

中国科学技术大学

2020--2021 学年第二 学期考试试卷

考试科目: 固体物理

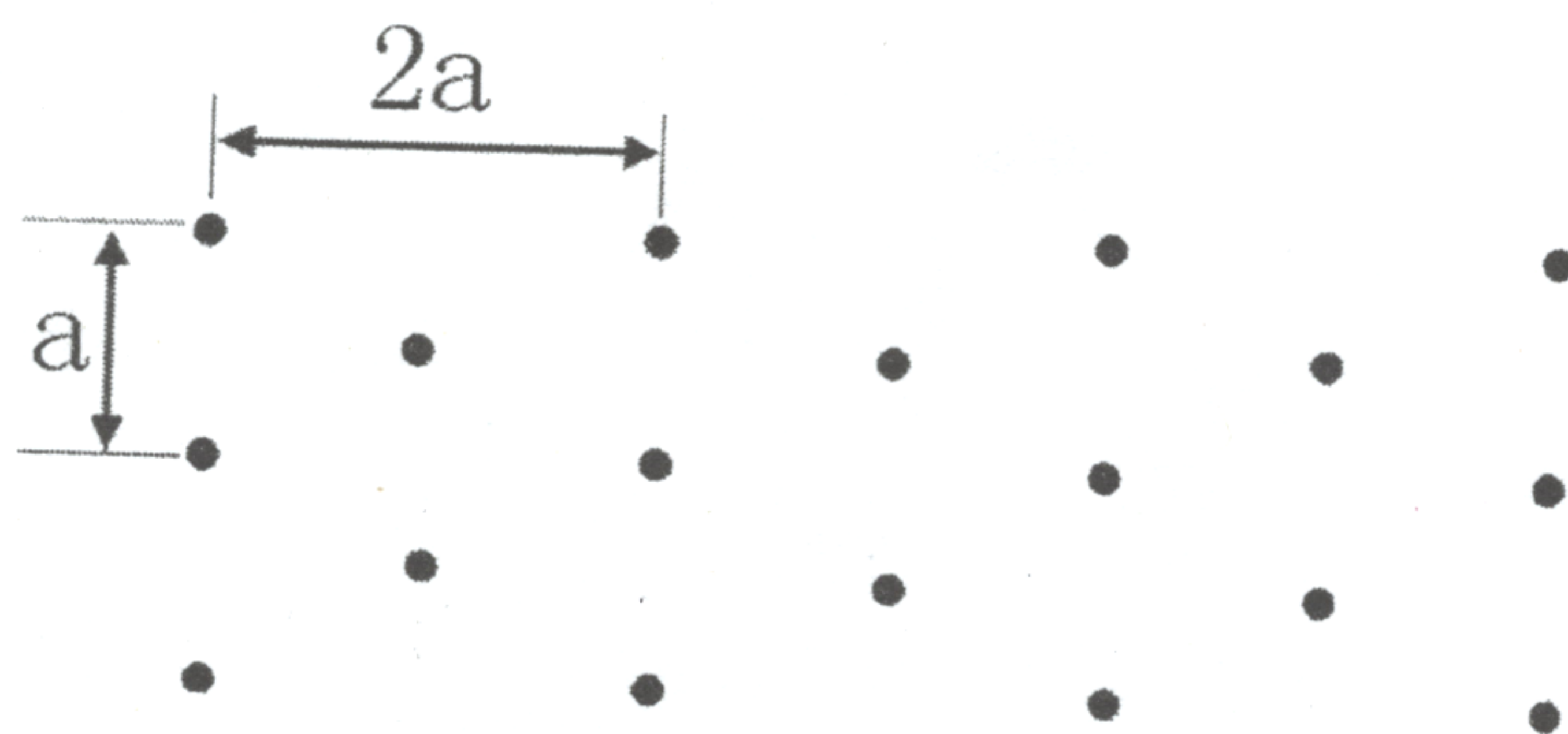
得分: _____

学生所在系: _____ 姓名: _____ 学号: _____

一、 简要回答(解释) 下列问题(每题 4 分, 共 20 分)

1. 在布里渊区中心, 光学支格波和声学支格波所对应原胞内原子运动的特点是什么?
2. 如何从霍尔系数确定载流子浓度和类型? 为什么一些材料的霍尔系数测量值和基于自由电子论的理论值相差很远, 甚至符号也相反?
3. 一般纯金属的电阻率有哪几项贡献? 如果对该金属掺入少量非磁性杂质, 这几项会如何变化? 如果掺入的是磁性杂质, 会有什么新效应?
4. 一个材料发生超导相变的最重要判据是什么? 超导 BCS 理论预言的超导能隙可以通过哪些实验证实?
5. 说明晶格对中子散射过程的能量守恒和准动量守恒。

二、(15 分) 下图是一个反映由相同原子组成的平面长方有心排列情况的二维点阵, (1) 请画出该晶体的点阵、原胞、晶格基矢。(2) 求出倒易点阵基矢, 并示意画出倒易点阵。(3) 画出第一布里渊区。



三、(20 分) N 个质量为 m 间距为 a 相同原子组成的一维原子链, 近邻原子间的力常数交错地等于 α 和 β , (只考虑最近邻原子间相互作用), 为方便计可假定 $\alpha < \beta$ 。(本题要求写出具体推导过程)

(1) 试在简谐近似和周期性边界条件下求出晶格振动的色散关系, 并作图表示 $\alpha=2\beta$ 时的色散关系。

(2) 周期性边界条件下的格波波矢和在连续介质中传播的波的波矢有何不同?

(3) 如果 $\alpha=\beta$, 讨论格波的变化。

(4) 在 (3) 条件下求出格波态密度函数的表达式, 并作图表示。

四、(15 分) 一维晶体势如下:

$$V(x) = \begin{cases} 0, & na < x \leq (n + 1/2)a \\ U_0, & (n + 1/2)a < x \leq (n + 1)a \end{cases}$$

用近自由电子近似求前两个不为零的能隙。

五、(20 分) 设有一维晶体的电子能带的能量波矢色散关系为:

$$E(k) = \frac{\hbar^2}{ma^2} \left(\frac{7}{8} - \cos ka + \frac{1}{8} \cos 2ka \right), \text{ 式中 } a \text{ 为晶格常数, } m \text{ 为自由电子的质量。}$$

试求 (1) 能带的宽度; (2) 电子在波矢 k 的状态时的速度; (3) 能带底部和顶部的有效质量; (4) 若晶格常数 a 为 $3\text{\AA}$, 当外加电场为 100 V/m 时, 试估计电子从带底运动到带顶所需时间 (不考虑散射)。($\hbar=1.055 \times 10^{-34} \text{ Js}$, $e=1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)。

六、(10 分) 一固体经过掺杂但未损及晶格结构, 电阻率如图所示

1. 由图中看, 该固体是金属还是绝缘体?
2. 描述产生电阻的物理过程, 并解释以下三个温度区内电阻率与温度的关系: (a) $T \sim 0\text{K}$; (b) $T \sim 25\text{K}$; (c) $T \sim 300\text{K}$ 。

