逐光知理 · 考研真题详解

北京师范大学 2026 年硕士研究生入学考试

813 普通物理 · 参考答案与解析（本站重新编撰）

北京师范大学 2026 年硕士研究生入学考试 · 813 普通物理 · 本站自编答案与解析

本答案与解析由逐光知理根据重排题干独立编撰，未复制原卷答案；计算题给出关键步骤与结果，选择题给出选项判断依据。

试题（共 150 分）

1. 15 分

答案 （1）$I=-5\ \mathrm{N\cdot s}$（方向与子弹初速度相反）；（2）$T=35\ \mathrm{N}$。

解析

（1）对子弹用动量定理：$I=m(v-v_0)=0.010\times(50-550)=-5\ \mathrm{N\cdot s}$，负号表示冲量方向与初速度相反。

（2）子弹与木块系统在水平方向动量守恒：$mv_0=mv+MV$，故 $V=\dfrac{m(v_0-v)}{M}=\dfrac{0.010\times 500}{1}=5\ \mathrm{m/s}$。木块刚获得速度时仍在最低点，径向方程 $T-Mg=M\dfrac{V^2}{L}$，得 $T=1\times 10+\dfrac{1\times 25}{1}=35\ \mathrm{N}$。

2. 15 分

答案 卡车制动距离 $6.0\ \mathrm{m}$；物块相对车滑动 $2.33\ \mathrm{m}$。

解析

取向右为正。卡车受地面摩擦 $-\mu_2(M+m)g=-56\ \mathrm{N}$，物块对车的摩擦 $+\mu_1 mg=+6\ \mathrm{N}$，故 $a_T=\dfrac{-56+6}{6}=-8.33\ \mathrm{m/s^2}$。物块受摩擦 $-6\ \mathrm{N}$，$a_m=-6\ \mathrm{m/s^2}$。物块相对车向前滑，相对加速度 $a_{\mathrm{rel}}=a_m-a_T=2.33\ \mathrm{m/s^2}$。

卡车停下所需时间 $t_1=\dfrac{10}{8.33}=1.2\ \mathrm{s}$，制动距离 $s_T=\dfrac{10^2}{2\times 8.33}=6.0\ \mathrm{m}$。此时物块速度 $v_m=10-6\times 1.2=2.8\ \mathrm{m/s}$，相对车已滑 $s_1=\dfrac{1}{2}\times 2.33\times 1.2^2=1.68\ \mathrm{m}$。

卡车停下后，物块继续在车上滑动，受摩擦 $-6\ \mathrm{N}$，减速度 $6\ \mathrm{m/s^2}$，再滑 $s_2=\dfrac{2.8^2}{2\times 6}=0.653\ \mathrm{m}$ 后与车相对静止。总相对滑动 $s=s_1+s_2=2.33\ \mathrm{m}$。

3. 15 分

> 答案　$y=0.20\cos\left(2\pi t-\dfrac{11\pi}{6}x+\dfrac{4\pi}{3}\right)$ m，波长 $\lambda=\dfrac{12}{11}$ m。

解析

设 $y=A\cos(\omega t-kx+\varphi_0)$。$x=1$ m 处 $y=0$ 且空间斜率 $\partial y/\partial x=Ak\sin(\omega t-kx+\varphi_0)<0$，取该处相位为 $-\pi/2$（等价于 $3\pi/2$）。$x=2$ m 处 $y=A/2$ 且向 $+y$ 运动，要求相位为 $-\pi/3$（模 2π）。两处相位差 $-\pi/3-3\pi/2=-11\pi/6$，而沿 $+x$ 相位差为 $-k\Delta x=-k$，故 $k=11\pi/6\ \mathrm{m}^{-1}$，$\lambda=2\pi/k=12/11$ m。

由 $x=1$ 处相位 $3\pi/2$ 得 $\varphi_0=3\pi/2+k=3\pi/2+11\pi/6=10\pi/3\equiv 4\pi/3$。故 $y=0.20\cos(2\pi t-11\pi x/6+4\pi/3)$。

---

4. 15 分

> 答案　$\omega=2.29\ \mathrm{rad/s}$，方向垂直纸面向外（逆时针）。

解析

球棒水平，入射方向与竖直虚线成 60°，故与棒身夹角为 30°。小球对 O 的角动量 $L_0=mv_0L\sin 30^\circ$。碰后小球粘在距 O 为 L 的棒头，系统转动惯量 $J'=J+mL^2=0.09+0.010\times 0.9^2=0.0981\ \mathrm{kg\cdot m^2}$。

角动量守恒：$mv_0L\sin 30^\circ=J'\omega$，故 $\omega=\dfrac{0.010\times 50\times 0.9\times 0.5}{0.0981}=2.29\ \mathrm{rad/s}$。由右手定则，方向垂直纸面向外。

题面另给棒头半径 $R=0.1$ m。本题按“小球粘在棒头中心、力臂取 L”计算；若把撞击点取在棒头外缘（距 O 为 $L+R$），则 $J'=J+m(L+R)^2=0.10\ \mathrm{kg\cdot m^2}$，$\omega=2.50\ \mathrm{rad/s}$。两种口径的差异来自撞击点位置，解题时应在卷面写明所取力臂。

---

5. 15 分

> 答案　（1）$pV=NkT$；（2）$\Delta S=\dfrac{N}{N_A}\left[C_{p,m}\ln\dfrac{T}{T_0}-R\ln\dfrac{p}{p_0}\right]$。

解析

（1）理想气体状态方程的分子数形式为 $pV=NkT$，其中 k 为玻尔兹曼常量；若用物质的量 $u=N/N_A$，则为 $pV=uRT$。

（2）熵是状态函数。对理想气体，取可逆过程 $dS=\dfrac{\delta Q_{\mathrm{rev}}}{T}=C_p\dfrac{\mathrm{d}T}{T}-R\dfrac{\mathrm{d}p}{p}$（每摩尔）。积分得每摩尔熵变 $C_{p,m}\ln(T/T_0)-R\ln(p/p_0)$，乘 $u=N/N_A$ 即得总熵变。

---

6. 15 分

> 答案　$r<R$：$E=\dfrac{\rho r}{2\varepsilon_0}$，径向向外；$r>R$：$E=\dfrac{\rho R^2}{2\varepsilon_0 r}$，径向向外（$\rho>0$）。

解析

取半径为 r、高为 h 的同轴圆柱形高斯面，由对称性电场沿径向且在同一圆柱面上大小相等。高斯定理 $E\cdot 2\pi r h=\dfrac{Q_{\text{in}}}{\varepsilon_0}$。

$r<R$ 时 $Q_{\text{in}}=\rho\pi r^2 h$，得 $E=\dfrac{\rho r}{2\varepsilon_0}$。

$r>R$ 时 $Q_{\text{in}}=\rho\pi R^2 h$，得 $E=\dfrac{\rho R^2}{2\varepsilon_0 r}$。

两区方向均沿径向；$\rho>0$ 时向外，$\rho<0$ 时向内。

---

7. 15 分

> 答案　$F=\dfrac{3p_1p_2}{2\pi\varepsilon_0 r^4}$，方向为相互吸引。

解析

设 p_1 在左、p_2 在右，二者均沿 $+x$ 方向。p_1 在 p_2 处产生的轴向场 $E=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{2p_1}{r^3}$。偶极子在非均匀场中的受力 $F_x=p_2\dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}x}$。将 $E\propto x^{-3}$ 对 x 求导，在 $x=r$ 处得 $F_x=-p_2\dfrac{6p_1}{4\pi\varepsilon_0 r^4}=-\dfrac{3p_1p_2}{2\pi\varepsilon_0 r^4}$。负号表示力指向 p_1，即相互吸引；大小如上。

---

8. 15 分

> 答案　（1）两电荷各为 $\dfrac{Q}{2}$；（2）$F_{\max}=\dfrac{Q^2}{16\pi\varepsilon_0 r^2}$。

解析

设两电荷为 q 与 $Q-q$，库仑力 $F=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q(Q-q)}{r^2}$。由均值不等式 $q(Q-q)\le\left(\dfrac{Q}{2}\right)^2=\dfrac{Q^2}{4}$，等号在 $q=Q/2$ 时成立。故两电荷平分总电量时力最大，最大值 $F_{\max}=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{Q^2}{4r^2}=\dfrac{Q^2}{16\pi\varepsilon_0 r^2}$。

---

9. 15 分

> 答案　$B=\dfrac{\mu_0 I R^2}{2(R^2+a^2)^{3/2}}$，方向沿 $+z$。

解析

圆电流轴线上距离圆心 a 处的磁场由毕奥-萨伐尔定律积分得 $B=\dfrac{\mu_0 I R^2}{2(R^2+a^2)^{3/2}}$。从 $+z$ 方向看电流逆时针，由右手螺旋，轴线上的磁场指向 $+z$。故 P 点磁场沿 $+z$，大小如上。

---

10. 15 分

> **答案**　（1）沿 $+z$ 传播；椭圆偏振；沿传播方向看，电场矢量顺时针旋转。（2）四分之一波片的光轴沿 x 或 y，出射为线偏振，振动方向与 x 轴夹角 $-\arctan(A_y/A_x)$。（3）令 $A_x = A_y$，即把两分量振幅调成相等，即得圆偏振。

解析

（1）相位 $\omega t - kz$ 表明波沿 $+z$ 传播。$E_x = A_x\cos\omega t$，$E_y = -A_y\sin\omega t$，消去时间得 $\dfrac{E_x^2}{A_x^2} + \dfrac{E_y^2}{A_y^2} = 1$，为椭圆偏振。$t = 0$ 时电场沿 $+x$，随后 E_y 变为负，故沿 $+z$ 方向看去，端点由 $+x$ 转向 $-y$，为顺时针。

（2）两分量相位差为 $\pi/2$。四分之一波片的光轴沿 x 或 y 时，附加相位差 $\pm\pi/2$ 可把总相位差变为 0 或 π，出射为线偏振。若变为 0，电场沿 $(A_x, -A_y)$ 振动，与 x 轴夹角 $-\arctan(A_y/A_x)$；若变为 π，则沿 (A_x, A_y)，夹角 $+\arctan(A_y/A_x)$。

（3）圆偏振要求两分量振幅相等且相位差为 $\pm\pi/2$。题设已有相位差 $\pi/2$，只需调整到 $A_x = A_y$（例如用偏振片或衰减器降低 x 分量），即可变为圆偏振。