

第 17 届 CPHOS 物理竞赛联考（复赛模拟赛）

实验答案

本文件于 2023 年 9 月 4 日 18:00 首次发布，最后更新于 2023 年 9 月 5 日 00:35。

CPHOS 物理竞赛联考是开放性公益性的考试，有意向参与的教师和学生可以关注“CPHOS”微信公众号进行报名，报名后方可参与联考。请使用“CPHOS 物理竞赛联考”微信小程序完成答题卡上传、阅卷、成绩查询等操作。联系方式见文件末尾。

答题卡上传

2023/9/1 12:00 - 2023/9/4 18:00

阅卷

2023/9/5 08:00 - 2023/9/10 18:00

非正式成绩

2023/9/11 08:00

成绩申诉

2023/9/11 09:00 - 2023/9/11 16:00

正式成绩

2023/9/11 20:00

*数值评分遵循以下标准：

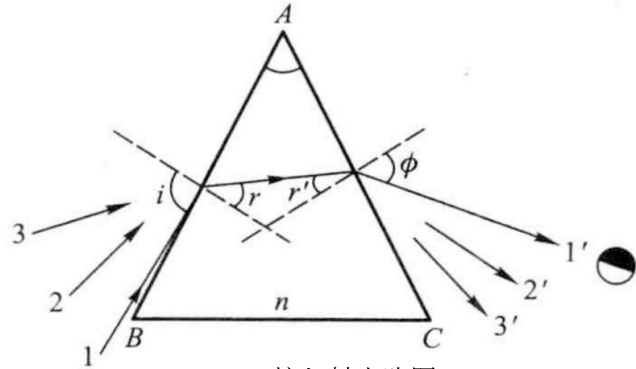
$$Y = y_0, \quad \text{Num} = A - B - X; \Delta = 0 - \alpha - \beta$$

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，该数据点得分扣完为止。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。

CPHOS

A.1	A.1.1	距离中性面 w 处应变为 (1.0pt) $\varepsilon = \kappa w$ 该处压强为 (1.0pt) $p = E\varepsilon = E\kappa w$ 总力矩为 (2.0pt) $M = \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} pw \cdot adw = E\kappa a \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} w^2 dw = \frac{1}{12} E\kappa ab^3$																				
	A.1.2	到原点水平距离 x 处力矩为 (1.0pt) $M(x) = F(L - x)$ 可得二阶导数 (1.0pt) $y''(x) = \kappa(x) = \frac{12M(x)}{Eab^3} = \frac{12F}{Eab^3} (L - x)$ 利用边界条件 $y'(0) = 0$ 可得一阶导数 (0.5pt) $y'(x) = \frac{12F}{Eab^3} \left(Lx - \frac{1}{2}x^2 \right)$ 利用边界条件 $y(0) = 0$ 可得竖直位移 (0.5pt) $y(x) = \frac{12F}{Eab^3} \left(\frac{1}{2}Lx^2 - \frac{1}{6}x^3 \right)$ 代入 $y(L) = \Delta y$ 即可解得 (1.0pt) $E = \frac{4FL^3}{ab^3\Delta y}$																				
	A.1.3	(3.0pt) 测量长度使用钢板尺；测量宽度使用游标卡尺；测量厚度使用读数显微镜。长度、宽度、厚度各1.0pt。 (1.0pt) 读数显微镜使用时应注意消除因螺纹间隙造成的空转误差即螺距差（回程差）。																				
	A.1.4	(2.0pt) $L = \frac{\sum_{i=1}^5 L_i}{5} = 10.00 \text{ cm}$ Num = 4 - -X; $\Delta = 0 - -0$ (1.0pt) $\sigma_{LA} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (L - L_i)^2}{5 \times 4}} = 0.01 \text{ cm}$ Num = 1, 2 - -X; $\Delta = 0 - -0$ (0.5pt) $e_L = 0.05 \text{ cm}$ Num = 1 - -X; $\Delta = 0 - 0.03 - 0.05$ (0.5pt) $\sigma_{LB} = \frac{e_L}{\sqrt{3}} = 0.03 \text{ cm}$ Num = 1 - -X; $\Delta = 0 - 0.02 - 0.03$ (1.0pt) $\sigma_L = \sqrt{\sigma_{LA}^2 + \sigma_{LB}^2} = 0.03 \text{ cm}$ Num = 1 - -X; $\Delta = 0 - 0.02 - 0.03$ $L = 10.00 \pm 0.03 \text{ cm}$																				
	A.1.5	(2.0pt) 材料的形变具有一定的滞后性，来回测量消除了非对称的效应。此处写增加数据量，减小拟合误差可酌情给分。																				
A.1.6	(3.0pt) 数据点错误每处扣除0.5pt。 x Num = 5 - 6 - X; $\Delta = 0 - -0$ <div>A.1.6 拟合数据计算</div> <table><tr><td>n</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td><td>10</td><td>12</td><td>14</td><td>16</td></tr><tr><td>$x(\text{mm})$</td><td>42.030</td><td>40.800</td><td>39.404</td><td>38.310</td><td>37.130</td><td>35.916</td><td>34.856</td><td>33.608</td><td>32.480</td></tr></table> 线性拟合 $x = kn + b$ 得到 (1.0pt) $k = 0.594 \text{ mm}$ Num = 3 - 4 - X; $\Delta = 0 - 0$ $b = 41.922 \text{ mm}$ 相关系数 (1.0pt) $r = -0.9997$ Num = 4, 5 - -X; $\Delta = 0 - -0$		n	0	2	4	6	8	10	12	14	16	$x(\text{mm})$	42.030	40.800	39.404	38.310	37.130	35.916	34.856	33.608	32.480
n	0	2	4	6	8	10	12	14	16													
$x(\text{mm})$	42.030	40.800	39.404	38.310	37.130	35.916	34.856	33.608	32.480													

		<p>(1.0pt) $\sigma_k = k \cdot \sqrt{\frac{1}{7^2} - 1} = 0.006 \text{ mm}$ Num = 1 - -X; $\Delta = 0 - -0$</p> <p>$k = 0.594 \pm 0.006 \text{ mm}$</p> <p>线性拟合必须满足自变量的不确定度远小于因变量的不确定度，因此必须使用 n 或 $\frac{n}{20}$ 而非 nm 等作为自变量。自变量选取错误可酌情给分。</p> <p>(1.0pt) $m = 0.815 \pm 0.001 \text{ g}$ Num = 3, 4 - -X; $\Delta = 0 - -0$</p> <p>(1.0pt) $E = \frac{4mgL^3}{ab^3k} = 9.96 \times 10^{10} \text{ pa}$ Num = 2, 3 - 4 - X; $\Delta = 0 - 0.05 - 0.10$</p> <p>(1.0pt) $\sigma_E = E \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{3\sigma_L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{3\sigma_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_k}{k}\right)^2} = 0.2 \times 10^{10} \text{ pa}$</p> <p style="text-align: right;">Num = 1, 2 - -X; $\Delta = 0 - 0.2 - 0.5$</p> <p>$E = (1.00 \pm 0.02) \times 10^{11} \text{ pa}$</p>
A.2	A.2.1	<p>(1.0pt) 8.00 Num = 3 - 2 - X; $\Delta = 0 - 0.05 - 0.10$</p> <p>(1.0pt) 10.45 Num = 4 - 3 - X; $\Delta = 0 - 0.05 - 0.10$</p>
	A.2.2	<p>(2.0pt)</p> <p>①钢板与底座未固定或者在启动时用力过大导致底座跟着移动。</p> <p>②钢片本身不均匀或有缺陷。</p> <p>每条各1.0pt。</p>
	A.2.3	<p>(1.0pt) 磁铁块数较少：振动的驱动力较小，更容易被外界的阻力干扰，导致频谱变换显示许多杂散的频率。</p> <p>(1.0pt) 磁铁块数较多：振动时驱动力太大，振动状态不稳定；由于尺寸受限，违背了忽略磁铁质量的要求以及小振动近似，与理论公式不符</p>
	A.2.4	<p>(1.0pt) $\frac{(1-12\beta^2)\mu_0\mu^2}{2\pi r_0^3} \approx -1.0 \times 10^7 \text{ J}$ Num = 1, 2 - 3 - X</p> <p>(1.0pt) $2K = \frac{1}{12}EV = \frac{1}{12}EabL \approx 1.0 \times 10^4 \text{ J}$ Num = 1, 2 - 3 - X</p> <p>数量级正确即可。</p> <p>(1.0pt) 第一项占主导地位。</p>
	A.2.5	<p>(1.0pt) a</p> <p>(2.0pt) 拟合第一列和第三列数据，对应的相关系数为-0.994, -0.998。</p> <p>r Num = 3, 4 - -X; $\Delta = 0 - -0$</p> <p>线性拟合1.0pt，每个相关系数各0.5pt。</p>
B.1	B.1.1	<p>(3.0pt)</p> <p>平行光管产生平行光；</p> <p>望远镜接收平行光（即聚焦无穷远）；</p> <p>平行光管和望远镜的光轴与仪器转轴垂直。</p> <p>每点各1.0pt。</p>
	B.1.2	<p>(0.5pt) ①松开望远镜套筒锁定螺钉。</p> <p>(1.0pt) ②转动望远镜套筒使得“十”字像的运动轨迹平行于 MN。</p> <p>(0.5pt) ③拧紧望远镜套筒锁定螺钉。</p>
B.2	B.2.1	<p>(2.0pt) $n_g = \frac{\sin\left(\frac{A+\delta_{\min}}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$</p>
	B.2.2	<p>(1.0pt) $\delta_{\min} = \frac{116^\circ + 296^\circ 40' - 63^\circ 14' - 243^\circ 17'}{2} = 53^\circ 23' 30''$</p> <p>(2.0pt) $n_g = \frac{\sin\left(\frac{60^\circ 00' + 53^\circ 23' 30''}{2}\right)}{\sin\left(\frac{60^\circ 00'}{2}\right)} = 1.6715$ Num = 5 - 4, 6 - X; $\Delta = 0 - 0.0002 - 0.0002$</p>
	B.2.3	<p>(3.0pt)</p>



B.2.3 掠入射光路图

图名1.0pt; 多条光线1.0pt; 望远镜视场明暗分界线1.0pt。

实验原理：

(2.0pt) 如图所示，用单色扩展光源照射到顶角为A的玻璃三棱镜的 AB 面上，以角*i*入射的光线经三棱镜两次折射后，从 AC 面以角*φ*射出。对于入射角*i* < 90°的光线（如光线1,2,3等）均可进入三棱镜，在 AC 面出射光线1',2',3'形成亮场；而入射角*i* > 90°的光线无法进入三棱镜（BC 面为非光学面），形成暗场。明暗分界线对应的是*i* = 90°入射（称为掠入射）的光线，此时的出射角最小，称为极限角*φ*。扩展光源0.5pt; 明暗分界线对应掠入射光线1.0pt; 表述0.5pt。

三棱镜折射率*n_g*满足

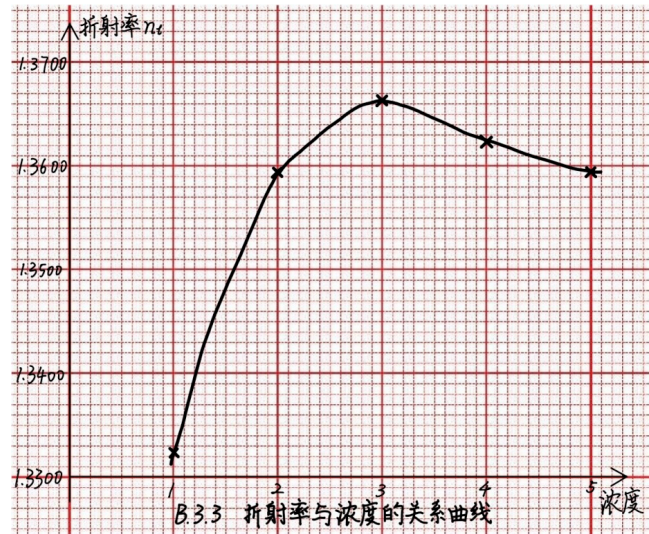
(2.0pt)
$$n_g = \sqrt{1 + \left(\frac{\cos A + \sin \varphi}{\sin A} \right)^2}$$

实验步骤：

- (0.5pt) ①整体移动分光计，使钠光灯大体位于 AB 的延长线上；
(0.5pt) ②在三棱镜的 B 角处放置一片毛玻璃作为扩展光源，方向略平行于 AB 面的法线；
(0.5pt) ③用眼睛在 AC 面出射光方向可找到一个明暗分界线，再将望远镜 PP'线对准分界线，几下左右游标读数*θ_{1L}*, *θ_{1R}*；
(0.5pt) ④转动望远镜至 AC 面的法线位置（止动游标盘），记下两边游标读数*θ_{2L}*, *θ_{2R}*；
(0.5pt) ⑤求出掠入射时的极限角*φ* = $\frac{1}{2} \cdot [(\theta_{1L} - \theta_{2L}) + (\theta_{1R} - \theta_{2R})]$ ，测量三次求出平均值*φ̄*。
(0.5pt) ⑥计算得到三棱镜折射率*n_g*，整理仪器。

B.3.1 (2.0pt)
$$n_l = n_g \sin \left(A - \arcsin \left(\frac{\sin \theta}{n_g} \right) \right)$$

(3.0pt)



本小题得分扣完为止

曲线不够光滑，扣除1.0pt;

数据点缺失或有明显偏离，每处扣除0.5pt;

若出现以下错误，每处扣除0.5pt:

B.3

B.3.2

无坐标轴标度；无图名；无物理量标注；作图区域过小；图示潦草；图示过于潦草。

(5.0pt)

B.3.2 不同浓度酒精溶液折射率的计算数据

溶液浓度	1	2	3	4	5
θ	12°00′	9°21′	8°40′	9°04′	9°21′
n_l	1.3324	1.3595	1.3663	1.3623	1.3595

数据点错误每处扣除0.5pt。

$n_l \text{ Num} = 5 - 4, 6 - X; \Delta = 0 - 0.0005 - 0.0010$

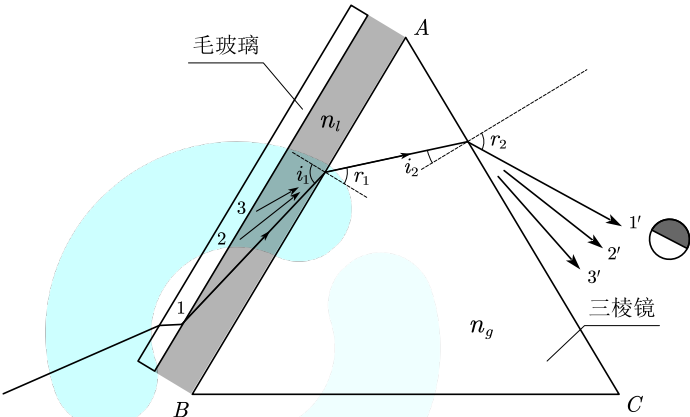
(1.0pt) 折射率随浓度增加先增大后减小

(2.0pt)

- ①明暗分界线判断不准确。
- ②酒精挥发导致浓度变化。
- ③两个三棱镜不完全相同，且对三棱镜折射率的测量有一定误差。

每点1.0pt,答出两点即得全分

(4.0pt)



B.3.5 测量液体折射率光路图

光路大致正确1.5pt；图名0.5pt；毛玻璃标注0.5pt；多条光线0.5pt；望远镜视场明暗分界线1.0pt。

(2.0pt) 如图所示，入射光线经过毛玻璃散射，穿过待测液体照射到顶角为A的玻璃三棱镜的 AB 面上，以角 i_1 入射的光线经三棱镜两次折射后，从 AC 面以角 r_2 射出。对于入射角 $i_1 < 90^\circ$ 的光线（如光线1,2,3等）均可进入三棱镜，在 AC 面出射光线1',2',3'形成亮场；而入射角 $i_1 > 90^\circ$ 的光线无法进入三棱镜（BC 面为非光学面），形成暗场。明暗分界线对应的是 $i_1 = 90^\circ$ 入射（称为掠入射）的光线，此时的出射角最小，称为极限角 θ 。毛玻璃散射0.5pt；明暗分界线对应掠入射光线1.0pt；表述0.5pt。

此光路与本部分实际测量所用光路的一半相似，因而有相同的计算公式。

(1.0pt) $n_l = n_g \sin \left(A - \arcsin \left(\frac{\sin \theta}{n_g} \right) \right)$

版权信息

命题人

杨 旻 胡宸源

审题人

王天齐 胡仕豪 黄子橙 陆颖熙

联系方式



微信公众号
CPHOS



官方网站
www.cphos.cn



CPHOS 论坛

邮箱

service@cphos.cn

微信小程序

CPHOS 物理竞赛联考

