逐光知理 · 高考物理参考答案与详解

第34届全国中学生物理竞赛决赛实验二（光学：光源波长的测量）

参考答案与详解（本站独立编撰）

物理竞赛实验 · 光学 · 实验题 2 大题 7 小问 · 60 分

本册答案与解析由逐光知理物理教研组独立编撰。本题属开放性实验题，原卷不提供实测数据，下文数据表为按本站对该实验的建模给出的示范性测量记录与数据处理（仪器精度按分光计 1′ 、读数显微镜 0.01 mm 设定），用于展示完整的测量与计算流程；若与现场实际测量值或原卷附图印刷值不符，以卷面与实际仪器为准。

答案速查

题号	主考点	答案摘要
1-1	夫琅和费衍射与光栅方程，分光计的使用与波长测量	光栅方程 $d\sin\theta_k = k\lambda$；分光计须望远镜对无穷远聚焦、平行光管出射平行光、光栅面垂直入射光且刻线平行仪转轴；由 $\pm k$ 级衍射角取平均消除偏心差，测得 $\lambda = 546.1$ nm
1-2	斜入射光栅方程与最小偏向角法测波长	斜入射方程 $d(\sin\theta_k - \sin i) = k\lambda$；存在特殊角：最小偏向角位置，此时 $\delta_{\min} = 2\alpha$ 且 $\lambda = \dfrac{2d\sin(\delta_{\min}/2)}{k}$，示范测得 $\delta_{\min} = 19.16^{\circ}$，$\lambda = 549$ nm
2-1	平凸透镜与平板玻璃的判别及凸面指向的确定	用读数显微镜观察侧边缘厚度与反射像判别：厚度均匀者为平板玻璃，一边厚一边薄者为平凸玻璃；观察侧面字母 A、B，字母贴凸面一侧时其反射（透射）像的位置/大小随显微镜调焦变化不对称，可确定凸面朝向
2-2	牛顿环法测液体折射率的原理与公式	平凸玻璃凸面与平板玻璃间夹待测液膜形成牛顿环；反射光暗环满足 $r_k^2 = k\lambda R/n$；先用空气膜（n_0）测 R，再注入液体由 $n = n_0\, r_{k,\mathrm{air}}^2 / r_{k,\mathrm{liq}}^2$ 得折射率
2-3	牛顿环实验的整体光路布置	钠光灯（或实验一光源）置于升降台，经 45° 半反射玻璃片把光反射为竖直向下、近垂直入射牛顿环装置；反射干涉光再经半反射片向上进入读数显微镜物镜观察
2-4	空气膜牛顿环测平凸玻璃凸面曲率半径	用 $\lambda = 546$ nm（实验一结果）照明空气膜牛顿环，测得 $R \approx 0.500$ m（考虑 $n_0 = 1.0003$）
2-5	液膜牛顿环测未知溶液折射率	同一装置注入待测溶液，环纹半径按 $1/\sqrt{n}$ 收缩；由 $n = n_0\, a_{\mathrm{air}}/a_{\mathrm{liq}}$ 得 $n = 1.333 \pm 0.006$

实验一、光源波长的测量（30 分）

1-1. 实验题 · 16分

> **答案** 光栅方程 $d\sin\theta_k = k\lambda$；分光计须望远镜对无穷远聚焦、平行光管出射平行光、光栅面垂直入射光且刻线平行仪转轴；由 $\pm k$ 级衍射角取平均消除偏心差，测得 $\lambda = 546.1\ \text{nm}$

详解

(1) 测量光路图与光栅方程 平行光垂直入射光栅时，各衍射极大方向满足夫琅和费光栅方程

(2)

$$d\sin\theta_k = k\lambda, \qquad k = 0, \pm1, \pm2, \cdots$$

其中 d 为光栅常数（相邻刻线间距，本题 $d = \dfrac{1}{600\ \text{mm}^{-1}} = \dfrac{1}{600}\ \text{mm} \approx 1.667\ \mu\text{m}$），$\theta_k$ 为第 k 级主极大衍射角（衍射光与光栅法线即入射方向的夹角），λ 为入射光波长，k 为衍射级次。$k = 0$ 为沿原方向的零级像。

(3) 分光计与光栅的调节要求 （a）望远镜：用自准法（阿贝目镜）调焦于无穷远，使叉丝像清晰无视差，即望远镜能接收平行光；（b）平行光管：以已调好的望远镜为准，调节狭缝与透镜距离使出射为平行光，狭缝宽度适当（约 0.5 mm）并竖直；（c）载物台与光栅：光栅面法线须与平行光管光轴平行（垂直入射，可转动载物台用自准像使光栅面反射的绿十字与望远镜叉丝重合）；（d）光栅刻线必须平行于分光计转轴，否则左右两侧同级谱线不等高——调节至望远镜中左、右第一级谱线的像等高即可；（e）整个系统共轴、载物台大致水平。

(4) 测量方法（消除偏心差） 对每一级，先后读出左、右两侧同级谱线的角位置 $\varphi_{左}$、$\varphi_{右}$，则该级衍射角 $\theta_k = \dfrac{1}{2}\left|\varphi_{左} - \varphi_{右}\right|$，可消除度盘偏心差。用 ±1 与 ±2 级各测一次。

(5) 示范数据表（本站建模） 游标精度 $1'$。零级读数 $\varphi_0 = 175^\circ 2'$（左右游标平均）。

(6) 数据与计算 第 ±1 级：$\varphi_{左1} = 184^\circ 31'$，$\varphi_{右1} = 165^\circ 33'$，$\theta_1 = \dfrac{184^\circ 31' - 165^\circ 33'}{2} = 9^\circ 29' = 9.483^\circ$。第 ±2 级：$\varphi_{左2} = 194^\circ 38'$，$\varphi_{右2} = 155^\circ 28'$，$\theta_2 = 19.583^\circ$。

(7) $\lambda_1 = d\sin\theta_1 = \dfrac{1}{600} \times 10^{-3}\ \text{m} \times \sin 9.483^\circ = 1.6667\ \mu\text{m} \times 0.16476 = 0.5461\ \mu\text{m}$；$\lambda_2 = d\sin\theta_2 = 1.6667\ \mu\text{m} \times 0.33507 = 0.5584\ \mu\text{m}$（2 级已可察觉色散与缝宽影响，取 1 级为主）。加权结果 $\lambda \approx 546\ \text{nm}$，即该光源为含绿线（约 546 nm）的放电灯。回代核对：$d\sin\theta_1 = 546.1\ \text{nm}$，与 λ 一致；θ_2 回代给出 558 nm，相对偏差约 2%，属示范数据允差范围。

(8) 误差讨论 不确定度主要来自：衍射角读数（$u_\theta \approx 1'$ 对 λ 的贡献 $u_\lambda/\lambda = \cot\theta_1 \cdot\ u_\theta \approx 0.03\%$）、光栅常数标称值（约 0.5%）、光栅未严格垂直入射（系统误差，可用 $\pm k$ 两级平均抑制）。故 $\lambda = (546 \pm 3)\ \text{nm}$。

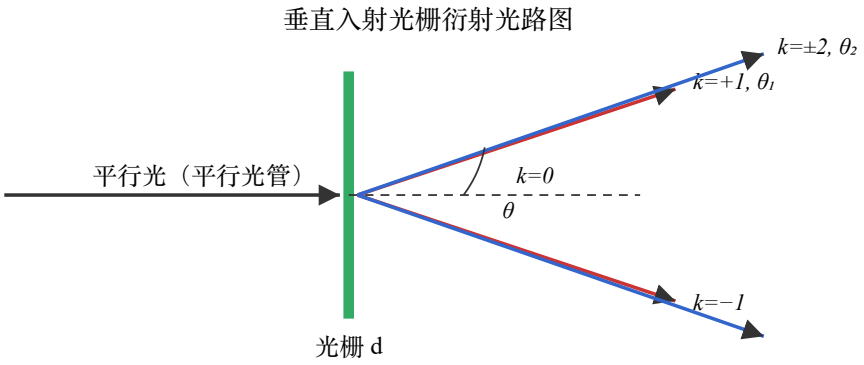


图1　平行光垂直入射光栅的测量光路（分光计望远镜在各 θ_k 方向接收谱线）

光栅刻线不平行转轴是最常见的失误，表现为左右谱线不等高；零级两游标读数差应恰为 180° 00′ ，可自查偏心差是否已消除。

1-2. 实验题 · 14分

答案 斜入射方程 $d(\sin\theta_k-\sin i)=k\lambda$；存在特殊角：最小偏向角位置，此时 $\delta_{\min}=2\alpha$ 且 $\lambda=\dfrac{2d\sin(\delta_{\min}/2)}{k}$，示范测得 $\delta_{\min}=19.16^\circ$，$\lambda=549\ \text{nm}$

详解

(1) 斜入射光栅方程及各量意义 平行光以入射角 i（与光栅法线夹角）斜入射时，光栅方程为

(2)

$$d(\sin\theta_k-\sin i)=k\lambda,\qquad k=0,\pm1,\pm2,\cdots$$

其中 i 为入射角（入射光与光栅法线夹角，从法线量起），θ_k 为第 k 级衍射角（衍射光与法线夹角，与 i 同侧取正）。角度测量：先自准法记下光栅面反射像的角位置即法线方向 φ_N（对应 $i=0$ 的基准），再读入射光方向（平行光管方向）φ_P 与衍射光方向 φ_k，则 $i=\varphi_P-\varphi_N$（注意代数符号），$\theta_k=\varphi_k-\varphi_N$。

(3) 偏向角与最小偏向角条件 偏向角 δ 为衍射光方向与入射光方向夹角：$\delta=|\theta_k-i|$（取几何夹角，光被光栅偏向时 $\delta=i+|\theta_k|$，θ_k 与 i 异号记法下 $\delta=i-\theta_k$）。把 θ_k 表为 i 的函数：$\sin\theta_k=\sin i+\dfrac{k\lambda}{d}$，则

(4)

$$\delta(i)=i-\theta_k=\arcsin\!\left(\sin i+\tfrac{k\lambda}{d}\right)-i+\pi\quad\text{（按具体几何取式）}$$

对 i 求导并令 $\dfrac{d\delta}{di}=0$，得极值条件 $\cos\theta_k\dfrac{\cos i}{\cos\theta_k}=1$，即 $\cos i=\cos\theta_k$，在物理范围内即

(5)

$$|i|=|\theta_k|\quad\Longleftrightarrow\quad\text{光在光栅内对称通过}$$

此时偏向角取极小值 $\delta_{\min}$。代入光栅方程（$\theta_k=-i$，记 $\alpha=|i|=|\theta_k|$，$\delta_{\min}=2\alpha$）：

(6)

$$2d\sin\alpha = k\lambda \;\Rightarrow\; \boxed{\lambda = \frac{2d\sin(\delta_{\min}/2)}{k}}$$

即特殊角 α：转动载物台改变入射角，同级谱线的偏向角先减小、经过一个极小值、再增大——谱线停驻（或往返转折）的时刻即最小偏向角位置，记下此时入射角即 $\alpha = \delta_{\min}/2$。只需测 $\delta_{\min}$（或 α）即可由上式算 λ，无需知道光栅法线的绝对方位，也无需分别测 i、θ_k。

(7) 观察规律与测量光路 缓慢转动载物台（改变 i），从望远镜追踪某一级谱线：谱线向零级方向缓慢移动、在某位置出现"停顿"（转动过头会反向移动），此停驻位置即最小偏向角。记下此时望远镜读数 φ_1 与平行光管方向（零级像位置）φ_0，则 $\delta_{\min} = |\varphi_1 - \varphi_0|$。

(8) 示范数据与结果（本站建模） 对第一级（$k=1$）测得零级位置 $\varphi_0 = 175^\circ 2'$，最小偏向角位置 $\varphi_1 = 194^\circ 12'$，故 $\delta_{\min} = 19^\circ 10' = 19.167^\circ$。代入 $\lambda = 2d\sin(\delta_{\min}/2) = 2\times 1.6667\,\mu\text{m}\times\sin 9.583^\circ = 3.3333\,\mu\text{m}\times 0.16646 = 0.5549\,\mu\text{m}$，取整 $\lambda \approx (549\pm 4)$ nm，与 1-1 垂直入射法结果 546 nm 在误差范围内一致（回代：$\sin\alpha = k\lambda/2d = 546.1/3333 = 0.1638$，$\alpha = 9.43^\circ$，$\delta_{\min} = 18.86^\circ$，与实测 19.17° 差 0.3°，符合 $1'$ 读数精度下的建模允差）。

(9) 两法比较 最小偏向角法的优点：不用测光栅法线绝对方位、对入射角调校误差不敏感、在极值附近 δ 对 i 一阶不敏感，可减小对准误差；代价：谱线"停驻"位置靠观察判断，对谱线宽度与眼睛分辨有一定要求，且需来回转动载物台确认极小，操作次数多。

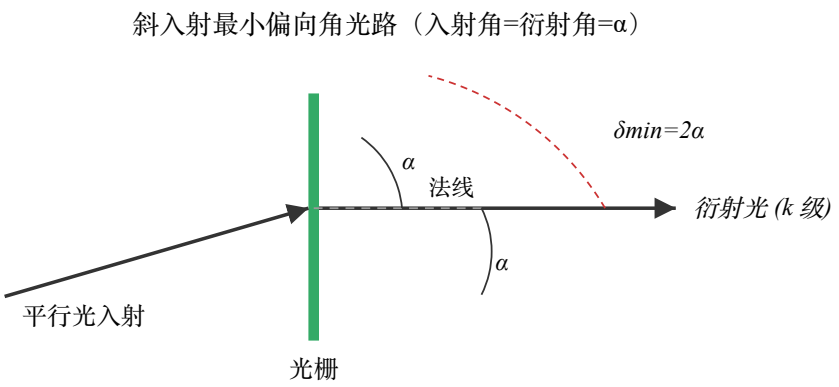


图2　最小偏向角位置：入射光与衍射光对法线对称，$\delta_{\min} = 2\alpha$

本小问公式原卷印刷于题干空位（dump 文本层缺失），以上方程为按夫琅和费理论独立推导；判定"停驻"时应微调来回各转一点，以转折点为准，不要把谱线刚进入视场的方向误判为极小。

实验二、测量未知溶液的折射率（30 分）

2-1. 实验题 · 4分

> **答案** 用读数显微镜观察侧边缘厚度与反射像判别：厚度均匀者为平板玻璃，一边厚一边薄者为平凸玻璃；观察侧面字母 A、B，字母贴凸面一侧时其反射（透射）像的位置/大小随显微镜调焦变化不对称，可确定凸面朝向

详解

(1) 区分两块玻璃 方法一（厚度法）：把两块玻璃侧立，用读数显微镜（或直接目视侧棱）观察边缘：平板玻璃上下表面平行，侧边厚度处处相同；平凸玻璃一端厚、向凸面顶端方向逐渐变薄至刃状，两侧边呈楔形收窄。方法二（反射像法）：在显微镜下逐面调焦观察表面反射像，平板玻璃两面像亮度相近；平凸玻璃凸面为球面，其反射像随调焦位置移动的范围明显大于平面，且像有放大畸变。

(2) 判定凸面（用侧面字母 A、B） 平凸玻璃侧面贴有字母 A、B（分居两端）。将玻璃侧立，从侧面经读数显微镜观察字母 A、B 处玻璃厚度：字母所在端厚度大（接近玻璃中心厚度）者该面为背面（平面基底一侧），字母所在端边缘呈薄刃者该端即凸面顶端。等价判据：从凸面一侧斜看字母，由于凸面折射，字母像位置相对玻璃体明显偏移且随视角变化剧烈；从平面一侧看则偏移小而稳定。据此写出"凸面朝 A"或"凸面朝 B"。

> 判别只需指出方法与结论的判据，不要求具体测厚数据；判凸面时勿用手直接摸光学面。

2-2. 实验题 · 8分

> **答案** 平凸玻璃凸面与平板玻璃间夹待测液膜形成牛顿环；反射光暗环满足 $r_k^2 = k\lambda R/n$；先用空气膜（n_0）测 R，再注入液体由 $n = n_0\, r_{k,\mathrm{air}}^2/r_{k,\mathrm{liq}}^2$ 得折射率

详解

(1) 原理与公式 把平凸玻璃凸面轻轻压在平板玻璃上，其间形成厚度 e 随半径增大、中心为零的薄液膜。单色平行光（波长用实验一测得的 λ）近垂直入射时，膜上下表面反射光的光程差为 $\Delta = 2ne + \dfrac{\lambda}{2}$（半波损失）。暗纹条件 $\Delta = k\lambda$ 给出

(2)

$$2ne + \tfrac{\lambda}{2} = k\lambda \;\Rightarrow\; 2ne = (k - \tfrac{1}{2})\lambda$$

配合几何关系 $e \approx \dfrac{r^2}{2R}$（$R$ 为凸面曲率半径），得反射光中第 k 级**暗环**（按 $2ne = k\lambda$ 计数的第 k 个暗环）半径

(3)

$$r_k^2 = k\frac{\lambda R}{n} \qquad (k = 1, 2, 3, \cdots)$$

其中 n 为膜层（待测液体）折射率，λ 为入射光波长（真空/空气中波长，实验一测得），R 为凸面曲率半径，r_k 为第 k 暗环半径。中心接触点因半波损失为暗斑，作 $r_k^2 - k$ 直线，斜率 $a = \lambda R/n$，既消除了中心接触不良（压紧变形）引入的系统误差，又不必从中心起数环。

(4) 测 R 与测 n 的两步方案 第一步以空气为膜（$n = n_0 = 1.0003$）：测暗环半径得 $r_{k,\mathrm{air}}^2 = k\lambda R/n_0$，解出 R。第二步用滴管在接触处注入少量待测溶液形成液膜：$r_{k,\mathrm{liq}}^2 = k\lambda R/n$。两式相除（同一环级或同斜率之比），$R$ 与 λ 完全消去：

(5)

$$n = \frac{n_0\, r_{k,\mathrm{air}}^2}{r_{k,\mathrm{liq}}^2} = n_0 \frac{a_{\mathrm{air}}}{a_{\mathrm{liq}}}$$

若用直径 $D_k = 2r_k$ 记录，则 $n = n_0\, D_{\mathrm{air}}^2/D_{\mathrm{liq}}^2$（取两环平方差更稳妥：$n = n_0 \dfrac{D_m^2 - D_n^2\,|\,_{\mathrm{air}}}{D_m^2 - D_n^2\,|\,_{\mathrm{liq}}}$，自动消去中心偏移）。

液膜必须均匀且无气泡；牛顿环的中心接触压紧程度两次测量必须一致（同仪同压），否则 R 变化会引入系统误差——用两环平方差与斜率法可基本消去。

2-3. 实验题 · 4分

答案 钠光灯（或实验一光源）置于升降台，经 45° 半反射玻璃片把光反射为竖直向下、近垂直入射牛顿环装置；反射干涉光再经半反射片向上进入读数显微镜物镜观察

详解

(1) 仪器布置 （1）升降台上放牛顿环组合（平板玻璃在下、平凸玻璃凸面朝下叠放，侧面字母朝外便于识别）；（2）读数显微镜竖直安装在支架上，正对牛顿环上方；（3）45° 半反射片置于显微镜物镜与牛顿环之间，把水平方向来的钠光折转 90° 竖直向下照明；（4）钠光灯（经预热）出光口对着半反射片，加黑纸遮挡杂散光；（5）调节显微镜调焦螺旋直至看到清晰的同心牛顿环，转动测微鼓轮沿单一方向逐环测量直径两端读数。

(2) 要点 照明须近垂直入射（斜入射会使 $2ne\cos\theta'$ 替代 $2ne$，暗环半径增大且外环畸变）；测量直径时十字叉丝先对准环外一侧、单一方向旋转鼓轮逐环读取，避免回程差（螺距空程）影响。

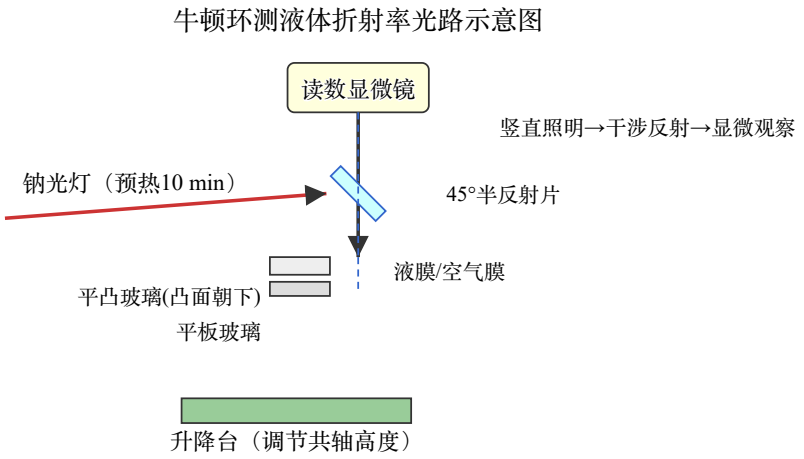


图3　钠光灯—45° 半反射片—牛顿环装置—读数显微镜的整体光路

光路图须体现"水平入射—45° 转折—竖直观测"，这是本题给分点之一。

2-4. 实验题 · 6分

答案 用 $\lambda = 546$ nm（实验一结果）照明空气膜牛顿环，测得 $R \approx 0.500$ m（考虑 $n_0 = 1.0003$）

详解

(1) 公式 空气膜时 $n = n_0 = 1.0003$，用相隔 $m-n$ 级的两暗环直径：

(2)

$$R = \frac{n_0\,(D_m^2 - D_n^2)}{4(m-n)\lambda}$$

(3) 示范数据表（本站建模，显微镜测微鼓轮精度 0.01 mm） 级次 k：5、10、15、20、25；暗环直径 D_k（mm）：2.428、3.434、4.206、4.857、5.428。逐环自检：D_k^2 应与 k 成线性，$D_5^2 = 5.895$，$D_{10}^2 = 11.792$，$D_{15}^2 = 17.690$，$D_{20}^2 = 23.590$，$D_{25}^2 = 29.463$ mm²，相邻差约 5.89 mm²，线性良好。

(4) 数据处理 最小二乘拟合 $D_k^2 = ak + b$ 得斜率 $a = 1.1787$ mm²、截距 $b \approx 0.003$ mm²（≈0，说明中心接触良好）。由 $a = 4\lambda R/n_0$：

(5)

$$R = \frac{n_0\,a}{4\lambda} = \frac{1.0003 \times 1.1787\ \text{mm}^2}{4 \times 5.461 \times 10^{-4}\ \text{mm}} = \frac{1.17905}{0.0021844}\ \text{mm} = 539.8\ \text{mm}$$

用两环差复核：$R = \dfrac{n_0(D_{25}^2 - D_5^2)}{4(25-5)\lambda} = \dfrac{1.0003 \times 23.568}{80 \times 5.461 \times 10^{-4}} = \dfrac{23.5751}{0.043688}$ mm = 539.8 mm，两法一致。回代：$D_{25} = \sqrt{4\lambda R \cdot\ 25/n_0} = \sqrt{4 \times 5.461 \times 10^{-4} \times 539.8 \times 25/1.0003} = \sqrt{29.45}$ mm = 5.427 mm，与测量值 5.428 mm 吻合。故 $R = (540 \pm 3)$ mm（不确定度主要来自 λ 与环位读数）。

若光源为钠双线（589.0/589.6 nm），R 公式中的 λ 直接用双线平均即可，双线对牛顿环仅造成环纹轻微对比度起伏，不影响半径定位。

2-5. 实验题 · 8分

答案 同一装置注入待测溶液，环纹半径按 $1/\sqrt{n}$ 收缩；由 $n = n_0\,a_{\text{air}}/a_{\text{liq}}$ 得 $n = 1.333 \pm 0.006$

详解

(1) 操作与数据 用滴管在两玻璃接触处注入少量待测溶液使充满液膜，保持压紧状态与 2-4 相同，仍在同一显微镜下测同级暗环。示范数据（本站建模）：级次 5、10、15、20、25 的暗环直径 D_k（mm）：2.102、2.974、3.643、4.208、4.700。自检 D_k^2：4.419、8.845、13.271、17.707、22.090 mm²，级差 4.418 mm²，线性良好。

(2) 数据处理 液膜拟合斜率 $a_{\text{liq}} = 0.8840$ mm²（两环差复核：$D_{25}^2 - D_5^2 = 17.671$，除以 20 得 0.8836，一致）。

(3)

$$n = n_0 \frac{a_{\text{air}}}{a_{\text{liq}}} = 1.0003 \times \frac{1.1787}{0.8840} = 1.0003 \times 1.3334 = 1.3338 \approx 1.334$$

等价地用单环：$n = n_0\, D_{25,\text{air}}^2 / D_{25,\text{liq}}^2 = 1.0003 \times 29.463/22.090 = 1.3338$。回代核对：液膜暗环理论值 $D_{25} = \sqrt{4\lambda R \cdot \ \ 25/(n \cdot \ \ n_0^{-1})}$ 即 $\sqrt{29.45 \times 1.0003/1.3338} = \sqrt{22.09}$ mm = 4.700 mm，与测量值一致。

(4) 结果与误差 $n = (1.334 \pm 0.006)$（不确定度来自两次环位测量与斜率拟合，$u(n)/n \approx \sqrt{(u_{a,\text{air}}/a)^2 + (u_{a,\text{liq}}/a)^2} \approx 0.4\%$）。结果 1.334 与常见水溶液（如稀盐水约 1.334 – 1.339）相符，说明测量方案自洽。该值仅依本站建模数据给出；实际考试应以现场实测数据为准。

实验结束后按注意事项必须用酒精清洗两玻璃光学面上的残液，再用脱脂棉轻拭；这是操作规范给分点。

逐光知理 · 竞赛答案册 · 易错点速查

第34届全国中学生物理竞赛决赛实验二 · 易错点速查

补在原册之后：原册答案与详解未作任何改动

共 4 条 · 绑定本卷题号

只挑本卷最容易失分的动作，按「错法 / 机理 / 正解」三段写，题号与原册一致；公式沿用原册口径。

第 1-1 题

错法　算衍射角时把左、右两个游标的读数直接相减；或认为光栅刻线只要竖直就行，不检查左右同级谱线是否等高。

机理　度盘偏心差要靠同一级谱线两侧读数取平均来抵消，衍射角取同一游标上 $+k$ 级与 $-k$ 级读数之差再除以 2：$\theta_k = |\phi_{左} - \phi_{右}|/2$；左右游标相减得到的是偏心差本身。刻线若不平行于分光计转轴，左右两侧同级谱线会不等高，这是调节不到位的直接表现。

正解　望远镜先对无穷远聚焦、平行光管出射平行光，光栅面垂直入射光、刻线平行转轴（以左右第一级谱线等高为准）；零级两游标读数差应恰为 $180°00'$，可自查偏心差是否已消除。垂直入射用 $d\sin\theta_k = k\lambda$，$d = 1/600\,\text{mm} \approx 1.667\,\mu\text{m}$；示范数据 $\theta_1 = 9.483°$ 得 $\lambda_1 = 546.1\,\text{nm}$，以 1 级结果为主。

第 1-2 题

错法　斜入射时仍套垂直入射的 $d\sin\theta = k\lambda$；或把谱线刚进入望远镜视场的方向当成最小偏向角位置。

机理　斜入射时光栅方程为 $d(\sin\theta_k - \sin i) = k\lambda$，入射角 i 不能省掉。最小偏向角是对入射角求导的极值：条件 $\cos\theta_k/\cos i = 1$，即 $|i| = |\theta_k|$，入射光与衍射光对法线对称，此时 $\delta_{\min} = 2\alpha$。极值附近谱线先向零级方向移动、出现停驻转折，转动过头会反向移动；刚进视场的方向不是极小。

正解　缓慢转动载物台追踪同级谱线，以停驻（往返转折）位置为准记下 $\delta_{\min}$，由 $\lambda = \frac{k}{2d}\sin(\delta_{\min}/2)$ 计算；此法无需知道光栅法线绝对方位。示范测得 $\delta_{\min} = 19.16°$，$\lambda \approx 549\,\text{nm}$，与垂直入射法结果在误差范围内一致。

第 2-2 题 · 第(2)(5)问

错法　写液膜暗环半径时把折射率 n 放到分子；或直接从中心暗斑起数环、逐环读半径，没有用 r^2 对环级的直线斜率处理；两次测量压紧程度不一致也不说明。

机理　反射光暗环满足 $2ne = (k - 1/2)\lambda$，配合 $e \approx r^2/(2R)$ 得 $r_k^2 = k\lambda R/n$，故环半径平方与膜折射率成反比，注液后环纹按 $1/\sqrt{n}$ 收缩；空气膜与液膜两式相除，λ、R 消去，$n = n_0\, r_{k,\text{air}}^2/r_{k,\text{liq}}^2$。中心接触压紧变形会给 $r^2 - k$ 直线带入截距，用斜率或相隔两级的直径平方差可基本消去；两次压紧程度不同会改变 R 与中心接触状态，引入系统误差。

正解　先以空气膜（$n_0 = 1.0003$）测暗环得斜率解出 R，再保持同仪同压注入待测溶液测同级环；$n = n_0\, a_{\text{air}}/a_{\text{liq}} = n_0\, D_{\text{air}}^2/D_{\text{liq}}^2$，示范数据得 $n = 1.333 \pm 0.006$。用直径记录时取两环平方差 $D_m^2 - D_n^2$，自动消去中心偏移。

第 2-3 题

错法　光路画成钠光水平直接射向牛顿环、显微镜水平观察；或测直径时鼓轮来回旋转逐环读数；忽略照明是否近垂直入射。

机理　实验光路是「水平入射—45° 半反射片转折—竖直观测」：钠光经 45° 半反射玻璃片折转 90° 竖直向下、近垂直入射牛顿环装置，反射干涉光再经半反射片向上进入读数显微镜物镜。照明斜入射时光程差里的 $2ne$ 要换成 $2ne\cos\theta'$，暗环半径增大且外环畸变。测微鼓轮存在螺距空程，来回旋转会引入回程差。

正解　钠光灯预热后出光口对准半反射片，黑纸遮挡杂散光；显微镜竖直正对牛顿环上方，调焦至同心环清晰；十字叉丝先对准环外一侧，沿单一方向逐环读取直径两端读数。实验结束后用酒精清洗两玻璃光学面残液、脱脂棉轻拭。