

考试科目：普通物理（电磁学、光学）

科目代码：433

适用专业：理论物理、粒子物理与原子核物理、原子与分子物理、凝聚态物理、光学、生物医学物理、应用电子物理

（答案必须写在答题纸上，写在试题上不给分）
（带计算器，（试题共 5 页）

一、简答题（各专业考生必作）。（共 52 分）。

1.（本题 6 分）

将一个带电 $+q$ 、半径为 R 的大导体球 B 移近一个半径为 r 而不带电的小导体球 A ，试判断下列说法是否正确？并说明理由。

- (1) B 球电势高于 A 球。
- (2) 以无限远为电势零点， A 球的电势小于 0。
- (3) 在 B 球表面附近任一点的场强等于 $\frac{q}{4\pi R^2}$ 。

2.（本题 8 分）

指出下列有关电场强度 \vec{E} 与电势 U 的关系的说法是否正确？并简要说明原因。

- (1) 已知某点的 \vec{E} 就可以确定该点的 U 。
- (2) 已知某点的 U 就可以确定该点的 \vec{E} 。
- (3) \vec{E} 不变的空间， U 也一定不变。
- (4) U 值相等的曲面上， \vec{E} 值不一定相等。

3.（本题 6 分）

一根通有 20A 电流的无限长细直导线，放在磁感应强度为 $B = 10^{-3}T$ 的均匀外磁场中，导线与外磁场正交。试确定磁感应强度为零的各点的位置。

4.（本题 6 分）

有两个具有共同直径和圆心的相互绝缘的圆形线圈，如图 1 所示，它们的相对位置如何放置时互感系数最小？何时互感系数最大？

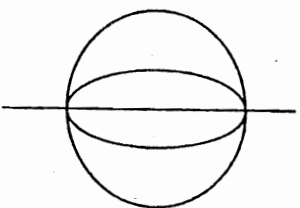


图 1

5.（本题 6 分）

如图 2 所示，设波长为 λ 的平面波沿与单缝平面法线成 θ 角的方向入射，单缝 AB 的宽度为 a ，观察夫琅禾费衍射。试求出各极小值（即各暗条纹）的衍射角 ϕ 。

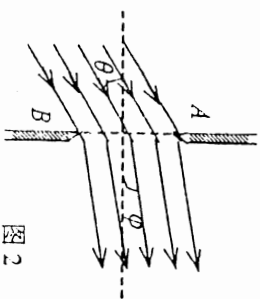


图 2

6.（本题 6 分）

请说明利用布儒斯特定律测量不透明介质折射率的方法，并简明叙述测量原理和步骤。

7.（本题 8 分）

在衍射光栅实验中，把光栅遮住一半，衍射图样会发生什么变化？

8.（本题 6 分）

解释下列名词：

- (1) 双折射；(2) 光轴；(3) 主截面；

二、计算题（各专业必作题满分 98 分）。

1.（各专业必作）（本题 10 分）

一半径为 R 的“无限长”圆柱形带电体，其电荷体密度为 $\rho = Ar$ （ $r \leq R$ ），式中 A 为常量。试求：

- (1) 圆柱体内、外各点场强大小分布；
- (2) 选与圆柱轴线的距离为 l （ $l > R$ ）处为电势零点，计算圆柱体内、外各点的电势分布。

2. (各专业必作) (本题 10 分)

半径分别为 1.0 cm 与 2.0 cm 的两个球形导体, 各带电荷 1.0×10^{-8} C, 两球相距很远. 若用细导线将两球相连接. 求 (1) 每个球所带电荷; (2) 每球的电势. ($\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$)

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

3. (各专业必作) (12 分)

如图 3 所示, 有一弯成 θ 角的金属架 COD 放在磁场中, 磁感强度 \vec{B} 的方向垂直于金属架 COD 所在平面. 一导体杆 MN 垂直于 OD 边, 并在金属架上以恒定速度 \vec{v} 向右滑动, \vec{v} 与 MN 垂直. 设 $t=0$ 时, $x=0$. 分别求下列两种情形下, 框架内的感应电动势 \mathcal{E} .

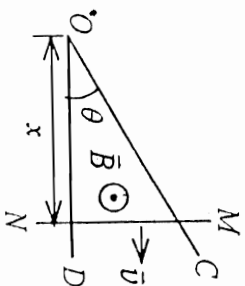


图 3

- (1) 磁场分布均匀, 且 \vec{B} 不随时间改变.
- (2) 磁场随时间和空间都变化, 且磁感强度 $B = kx \sin \omega t$.

4. (凝聚态物理、光学、生物医学物理、应用电子技术专业考生必作)

(本题 8 分)

如图 4 所示, 一半径为 R 的均匀带正电圆环, 其电荷线密度为 λ . 在其轴线上有 A、B 两点, 它们与环心的距离分别为 $\overline{OA} = \sqrt{3}R$, $\overline{OB} = \sqrt{8}R$. 一质量为 m 、电荷为 q 的粒子从 A 点运动到 B 点. 求在此过程中电场力所作的功.

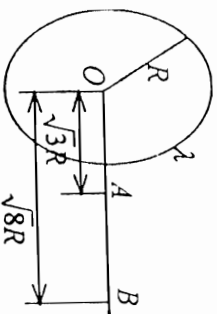


图 4

5. (凝聚态物理、光学、生物医学物理、应用电子技术专业考生必作)

(本题 10 分)

如图 5 所示, 一半径为 R 的均匀带电无限长直圆筒, 面电荷密度为 σ . 该筒以角速度 ω 绕其轴线匀速旋转. 试求圆筒内部的磁感强度.

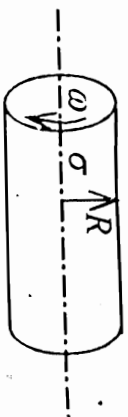


图 5

6. (理论物理、粒子物理与原子核物理、原子分子物理专业必作)

(本题 8 分)

如图 6 所示, 一平行板电容器, 极板面积为 S , 两板间距离为 d , 其中充有两种各向同性均匀电介质, 相对介电常量分别为 ϵ_{r1} 和 ϵ_{r2} , 且各占一半体积. 试证该电容器的电容为

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{2d} (\epsilon_{r1} + \epsilon_{r2})$$

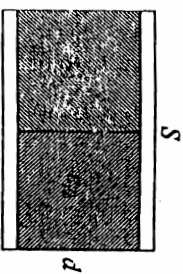


图 6

并说明该电容器相当于左、右两部分作为单独的电容器的并联.

7. (理论物理、粒子物理与原子核物理、原子分子物理专业必作)

(本题 10 分)

载有稳恒电流 I_1 的无限长直导线(看成刚体)下用一劲度系数为 k 的轻质弹簧挂一载有稳恒电流 I_2 的矩形线圈. 设长直导线通电前弹簧长度为 L_0 . 通电后矩形线圈将向下移动一段距离, 求当磁场对线圈作的功满足 $A = \mu_0 I_1 I_2 a / 2\pi$ 时, 线圈、弹簧、地球组成的系统的势能变化(忽略感应电流对 I_2 的影响).

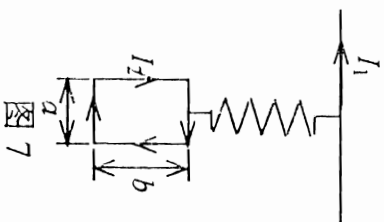


图 7

8. (各专业必作) (本题 12 分)

薄钢片上有两条紧靠的平行细缝, 用波长 $\lambda = 546.1 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) 的平面光波正入射到钢片上. 屏幕距双缝的距离为 $D = 2.00 \text{ m}$, 测得中央明条纹两侧的第 5 级明条纹间的距离为 $\Delta x = 12.0 \text{ mm}$.

- (1) 求两缝间的距离.
- (2) 从任一明条纹(记作 0)向一边数到第 20 条明条纹, 共经过多大距离?
- (2) 如果使光波斜入射到钢片上, 条纹间距将如何改变?

9. (凝聚态物理、光学、生物医学物理、应用电子技术专业考生必作)

(本题 12 分)

用每毫米 300 条刻痕的衍射光栅来检验仅含有属于红和蓝的两种单色成分的光谱. 已知红谱线波长 λ_R 在 $0.63 - 0.76 \mu\text{m}$ 范围内, 蓝谱线波长 λ_B 在 $0.43 - 0.49 \mu\text{m}$ 范围内. 当光垂直入射到光栅时, 发现在衍射角为 24.46° 处, 红蓝两谱线同时

出现。

- (1) 在什么角度下红蓝两谱线还会同时出现?
- (2) 在什么角度下只有红谱线出现?

10. (各专业必作) (本题 12 分)

双星之间的角距离为 1×10^{-6} rad, 其辐射波长为 5770 Å 和 5790 Å 两个波长。

(1) 望远镜的口径需要多大才能分辨此双星的像?

(2) 若要分辨此两波长, 光栅条数应为多少?

11. (凝聚态物理、光学、生物医学物理、应用电子技术专业考生必作)

(本题 12 分)

一块厚度为 0.04mm 的方解石晶片, 其光轴平行于表面, 将它插入正交偏振片之间, 且使主截面与第一偏振片的透振方向成 θ ($\theta \neq 0, \theta \neq 90^\circ$) 角. 试问哪些光不能透过该装置? 已知方解石的 $n_o = 1.658, n_e = 1.486$.

12. (理论物理、粒子物理与原子核物理、原子分子物理专业必作)

(本题 10 分)

正弦光栅的屏函数为 $\tilde{t}(x, y) = t_0 + t_1 \cos(2\pi f_x x + 2\pi f_y y)$, 现将它沿斜方向平移

$\Delta r = (\Delta x, \Delta y)$. 写出移动后的屏函数表达式。

13. (理论物理、粒子物理与原子核物理、原子分子物理专业必作)

(本题 14 分)

在偏振光干涉的装置中, 两偏振片的透光方向夹角为 60° , 两者之间插入一个顶角 $\alpha = 30'$ 的石英尖劈, 其光轴平行于表面, 尖劈的主截面与两偏振片的透光方向都成 30° 角. 以波长 589.3nm 的钠黄光垂直入射. 求 (1) 透射光的光强分布; (2) 干涉条纹的反衬度. 已知石英的折射率 $n_o = 1.54424, n_e = 1.55335$.