

* 数值评分遵循以下标准：

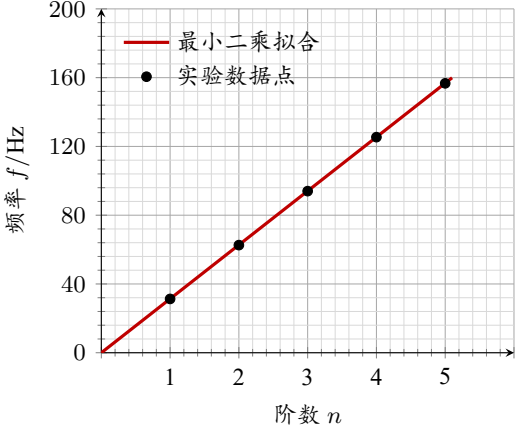
$Y = y_0, \quad \text{Num} = A - B - X; \Delta = 0 - \alpha - \beta$

若考生给出 y 的有效位数为 A ，数值为 $|y - y_0| \leq \alpha$ ，不扣分；有效位数为 B ，或 $|y - y_0| \in (\alpha, \beta]$ ，或物理量少单位，扣除 50% 分数；有效位数为 A, B 以外的值，或 $|y - y_0| > \beta$ ，扣除 100% 分数。该扣分得分扣完为止。计算过程中有效数字可以多（少）保留一位。没有给出 Num 的，表示与答案不同的有效位数扣除 100% 分数；没有给出 Δ 的，允许在末位出现 1 的偏差，否则扣除 100% 分数。

A.1 20.0pt	A.1.1 2.0pt	样品（物面）位于 L_1 的前焦面上；空间频谱面位于 L_1 的后焦面（同时也是 L_2 的前焦面）上；最终像面位于 L_2 的后焦面上。物面、频谱面各 0.5 pt，像面 1.0 pt，共 2.0 pt
	A.1.2 3.0pt	空间频率与频谱面坐标的关系为： $f_x = \frac{X}{\lambda f}, \quad f_y = \frac{Y}{\lambda f}$ 频谱面上离轴越远（即 $ X $ 或 $ Y $ 越大）的光点，对应的空间频率越高。 公式每个 1.0 pt，频率判断 1.0 pt
	A.1.3 2.0pt	A、B、C 正确，D 错误。A 正确：透镜后焦面上的复振幅确为物透射率函数的二维傅里叶变换；B 正确：物体尺寸越小，频谱主斑越宽（不确定关系的体现）；C 正确：周期结构的频谱为离散级次；D 错误：只保留零级谱只含平均亮度信息，无法恢复物体细节。全对 2.0 pt，漏选每项 -0.5 pt，错选不得分
	A.1.4 3.0pt	矩孔的频谱呈十字形分布，沿水平和竖直两个方向延伸出行射条纹，中心为最亮的零级亮点，向外条纹强度逐渐减弱。原因：矩形孔具有两组互相垂直的平行边，在水平和竖直方向分别产生衍射，根据材料”矩形孔在水平和竖直方向产生衍射条纹，尺度越小的方向条纹间距越大”，频谱为两个方向 sinc 函数的乘积，呈现十字形分布。特征描述 1.5 pt，原因解释 1.5 pt
	A.1.5 4.0pt	正确配对：图片 1→B（双方孔），图片 2→C（单圆孔），图片 3→D（双圆孔），图片 4→A（单方孔）。理由：图片 4 为纯十字形衍射条纹，无干涉调制，对应单方孔；图片 1 在十字形基础上叠加了干涉条纹（栅状次级亮点），对应双方孔（双孔衍射图样为单孔衍射花样叠加干涉条纹）；图片 2 为同心圆环（艾里斑），无干涉调制，对应单圆孔；图片 3 在圆环上叠加了纵向干涉条纹，对应双圆孔。每对配对 0.5 pt，共 2 pt 每条理由 0.5 pt，共 2 pt
	A.1.6 3.0pt	物屏为 5 条缝。理由：多缝的频谱是单缝衍射因子与多光束干涉因子的乘积， N 缝在相邻主极大之间有 $N - 2$ 个次极大。观察频谱照片，相邻主极大之间可见 3 个次极大，故 $N - 2 = 3$ ，即 $N = 5$ 。缝数判断 2.0 pt，理由 1.0 pt 答 5 条缝且正确指出相邻主极大之间有 3 个次极大，给满分 3.0 pt
	A.1.7 3.0pt	像变得模糊，细节和边缘信息丢失；若小孔足够小只保留零级，则像面近似呈现均匀光场。原因：小孔只允许低空间频率成分通过，截去了携带图像细节和边缘信息的高频分量。零频仅代表图像的平均亮度，不含空间结构信息，因此像的细节丢失。现象描述 1.5 pt，原因解释 1.5 pt
A.2 8.0pt	A.2.1 4.0pt	正确配对：1→A，2→C，3→B，4→D。 理由：1. 仅通过 0 级——零频只含平均亮度，不含空间结构，故呈均匀光场（A）；2. 通过 0、±1 级——恢复了基频成分，出现原周期条纹，但缺少更高频使边缘模糊（C）；3. 挡去 0 级——去除直流分量，保留高频，边缘和明暗突变增强（B）；4. 挡去 ±1 级——基频被去除，二倍频成为主要条纹（D）。每项配对 0.5 pt，共 2 pt 理由说明 2.0 pt
	A.2.2 4.0pt	1. 正确；2. 错误；3. 正确；4. 错误。 理由：1. 不同方向光栅的衍射光在频谱面不同方向分离，故可编码到不同频谱方向；2. 白光含多种波长，不同波长的衍射角不同（光栅方程 $d \sin \theta = m\lambda$ ），故不同波长衍射角不相同；3. 在频谱面选择特定方向和颜色的光，对应区域的衍射信息被赋予该颜色，像面相应区域显色；4. θ 调制必须在频谱面进行方向和颜色滤波，故需要频谱面操作。每项判断 0.5 pt，共 2 pt 理由说明 2.0 pt
A.3 12.0pt	A.3.1 3.0pt	光栅周期 d 与 λ 、 f 、 ΔX 的关系为： $d = \frac{\lambda f}{\Delta X}$ 其中 ΔX 为频谱面上相邻衍射级次的坐标间距，可通过最小二乘法拟合 X - n 直线的斜率 k 获得，即 $\Delta X = k$ 。关系式 2.0 pt， ΔX 获取方法 1.0 pt

	对数据 X-n 进行最小二乘线性拟合 $X = kn + b$: 表 1: 一维光栅各级衍射光点坐标 <table><tr><td>级次 n</td><td>-3</td><td>-2</td><td>-1</td><td>0</td><td>+1</td><td>+2</td><td>+3</td></tr><tr><td>X/mm</td><td>-4.72</td><td>-3.18</td><td>-1.62</td><td>0.03</td><td>1.64</td><td>3.19</td><td>4.77</td></tr></table> A.3.2 4.0pt 计算得: $k = \frac{\sum(n_i - \bar{n})(X_i - \bar{X})}{\sum(n_i - \bar{n})^2} = \frac{44.47}{28} \approx 1.588 \text{ mm/级}$ $b = \bar{X} - k\bar{n} \approx 0.016 \text{ mm}$ k 的物理意义: 频谱面上相邻衍射级次的坐标间隔 ΔX。 k 计算 2.0 pt b 计算 1.0 pt k 的物理意义 1.0 pt Num = 4 - 3 - X $\Delta = 0 - 0.001 - 0.003$	级次 n	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	X/mm	-4.72	-3.18	-1.62	0.03	1.64	3.19	4.77
级次 n	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3										
X/mm	-4.72	-3.18	-1.62	0.03	1.64	3.19	4.77										
A.3.3 3.0pt	取 $\lambda = 632.8 \text{ nm} = 6.328 \times 10^{-4} \text{ mm}$, $f = 15 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$, $\Delta X = k \approx 1.588 \text{ mm}$: $d = \frac{\lambda f}{\Delta X} = \frac{6.328 \times 10^{-4} \times 150}{1.588} \approx 5.98 \times 10^{-2} \text{ mm} = 59.8 \mu\text{m}$ 线密度 $N = 1/d \approx 16.7 \text{ 条/mm}$。 周期计算 2.0 pt, 线密度 1.0 pt Num = 3 - 2 - X $\Delta = 0 - 0.1 - 0.3$ 单位错 -0.5 pt																
A.3.4 2.0pt	忽略 λ 和 f 的误差, d 的不确定度仅由 k 的不确定度引起。k 的标准差为: $\sigma_k = \sqrt{\frac{\sum(X_i - kn_i - b)^2}{(N - 2) \sum(n_i - \bar{n})^2}} = \sqrt{\frac{0.00508}{5 \times 28}} \approx 0.006 \text{ mm/级}$ $\frac{\sigma_d}{d} = \frac{\sigma_k}{k} = \frac{0.006}{1.588} \approx 0.0038$ $\sigma_d = d \times 0.0038 \approx 0.23 \mu\text{m}$ 故 $d = (59.8 \pm 0.2) \mu\text{m}$。 公式 1.0 pt, 计算与结果 1.0 pt Num = 1 - 2 - X $\Delta = 0 - 0.1 - 0.3$																

B.1 12.0pt	B.1.1 4.0pt	取弦上一小段微元 $dm = \mu dx$，张力横向分量合力 $F_y = T(\sin \theta_2 - \sin \theta_1) \approx T \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} dx \quad 1.0pt$ 由 $\mu dx \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = F_y$ 得波动方程 $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{T}{\mu} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \quad 1.0pt$ 与 $\partial^2 y / \partial t^2 = v^2 \partial^2 y / \partial x^2$ 对比， $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad 2.0pt$
	B.1.2 3.0pt	两端为波节，边界条件 $y(0, t) = y(L, t) = 0$。设驻波解 $y = A \sin(kx) \sin(\omega t)$，代入得 $\sin(kL) = 0 \Rightarrow kL = n\pi \Rightarrow L = \frac{n\lambda}{2} \quad 1.0pt$ 弦长等于半波长的整数倍 $f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{nv}{2L}, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad 2.0pt$
	B.1.3 2.0pt	小振幅保证弦振动满足线性（胡克）近似，避免大振幅下的非线性频移与波形畸变，使共振频率接近理想公式。 2.0pt
	B.1.4 3.0pt	阻尼受迫振动稳态振幅 $A = \frac{F_0}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \gamma^2\omega^2}}$ $\omega = \omega_0$ 时 $A_{\max} = F_0 / (m\gamma\omega_0)$；偏离共振时 $\omega_0^2 - \omega^2$ 迅速增大，振幅急剧下降。 1.0pt 共振峰锐度（品质因数） $Q = \frac{\omega_0}{\gamma}$ 由阻尼系数 γ（弦内摩擦、空气阻尼、端点损耗）决定。 1.0pt Q 小则共振峰宽而平，峰值位置难以辨认，使 f_n 的测量误差增大。 1.0pt
B.2 21.0pt	B.2.1 3.0pt	1. 挂好砝码，检查弦水平、砝码静止，读出有效长度 L。 1.0pt 2. 按 $f \approx nv / (2L)$ 粗估频率并粗调。 1.0pt 3. 细调频率，直至出现 n 个波腹、波节固定且振幅最大。 1.0pt
	B.2.2 3.0pt	判断“标准驻波”的三条依据（任意三条）：波腹处振幅最大；波节位置固定不动；波形呈稳定的正弦对称轮廓；微调频率时振幅明显下降。 3.0pt

	B.2.3 10.0pt	(1) 作图共 5.0pt，示例如下： 图名未写 -0.5pt，坐标轴未标度每条 -0.5pt，直线不光滑 -1.0pt，作图区域过小 -1.0pt，作图潦草 -0.5pt，扣完为止。  图 1: 驻波频率 f 与阶数 n 的拟合直线 (2) 由 $f_n = nv/(2L)$ 得斜率 $k = v/(2L)$ 1.0pt，据此得到： $k = 31.4 \text{ Hz}$ $v = 62.7 \text{ m/s}$ $\mu_1 = 5.0 \times 10^{-4} \text{ kg/m}$ Num = 3 - X Num = 3 - X Num = 2, 3 - X $\Delta = 0 - 0.1 - 0.3$ $\Delta = 0 - 0.2 - 0.5$ $\Delta = 0 - 0.10 - 0.30$ 2.0pt 1.0pt 1.0pt
		(1) 由 $f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{Mg}{\mu}}$ 得 $M = \frac{\mu(2Lf)^2}{g} \cdot \frac{1}{n^2}$ 故 M 与 $1/n^2$ 成正比，斜率 $s = \frac{\mu(2Lf)^2}{g}$ 斜率表达式 1.0 pt 拟合 $M-1/n^2$ 拟合变量 1.0 pt，据此得到： $s = 0.735 \text{ kg}$ $\mu_2 = 5.0 \times 10^{-4} \text{ kg/m}$ Num = 3 - X Num = 2, 3 - X $\Delta = 0 - 0.05 - 0.10$ $\Delta = 0 - 0.10 - 0.30$ 2.0pt 1.0pt
B.3 7.0pt	B.3.1 5.0pt	砝码静止使悬挂端张力稳定为 Mg；弦水平使振动段张力均匀。 砝码静止 1.0 pt 弦保持水平 1.0 pt 滑轮摩擦使两端张力不等：增载时 $T_{\text{实}} < Mg$、μ 偏大；减载时 $T_{\text{实}} > Mg$、μ 偏小。 增载或减载之一的张力偏差 1.0 pt μ 偏差推导自洽 1.0 pt 属系统误差；使用低摩擦滑轮（或直接测量振动段张力），统一调节方向并重复测量。 系统误差及减小方法 1.0 pt
	B.3.2 2.0pt	无法准确判断谐振位置 2.0pt