

## 清华大学本科生考试试题专用纸

考试课程    热力学与传热学基础    期末考试    2022 年 12 月 30 日

班级\_\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_\_ 学号\_\_\_\_\_

### 一、简要回答下列问题（52 分）

1. （8 分）无内热源、常物性、二维导热物体，在某一瞬时的温度分布为  $t = 2y^2 \cos x$ 。试说明该物体在坐标  $(x=0, y=1)$  处的温度随时间增加是逐渐升高还是逐渐降低？
2. （8 分）试说明  $Bi$  数的物理意义。 $Bi \rightarrow 0$  及  $Bi \rightarrow \infty$  时主要热阻与温度分布有什么特点？有人认为， $Bi \rightarrow 0$  代表了绝热工况，你是否赞同这一观点，为什么？
3. （10 分）定性画出单相流体外掠平板湍流对流换热入口段边界层的形成和发展示意图，并在对应位置定性画出局部对流换热系数的变化曲线。并简述边界层特征。
4. （8 分）在太阳能利用中，太阳灶的受热面要做成粗糙的黑色表面；而用于室内供热的辐射采暖板都不做成黑色的。为什么？
5. （10 分）在逆流换热器中，如果热流体的  $q_{m1}c_{p1}$  等于冷流体的  $q_{m2}c_{p2}$ ，试画出热、冷流体温度沿流动方向的变化曲线，并给出简单解释。（其中  $q_{m1}$ 、 $q_{m2}$  分别为热、冷流体的质量流量； $c_{p1}$ 、 $c_{p2}$  分别为热、冷流体的定压比热容。）
6. （8 分）热力学是传热学研究的基础。通过《热力学与传热学基础》中传热学课程的学习，列举一个传热学过程或现象，阐述其中所涉及的热力学与传热学知识。

## 二、计算题（48分）

- （14分）将一个直径为 8 mm 的钢球加热到 1200 K，然后慢慢冷却到 400 K 进行退火。冷却过程在周围的空气中进行，空气温度  $T_\infty=300$  K、对流换热系数  $h=20$  W/(m<sup>2</sup>·K)；钢球的导热系数  $\lambda=40$  W/(m·K)，密度  $\rho=7800$  kg/m<sup>3</sup>，比热容  $c=600$  J/(kg·K)。求冷却过程所需要的时间。
- （16分）将一个厚度为 1 mm 的薄膜型加热器件均匀贴在汽车后窗的内表面上以消除雾气。通电加热该器件，玻璃内表面受到的热流密度可视为均匀。车内空气温度  $T_{in}=25^\circ\text{C}$ 、对流换热系数  $h_{in}=10$  W/(m<sup>2</sup>·K)；车外环境空气温度  $T_{out}=-10^\circ\text{C}$ 、对流换热系数  $h_{out}=65$  W/(m<sup>2</sup>·K)；窗户玻璃的厚度  $\delta=4$  mm，玻璃导热系数  $\lambda=0.65$  W/(m·K)。要保持车窗内表面温度  $T_w=15^\circ\text{C}$ ，请问：加热薄膜所需施加的热流密度为多大？忽略辐射效应、薄膜热阻以及接触热阻。
- （18分）水以 1.6 m/s 的流速流入内径为 28 mm、外径为 31 mm、长为 1.5 m 的直管，进口水温  $10^\circ\text{C}$ 。管外表面均匀缠有电加热丝，加热功率为 40.05 kW，加热丝外包有保温材料，通过外壁保温层的散热损失为加热量的 3.3 %。管材导热系数为 12.30 W/(m·K)。
  - 忽略进口段影响，求直管出口水温以及管内壁平均温度（计算结果取整）；
  - 若考虑进口段影响，请画出管内局部流体温度和管内壁温度沿管长方向变化的示意图。

水的物性参数表

$t$	$\rho$	$c_p$	$\lambda \times 10^2$	$\nu \times 10^6$	Pr
$^\circ\text{C}$	kg/m <sup>3</sup>	kJ/(kg·K)	W/m·K	m <sup>2</sup> /s	
10	999.7	4.191	57.4	1.306	9.52
15	999.0	4.187	58.7	1.156	8.27
20	998.2	4.183	59.9	1.006	7.02
25	997.0	4.179	60.9	0.906	6.22
30	995.7	4.174	61.8	0.805	5.42

已知充分发展时管内强迫对流湍流换热关系式：

当流体与管壁温度相差不大的情况下（对于水， $\Delta t < 30^\circ\text{C}$ ）：

$$Nu = 0.023 Re_f^{0.8} Pr_f^n$$

适用条件： $n = 0.4$ ， $t_w > t_f$ ； $n = 0.3$ ， $t_w < t_f$ ； $0.7 \leq Pr_f \leq 160$ ， $Re_f \geq 10^4$ ， $l/d \geq 60$ 。