上海科技大学 2024 年硕士研究生招生考试

651 普通物理

上海科技大学 2024 年硕士研究生招生考试 · 满分 150 分 · 考试时间 180 分钟

考生须知

1. 本卷按招生单位公布的官方原卷逐题重排，题干、选项与图示据原卷整理。
2. 答案与解析由本站重新编撰，仅供教学研究；原卷文字与命题版权归命题单位。
3. 请在答题纸上作答，题号与原卷保持一致；作图题须写出必要的文字说明与公式。

一、单项选择题（共 32 分）

1. 在国际单位制下，质点速度随时间变化的函数数值形式为 $\vec{v}=(4t+2)\vec{e}_x+2t\vec{e}_y$，其中 $\vec{e}_x,\vec{e}_y$ 分别为沿 x、y 轴正向的单位矢量。假设起始 $t=0$ 时，位矢 $\vec{r}=0$，则以下说法错误的是？（　　）

A. 加速度为 $4\vec{e}_x+2\vec{e}_y$

B. 位矢为 $(2t^2+2)\vec{e}_x+t^2\vec{e}_y$

C. 当 $t=1$ 时，速度为 $6\vec{e}_x+2\vec{e}_y$

D. 当 $t=1$ 时，质点运动的曲率半径为 $20\sqrt{10}$

2. 以下哪种力的基本相互作用跟其它不同？（　　）

A. 重力

B. 支持力

C. 摩擦力

D. 绳子上拉力

3. 下列运动中哪一个不是简谐运动？（　　）

A. 单摆

B. 圆锥摆

C. 圆锥摆在某一个方向的投影

D. 小球在半球形碗中大幅滚动

4. 在下列关系式中，哪一个关系式正确地给出了麦克斯韦速率分布中的平均速率 v_{av} 和最概然速率 v_{mp} 之间的关系？（　　）

A. $v_{\mathrm{av}}=v_{\mathrm{mp}}$

B. $v_{\mathrm{av}}<v_{\mathrm{mp}}$

C. $v_{\mathrm{av}}\le v_{\mathrm{mp}}$

D. $v_{\mathrm{av}}>v_{\mathrm{mp}}$

5. 在下列表达式中，哪一个表达式正确地给出了两个相距较远、平行放置的电感 L_1 和 L_2 的总电感？（　　）

A. $\dfrac{L_1}{L_1+L_2}$

B. $\dfrac{L_2}{L_1+L_2}$

C. $\dfrac{L_1L_2}{L_1+L_2}$

D. L_1+L_2

6. 在下列等式中，哪一个等式正确地给出了真空中的光速 c 与真空电容率 ε_0 和真空磁导率 μ_0 之间的关系？（　　）

A. $c=\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}$

B. $c=1/\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}$

C. $c=\sqrt{\varepsilon_0/\mu_0}$

D. $c=\sqrt{\mu_0/\varepsilon_0}$

7. 单缝夫琅禾费衍射实验中，缝宽 $a = 2.5\lambda$，其中 λ 为入射光波长，缝后透镜焦距 $f = 50\ \mathrm{cm}$。在下列结果中，哪一个结果正确地给出了主明纹的宽度？（　　）

A. $5\ \mathrm{cm}$　　B. $10\ \mathrm{cm}$

C. $20\ \mathrm{cm}$　　D. $40\ \mathrm{cm}$

8. 在微观粒子的一维谐振子模型中，粒子的能量是量子化的。用 ν 表示谐振子的频率，用 h 表示普朗克常数。在下列表达式中，哪一个表达式正确地给出了谐振子第 2 条能级的能量？（　　）

A. $\dfrac{1}{2}h\nu$　　B. $h\nu$

C. $\dfrac{3}{2}h\nu$　　D. $2h\nu$

二、填空题（共 32 分）

9. 由于多普勒效应，火车从远处驶来时，我们听到的火车鸣笛声会_____。

10. 两宇宙飞船相对于某遥远的恒星以 $0.8c$ 的速率朝着相反的方向离开，c 为真空中的光速，则两飞船的相对速度为_____。

11. 若一热机的高温热源温度为 $1000\ ^\circ\mathrm{C}$，低温热源温度为 $30\ ^\circ\mathrm{C}$，则理想情况下其最大效率极限为_____。

12. 在保持两极板之间所加电压不变的情况下，把一个平行板电容器两极板之间的距离从 d 变成 $2d$。忽略边缘效应，极板间距为 $2d$ 时与极板间距为 d 时两极板之间电位移矢量大小的比为_____。

13. 如图 1 所示，xz 平面上的两边长分别为 a 和 b 的长方形回路整体位于与时间 t 有关的非均匀磁场 $\vec{B}(x,t)=kx^2t^3\vec{e}_y$ 中，这里 k 为常数，$\vec{e}_y$ 为沿正 y 轴方向的单位矢量。这个长方形回路中的感生电动势为_____。

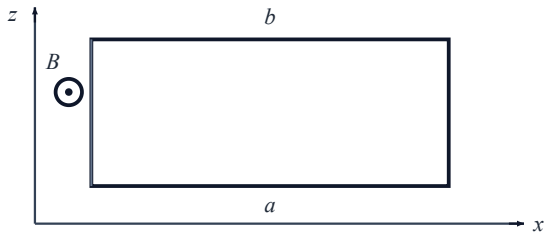

图 1

14. 平面电磁波的电场强度和磁感应强度分别为 $\vec{E}(\vec{r},t)=E_0\sin(\vec{k}\cdot\vec{r}-\omega t)\hat{E}$，$\vec{B}(\vec{r},t)=B_0\sin(\vec{k}\cdot\vec{r}-\omega t)\hat{B}$，其中 E_0,B_0,ω 为实常数，$\vec{k}$ 为常矢量，$\hat{E},\hat{B}$ 分别为 $\vec{E}$ 和 $\vec{B}$ 方向上的单位矢量。$\vec{k}$ 的方向为_____。

15. 在光的偏振实验中，入射光为线偏振光。若希望出射的光强为原光强的 $3/4$，则线偏振片与入射偏振光的矢量振动方向之间的最小夹角需设为_____。

16. 最近我国科学家成功制备出高压下出现 $80\ \mathrm{K}$ 超导电性的镍氧化物超导单晶，其化学式为 $\mathrm{La_3Ni_2O_7}$。已知其中 La 价态为 $+3$ 价，O 价态为 -2 价，Ni 的原子序数为 28，则其中 Ni 的电子组态为_____。

三、计算题（共 86 分）

17. 如图 2 所示，有一长为 l、质量为 m 的均匀细杆置于光滑水平面上，初始时候杆处于静止状态。有一质量为 M 的小球以与杆垂直的速度 V_0 飞来，与杆发生完全弹性碰撞（碰撞点在细杆中心下方距离为 d 处）。（1）写出系统碰撞前的动量，角动量和能量。（4 分）（2）定量描述系统碰撞后的小球与杆的运动。（10 分）

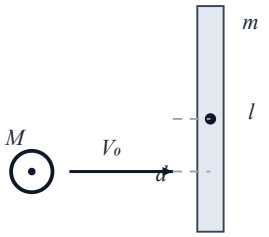

图 2

18. 证明可把两列频率相同、振动方向相同、传播方向相反而振幅不同的平面简谐波的叠加视为一驻波与一行波的叠加。

19. 在图 3 中所示的 $p-V$ 图上，一定量的双原子分子理想气体，从 a 态出发，经图中折线所示的准静态过程到达 b 态，求：（1）从 a 到 b 整个过程中气体的内能变化 ΔE；（6 分）（2）从 a 到 b 整个过程中外界传递给该气体的热量 Q。（6 分）

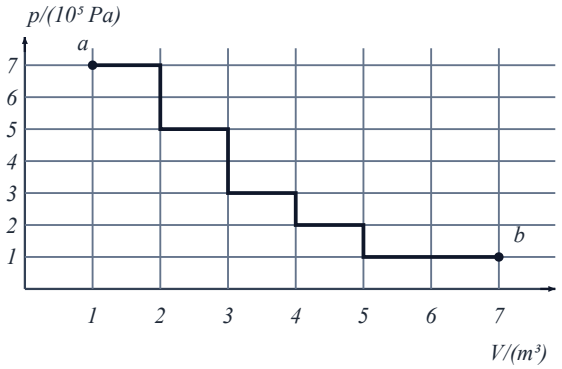

图 3

20. 如图 4 所示，在某一时刻带电荷为 q 的粒子平行于一根无穷长直导线运动。粒子到直导线的垂直距离为 ρ，粒子的速度为 $\vec{v}=v\vec{e}_z$，其中 $\vec{e}_z$ 为位于直导线上的正 z 轴方向的单位矢量。直导线携带线电荷密度为 λ 的净正电荷；直导线上还有沿正 z 轴方向的电流，电流强度为 I。直导线附近空间一点的位置可通过柱坐标 ρ,φ,z 给出，沿这些坐标方向的单位矢量分别为 $\vec{e}_\rho,\vec{e}_\varphi,\vec{e}_z$。（1）利用高斯定理计算直导线所产生的电场。（4 分）（2）利用安培环路定理计算直导线所产生的磁场。（4 分）（3）求粒子保持平行于直导线运动所必须具有的速度的大小。（4 分）

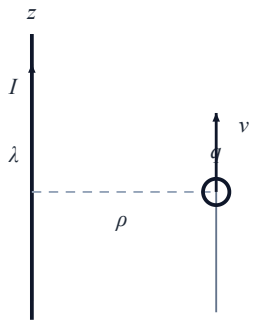

图 4

21. 一平行板电容器由两个间距为 d、半径为 R 的圆形平板组成。设 $R \gg d$，忽略边缘效应。为给这个电容器充电，用直导线分别连接两个极板，如图 5 所示。采用第六题中所用的柱坐标系，这里坐标原点位于下极板中心，z 轴过两极板中心且垂直于两极板，正向与直导线中电流 I 的方向一致。柱坐标系的坐标用 ρ, φ, z 表示，相应的单位矢量分别用 $\vec{e}_\rho, \vec{e}_\varphi, \vec{e}_z$ 表示。（1）写下正极板充电到电荷为 $+Q$ 时电容器内部电场强度的表达式。（1 分）（2）设在充电过程中正极板上电荷 $+Q$ 增加的速率为 dQ/dt，利用非恒定情形下的安培环路定理，求电容器内的磁感应强度。（5 分）（3）计算充电过程中电容器内电磁场的坡印亭矢量。（2 分）（4）正极板充电到电荷为 $+Q$ 时，分别计算单位时间内通过 $r = R$ 处圆柱面流入电容器的能量以及贮存于电容器内电场中能量单位时间内的增量。比较所得结果。（5 分）

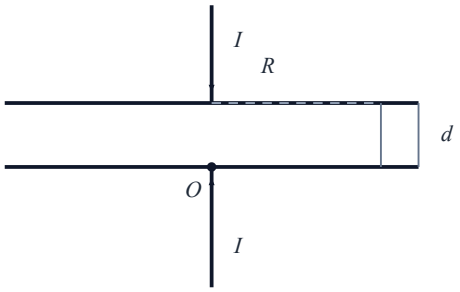

图 5

22. 如图 6 所示的三只偏振片平行置于同一轴线上，其中两侧的偏振片保持固定不转且其偏振化方向（通光方向）相互垂直，中间偏振片绕轴线以角速度 ω 旋转。设一束非偏振光沿轴线从最左侧入射，其光强为 $I_{\max}$，求：（1）最右侧出射光的光强 I（用旋转角度 θ 表达）。（8 分）（2）最右侧出射光强的变化周期 T。（4 分）

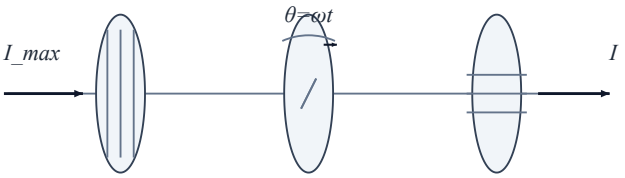

图 6

23. 一质量为 m 的微观粒子在一维势阱中运动，在势阱外（$x>+L$ 和 $x<-L$ 区域）势能为无限大，在 $-L<x<+L$ 的势阱区域内势能函数为 $U(x)=-\dfrac{\hbar^2x^2}{mL^2(L^2-x^2)}$。该粒子在势阱内、外的波函数分别为 $\psi(x)=A(1-x^2/L^2)$ 和 $\psi(x)=0$。求：（1）粒子的能量（用 $\hbar,m,L$ 表达）；（4 分）（2）归一化常数 A（用 L 表达）；（4 分）（3）粒子出现在 $-L/3<x<+L/3$ 区域内的概率。（4 分）