

兰州物理研究所 1981 年招收攻读硕士

学位研究生入学试题 (真空技术)

1. 已知: 较高压强下的气体热传导有如下公式:

$$Q = -k \frac{dT}{dz} A$$

式中: Q 为传热量; k 为热传导系数; A 为传热面积; $\frac{dT}{dz}$ 为温度梯度。应用上式, 对于如图 1 所示的两块距离为 d , 面积为 A 且形状完全相同的平行板 (温度分别为 T_2 和 T_1) 之间

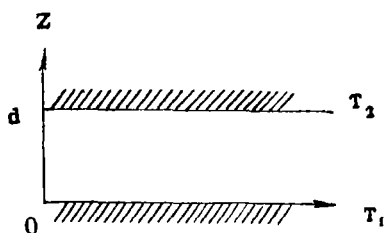


图 1

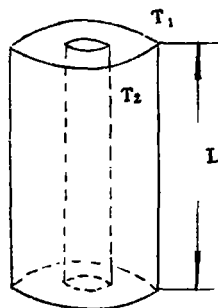


图 2

气体的传热量可以推算出

$$Q = k \frac{T_2 - T_1}{d} A$$

求: 图 2 所示的圆筒 (内圆筒半径 r_2 , 温度 T_2 ; 外圆筒半径 r_1 , 温度 T_1 , 筒高均为 L) 之间气体热传导的热量 Q 的表达式。(18 分)

2. 已知朗缪尔吸附等温线的公式为:

$$\sigma = \nu \tau (1 - \theta)$$

式中: σ 为吸附量; ν 为单位时间内碰撞在单位面积上的分子数 ($\nu = P / \sqrt{2\pi mkT}$); P 为压强; τ 为平均吸附时间, $\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{E}{kT}\right)$, E 为吸附能; θ 为复盖度, $\theta = \sigma / \sigma_0$, σ_0 为布满一个单分子层的分子数。令:

$$k = \frac{\tau_0 \exp\left(\frac{E}{kT}\right)}{\sigma_0 \sqrt{2\pi mkT}}$$

有 $\theta = kP(1 - \theta)$, $\theta = \frac{kP}{1 + kP}$ 。在上述推导中, 设 E 是与 θ 无关的常数。求: 当 E 是 θ 的如下线性函数时,

$$E = E_0(1 - \alpha\theta) \quad (\text{式中, } E_0, \alpha \text{ 均为常数})$$

吸附等温线的表达式。

如果 θ 约等于 0.5, 你能否进一步把表达式简化, 并把它示意在比较合适的 θ - $\ln P$ 坐标图上。(17 分)

(下转 82 页)

另外该公司为了与其他公司竞争,在低温泵机组的维护、自动操作等方面也作了改进,维护十分简便,10000 小时只须要更换活性炭吸附筒、活塞环即可,系统配备有温度控制器,可以在 2—300K 范围内精确控制温度,稳定度 $\pm 0.1\text{K}$,用户使用很方便。

2. 小型制冷机在美国已有廿年历史,为了继续打开销路,该公司不仅对制冷机结构作了改进,减少磨损件、提高寿命;并形成系列化,在 20K 下冷量从 2 瓦,4 瓦直到 8.5 瓦;而且将制冷机用于各种用途满足用户的各种要求;如①离子质谱仪、电子显微镜上要求制冷机振动小,因而设计上采用金属波纹管隔振,冷头用氦气传热给负载,不用刚性耦合。②在分子束、离子束设备上要求将低温试验的样品室与制冷机真空室分开,便于样品更换,加快试验进度;③在环境保护上用 77K 单级制冷机将空气液化的方法采集空气样品;④用 77K 冷量 110 瓦的单级制冷机与分子筛分离装置配套生产液氮,产量达 1.1 升/小时;⑤将 20K 制冷机用于液氮杜瓦的辐射屏冷源,使氮蒸发率下降到 3 毫升/小时,杜瓦可保持一年,用在超导磁铁上;⑥在超导试验上将双级制冷机加节流可获得 4.2K 冷源,液氮产量达 0.5 升/小时。⑦在西德汉堡加速器大型束流管上要求在几十米长的管线上保持高、净真空,该公司采用了廿多台制冷机同时运转,自动控制,现已投入使用。⑧为了满足电子学、红外器件试验要求,该公司又研制成功分置式全气动单级制冷机 77K1 瓦;⑨将双级制冷机改装为小型氢液化器供低温试验用。该公司的制冷机已畅销世界各国。

几点体会:

1. 制冷机低温泵优点很多,适用范围广,应加强研制、推广工作,设备要配套齐全,维护方便,寿命长,在民品中是很有生命力的项目。

2. 加强对低温泵的机理、粘接工艺、活性炭活化工艺等项目的研究。

3. 为适应各样用途需要,必须一方面加强小型制冷机的系列化工作;一方面要加强新型制冷机的研究工作。

(陈子京 吴纯之整理)

(上接83页)

3. 叙述麦克劳压缩式真空计的

(1) 工作原理; (2) 给出结构简图; (3) 推导压缩式真空计直线刻度法计算公式; (4) 讨论压缩真空计测量误差因素。(25 分)

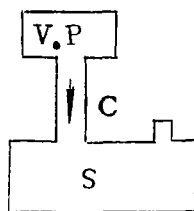


图 3

4. 简要回答 (18 分)

(1) 气体质量分析器(分压强真空计)的 6 项主要性能指标是什么?

(2) 任意写出三种标准漏孔的名称,分别说出它们的漏率范围。

5. 已知容器的体积为 V , 瞬时压强为 P , 泵的抽速为 S , 连接泵与容器的管道的流导为 C 。计算容器 V 中气体压强 P 随抽气时间的变化公式。(图 3, 22 分)