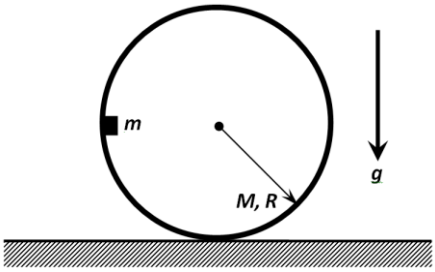
第 1 题（9 分）

此题目由相互独立的三部分组成。

A 部分（3 分）



将一个质量为m的小物块小心的放置在一个质量为M，半径为R的中空薄壁圆柱内表面上。初始时，圆柱静止在水平面上，小物块与水平面距离为R，如左图所示。求在小物块到达它的轨道最低点时，小物块与圆柱的相互作用力F。假设小物块与圆柱内壁之间无摩擦，圆柱在水平面上只有滚动，没有滑动。自由落体的加速度为g。

B 部分（3 分）

一个半径为$r = 5.00\ \text{cm}$的肥皂泡，内部充满双原子分子的理想气体，肥皂膜的厚度为$h = 10.0\ \mu\text{m}$，肥皂泡放置在真空中。肥皂膜的表面张力系数$\sigma = 4.00 \cdot 10^{-2}\ \frac{\text{N}}{\text{m}}$，肥皂膜的密度$\rho = 1.10\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$。

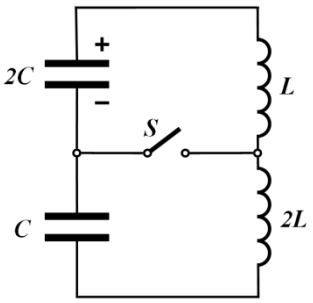
1）理想气体被缓慢加热，气泡一直保持力学平衡，求在这样的热学过程中，肥皂泡内气体的摩尔热容量的表达式，并计算其结果。

2）假定肥皂膜的热容量远大于肥皂泡内气体的热容量，求肥皂泡径向微小振动的角频率ω的表达式，并计算出其结果。设肥皂泡内气体达到热平衡的时间远小于系统的振动周期。

提示：拉普拉斯指明，液体膜面的内外存在压强差，这是由于液体和气体界面的表面张力产生的，其压强差为 $\Delta p = \frac{2\sigma}{r}$。

C 部分（3 分）

如右图所示，初始时，电路中的开关 S 是打开的，一个电容量为 $2C$ 的电容器上的电荷量为 q_0，另一个电容量为 C 的电容器未充电，电感分别为 L 和 $2L$ 的两个线圈中没有电流。电容放电，当线圈内的电流达到最大值时，将开关 S 闭合。求此后通过开关 S 的最大电流 $I_{\max}$的表达式。



第 2 题　范德瓦尔斯状态方程（11 分）

在熟悉的理想气体模型中，其状态方程遵从克拉珀龙－门得列夫定律（Clapeyron-Mendeleev law），但是，理想气体模型忽略了以下所提及的重要物理性质，首先，真实气体分子是有大小的; 其次，分子间彼此存在相互作用。此题所有部分只需考虑一摩尔的水分子。

A 部分 非理想气体状态方程　（2 分）

当考虑气体分子尺度时，气态的状态方程为

$$P(V-b)=RT \qquad (1)$$

这里P,V,T分别为气体的压强、摩尔体积及温度；R 表示普适气体常数；b为与体积有关的常量。

A1	估算b，以分子的直径d表示。（0.3 分）

当考虑到分子间的吸引力时，范德瓦尔斯提出了以下状态方程，此方程清楚地描述了气体及液体的状态。

$$\left(P+\frac{a}{V^2}\right)(V-b)=RT. \qquad (2)$$

式a为常量。

当温度T低于某临界值T_c，方程（2）的等温线可以用图 1 中的非单调曲线 1 表示，该曲线被称为范德瓦尔斯等温线。图 1 中的曲线 2 表示相同温度下理想气体的等温线。真实等温线与范德瓦尔斯等温线有所不同，在某常压强P_{LG}处，在范德瓦尔斯等温线上画一条线段 ***AB*,该线段**位于体积V_L及V_G之间，对应着液相（以L标示）平衡及气相（以G标示）平衡。J.Maxwell 根据热力学第二定律证明，压强P_{LG}的选择应该使得图 1 中区域 I 及 II 的面积相等（称为 Maxwell 规律 ）

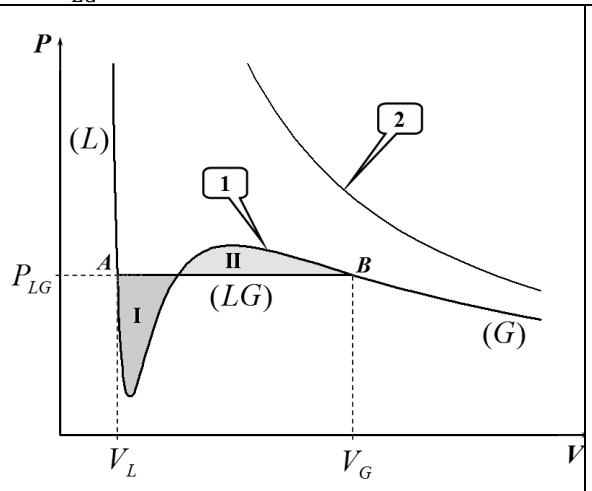


图 1. 范德瓦尔斯液态 / 气态等温线（曲线 1）及理想气体等温线（曲线 2）

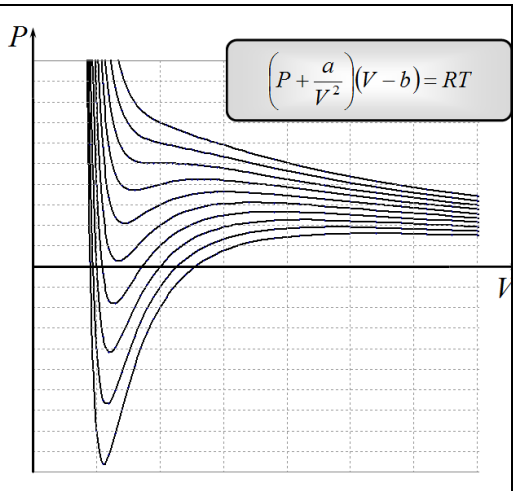


图 2：多个范德瓦尔斯状态方程的等温线

随着温度上升，在等温线上的线段AB会缩短，当温度上升到某个温度T_c，且压强$P_{LG} = P_c$时，线段AB将缩成一个点。P_c和T_c分别叫做临界压强和临界温度，它们可用实验精确测定。

A2	推导范德瓦尔斯常量a和 b，用T_c和P_c表示。（1.3 分）
A3	对于水，$T_c = 647$ K ，$P_c = 2.2 \cdot 10^7$ Pa 。计算水的范德瓦尔斯常量a_w和b_w。（0.2 分）
A4	估算水分子的直径d_w。（0.2 分）

B 部分 气体和液体的性质 （6 分）

这一部分问题研究水在温度$T = 100\,°\text{C}$ 气体和液体状态下的一些性质。该温度下的饱和蒸汽压强是$p_{LG} = p_0 = 1.0 \cdot 10^5$ Pa，水的摩尔质量是$\mu = 1.8 \cdot 10^{-2}\ \frac{\text{kg}}{\text{mole}}$。

气体状态

水在气态时， $V_G \gg b$的假设是合理的。

B1	推导体积V_G的表达式，用R, T, p_0和a表示。（**0.8 分**）

利用理想气体状态方程计算出的水的体积为V_{G0}，V_{G0}与V_G的数值差异很小。

B2	计算由于分子间的相互作用力，相对于理想气体，体积的相对减小量(百分比表示)$\frac{\Delta V_G}{V_{G0}} = \frac{V_{G0} - V_G}{V_{G0}}$ **(0.3 分)**

如果系统体积减小到小于V_G，气体开始收缩。然而，非常纯的气体系统仍能处于气态，这是一种力学亚稳态（此时气体被称为过冷气体）。系统保持这个状态，直至体积减小到特定值$V_{G\min}$。

温度不变条件下，过冷气体力学稳定性条件可以写成$\frac{dP}{dV} < 0$。

B3	求:水蒸汽的体积可以减少多少倍而还能保持处于亚稳态，即求出$V_G/V_{G\min}$的表达式，并计算其数值。（**0.7 分**）

液体状态

用范德瓦尔斯方程描述液态水时，可以假定不等式$P \ll a/V^2$成立。

B4	求出液态水的体积V_L的表达式，用a, b, R和 T表示。（**1 分**）

假设$bRT \ll a$，下面计算关于水的有关参数。如果计算得到的数值和所熟知的数值有差异，不要奇怪。

B5	求出液态水的密度ρ_L的表达式，用μ, a, b, R来表示，并计算结果。**（0.5 分）**
B6	求出体积热膨胀系数$\alpha = \frac{1}{V_L}\frac{\Delta V_L}{\Delta T}$的表达式，用$a, b, R$表示，并计算出结果。**（0.6 分）**
B7	求出水的气化比热容L的表达式，用μ, a, b, R表示，并计算结果。**（1.1 分）**
B8	考虑单层分子构成的水层，估算水的表面张力σ。**（1.2 分）**

C 部分 液体-气体系统（3 分）

根据前述的 Maxwell 规律（通过简单的积分，得到的面积相等）和范德瓦尔斯状态方程，利用 B 部分中的近似，可以证明饱和蒸汽压p_{LG}与温度T的关系为

$$\ln p_{LG} = A + \frac{B}{T}, \tag{3}$$

式中A和B均为常量，并且可以由a 和 b表示为: $A = \ln\left(\frac{a}{b^2}\right) - 1$; $B = -\frac{a}{bR}$

汤姆逊指出，饱和气体压强依赖于液体表面的曲率。考虑一种对毛细管非润湿液体（接触角为 180°），当毛细管浸入液体中，由于表面张力的存在，毛细管中的液体将下降到一定高度(见图 3)。

C1	求出液体弯曲表面上饱和蒸汽压的微小变化Δp_T，用蒸汽密度ρ_s，液体密度ρ_L，表面张力和表面曲率半径r表示。（1.3 分）

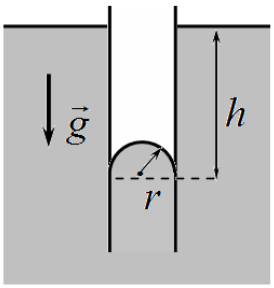


图 3 毛细管插入非浸润其的液体中

在 B3 部分中考虑的亚稳态被广泛用于实际的实验装置中，例如研究基本粒子性质的云室。它们也在自然现象中发生，例如晨露的形成。过冷蒸汽在形成液滴时冷凝。非常小的液滴快速蒸发，但是足够大的液滴能够继续增大。

C2	假设夜晚的温度为$t_e = 20\,°\mathrm{C}$ 时，空气中的水蒸气饱和，但是早晨时环境温度降低了$\Delta t = 5.0\,°C$。假设蒸汽压保持不变，利用水的表面张力的值$\sigma = 7.3 \cdot 10^{-2}\,N/m$，估算能够形成的液滴的最小半径。(1.7 分）

第 3 题　气体放电的最简模型 (10 分)

电流流过气体的现象称为气体放电。气体放电有很多种类，包括电灯中的放电、焊接中的弧光放电，还有我们熟知的闪电中的云与地球间的火花放电。

A 部分 非自维持(Non-self-sustained)的气体放电（4.8 分）

此部分研究所谓的非自维持的气体放电。为了维持气体长久放电，必须外加一个电离器。外加电离器在单位体积单位时间内产生出 Z_{ext} 个电离离子和自由电子对。

当外加电离器开启后，电子及离子数目开始增加。自由电子与离子结合形成中性原子的复合过程会阻止气体中的电子和离子数目无限量增加。在气体内，单位体积单位时间内发生的复合次数 Z_{rec} 可用以下公式表示：

$$Z_{\mathrm{rec}} = r n_e n_i,$$

式中，r 为常数称为复合系数；n_e，n_i 分别表示电子数密度和离子数密度。

假设当时间 $t=0$ 时，外加电离器开启，此时气体中电子和离子的初始数密度都是零。电子数密度$n_e(t)$随时间变化可用以下公式表示：

$$n_e(t) = n_0 + a\tanh bt,$$

式中n_0, a及 b 为常数，$\tanh x$为双曲正切函数。

A1	求出 n_0、a 及 b，以 Z_{ext} 及 r 表示。**（1.8 分）**

假设提供两部外加电离器。当第一部外加电离器单独开启后，气体中电子数密度到达平衡值$n_{e1} = 12 \cdot 10^{10}\ \mathrm{cm}^{-3}$。当第二部外加电离器单独开启后，气体中电子数密度到达平衡值 $n_{e2} = 16 \cdot 10^{10}\mathrm{cm}^{-3}$。

A2	求当两部外加电离器同时开启后，达到平衡时的电子数密度 n_e。**（0.6 分）**

注意！*以下部分假设外加电离器已开启一段很长的时间，因此所有过程已达稳定，并与时间无关。因载流子产生的电场可完全忽略掉。*

假设气体充满了管道，而管道置于两块面积为 S 相距$L \ll \sqrt{S}$的平行导体板中。电压 U 加在两平行导体板之间以产生电场。假设在管道中两种载流子的数密度几乎保持不变。

考虑电子（以下标 e 标示）及离子（以下标 i 标示）因电场强度 E 而获得相同数量级的速率，可表示为：

$$v = \beta E$$

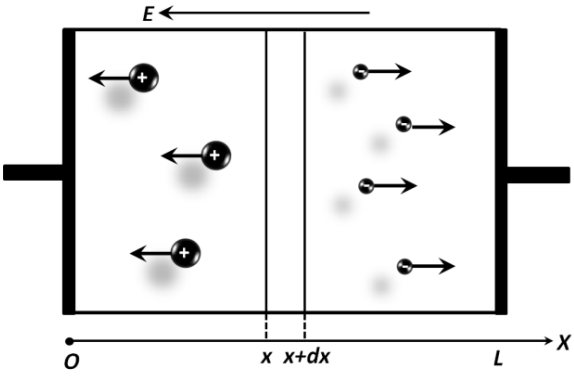
式中β为常数，称为电荷迁移率。

A3	求出管道内的电流 I，用 U、β、L、S、Z_{ext}、r 及基本电荷 e 表示。**（1.7 分）**
A4	求当外加电压足够小时气体的电阻率ρ_{gas}，用$\beta, L, Z_{\mathrm{ext}}, r$及 e 表示。**（0.7 分）**

B 部分 自维持(Self-sustained)气体放电(5.2 分)

在这部分问题中对自维持气体放电的触发进行研究，表明在管道中的电流是如何实现自维持状态的。

注意！*在后续部分中外加电离器以相同的速率Z_{ext}持续工作，忽略载流子产生的电场，因此电场在沿管道方向上是均匀的，并完全忽略电子和离子对的复合。*



关于自维持气体放电，前面的内容有两个重要过程没有考虑。第一个过程是二次电子发射，第二个过程是电子雪崩的形成。二次电子发射发生在离子轰击负电极（也叫阴极）时，电子被撞出向正电极（也叫阳极）运动。单位时间被撞击出的电子数密度$\dot{N}_e$与单位时间轰击阴极的离子数密度$\dot{N}_i$之比称为二次电子发射系数$\gamma = \frac{\dot{N}_e}{\dot{N}_i}$。电子雪崩现象则可以做如下解释: 电场加速自由电子，自由电子获得足够的动能，轰击气体中的原子，这些原子被电离，结果使得向阳极运动的自由电子数目显著增加。这个过程可以用汤森德系数α来描述，它表征N_e个电子通过长度dl后的电子数目增加量dN_e。满足关系式:

$$\frac{dN_e}{dl} = \alpha N_e.$$

流经气体管道任何截面上的总电流I包括离子电流$I_i(x)$和电子电流$I_e(x)$，其在稳态时与坐标x有关，如上图所示。电子电流$I_e(x)$随x轴变化式为:

$$I_e(x) = C_1 e^{A_1 x} + A_2,$$

式中 A_1，A_2，C_1 是常量。

B1	求出A_1, A_2，用$Z_{\text{ext}}, \alpha, e, L, S$表示。**（2 分）**

离子电流$I_i(x)$随x轴变化式为:

$$I_i(x) = C_2 + B_1 e^{B_2 x},$$

式中B_1, B_2, C_2是常量。

B2	求出B_1, B_2，用$Z_{\text{ext}}, \alpha, e, L, S, C_1$表示。**(0.6 分)**
B3	写出$x = L$处$I_i(x)$的值。**（0.3 分）**
B4	写出$x = 0$处$I_i(x)$和$I_e(x)$之间的关系。**（0.6 分）**
B5	求总电流I，用$Z_{\text{ext}}, \alpha, \gamma, e, L, S$表示。此处假定电流的大小是有限的。**（1.2 分）**

设汤森德系数α为常数。当管道长度大于某一临界值，即 $L > L_{\text{cr}}$，可以关闭外加电离器，而放电过程将自发维持住。

B6	求L_{cr}，用$Z_{\text{ext}}, \alpha, \gamma, e, L, S$表示。**（0.5 分）**

实验： 看见隐藏的现象！（20 分）

简介

很多物质表现出光学各向异性，表现为光的折射率依赖于光的传播方向和偏振方向。各向同性的介质受到机械应力、受热不均或被施加了外加电场时，也会产生光学各向异性现象。光学材料中有一个方向，光沿该方向传播时，不发生双折射，该方向称为光轴。

本实验题采用典型的光学实验装置来研究光学各向异性（如图 1）。

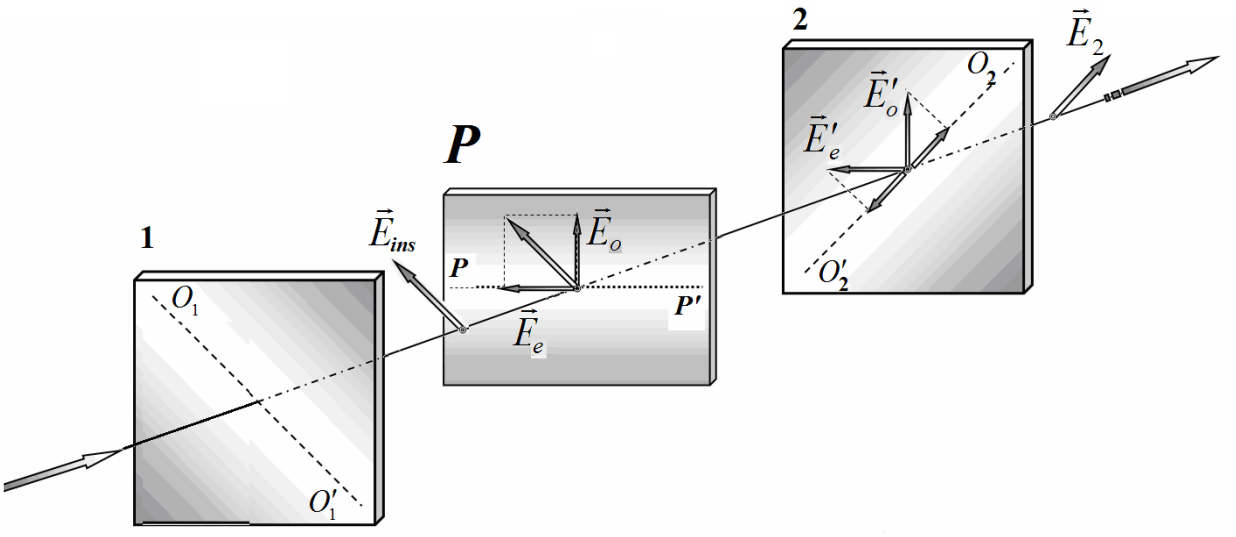


图 1. 研究光学各向异性的实验装置

光线入射到偏振片 1 上，偏振片 1 的透振平面与偏振片表面的交线为 O_1O_1'， O_1O_1'为透振方向。光线通过偏振片 1 成为线偏振光，其电场矢量 $\vec{E}_{ins}$的振动方向为偏振片 1 的透振方向。接着光线照射到各向异性光学薄片 P 上，P 的光轴方向 PP'在晶体平面内且与偏振片 1 的透振方向成 45° 。在 P 内光可被分成两种：振动方向垂直于光轴的寻常光$\overrightarrow{E_o}$和振动方向平行于光轴的非寻常光$\overrightarrow{E_e}$。这两种光波的折射率不同，其折射率差为$\Delta n = n_o - n_e$。从光学薄片 P 出射时两光波的相位差为$\Delta\varphi = 2\pi h\Delta n/\lambda$（$h$ 为薄片厚度，λ 为入射光在真空中的波长）。因此，出射光的偏振态发生改变，两种光合成为椭圆偏振光。接着，光束通过偏振片 2，偏振片 2 的透振方向 O_2O_2'与偏振片 1 的透振方向垂直。

经过简单的推导可以得到，光束经过光学薄片 P 和偏振片 2 之后的光强为：

$$I_2 = kI_0 \sin^2\frac{\Delta\varphi}{2}, \quad (1)$$

式中，I_0为照射到光学薄片上的光强，k 为光通过光学薄片 P 和偏振片 2 的透过率系数，$\Delta\varphi$ 光学薄片 P 后寻常光与非寻常光的相位差。

本实验除特别要求外，均不需要估计误差！

实验元器件的具体描述见附录 A

第 1 部分 定性的现象观察（3.5 分）

1.1 部分 偏振片（0.8 分）

1.1	找出偏振片 1 和偏振片 2 的透振方向。将各自的透振方向在答题卡的图上分别标出来(哪个对角线)。（0.8 分）

1.2 部分 尺子（1.0 分）

在这部分实验中使用发光二极管(LED)做白光光源。

将 LED 固定在支架上，并连接好电源。安装好两个偏振片，有标号的一面（标有数字 1 和 2, 后文中称之为正面）朝向光源。摆放时确保两个偏振片的透振方向正交，即第二个偏振片后没有光线透出。如附录 B 中的图 1B，用一张白纸挡在第一个偏振片的正面。

在两个偏振片中间放把塑料尺子。你可以用手移动尺子。

1.2.1	找出塑料尺所有可能的光轴方向，并在答题卡中的图上标出来。（0.4 分）
1.2.2	分别估算只用 1 号尺子和两把尺子重叠这两种情况时, 沿着尺子的长度大概多少厘米时，蓝光的相位差改变了 2π。（0.6 分）

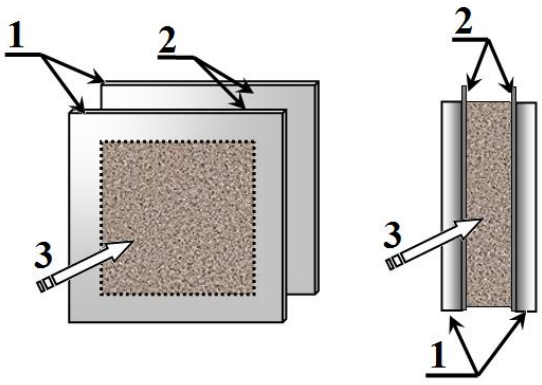
1.3 部分 塑料薄片（0.8 分）

1.3.1	找出塑料薄片所有可能的光轴方向，并在答题卡中的图上标出来。（0.4 分）

将一长条柔韧的塑料薄片用夹子固定在屏上，薄片的边缘与屏的边缘对齐。如图 3B，薄片处于弯曲状态。将夹有该塑料薄片的屏放在两个偏振片中间。移动屏，观察塑料薄片上的色彩变化。如图 3B 那样以白屏的左边缘作为 x 轴的零点。

下面的坐标测量都是通过屏幕上的标尺获得的。在图 3B 中，支架左边缘的箭头标示出了标尺的位置。

1.3.2	测量两个暗带之间的中间点的坐标，左边暗带的中心点坐标为x_L，右边的坐标为x_R（0.4 分）



1.4 部分 液晶盒（0.9 分）

液晶（LC）是介于固态晶体和无定型液体之间的一种物质，其分子取向可以通过外加电场很容易地调整和控制，液晶具有各向异性，有两个折射率.各向异性现象的效果依赖于外加的交流(AC)电压。液晶盒(LCC)由两个玻璃片组成，玻璃片 1 的内表面镀有透明的导体层 2。两个玻璃片之间是薄薄的液晶层 3(厚度约 10 毫米) 。玻璃片上焊有铅以连接 AC 电源。不加电压时，液晶的长分子的方向平行于玻璃片。分子的方向与晶体的光轴一致。

在两个偏振片中间放置一个液晶盒（LCC），并连上电源。改变加在液晶盒上的电压，观察透过光的色彩变化。

1.4.1	加在液晶盒上的电压为零和最大电压情况下，找出所有可能的光轴方向，并在答题卡中的图上标出来。设 Z 轴为竖直方向。（0.6 分）

1.4.2	测量当液晶分子轴向发生 90° 突变时，加在液晶盒上的电压U_{cr}。注意，万用表置于 AC 电压模式。（0.3 分）

第 2 部分 测量！（16.5 分）

从电源上拆下 LED。取下偏振片上的白纸
在此部分实验中，激光被用作光源，使用时要确保其与电源连接！

将激光，偏振片 1，有开口的屏幕，以及光电探测器（一个光电二极管）通过插槽固定在底座上。调整实验装置，使激光束通过起偏器和屏幕的开口后正好照在光电二极管上。利用旋钮 5c(见附录 A)调整光束宽度，确保光电二极管上的光斑尺寸为 5-6 mm。

激光器出射的是线偏振光。用旋转圆盘 5a 来调整激光的偏振方向，使激光束基本上全部通过第一个偏振片，并且椭圆形光斑的长轴在竖直方向。方向确定后，接下来必须利用旋钮 5d 和 15c 将激光和光电探测器固定住。安装偏振片 2，确保两个偏振片是正交的。图 4B 为安装屏幕之后的整套实验装置图。

2.1 部分 研究光电二极管 (3.2 分)

采用光电二极管测量光强，其电动势是照射光强度的复杂函数。测定光强用到的电路如图 2 所示。万用表测得的直流(DC)电压依赖于照射光强度和可变电阻器的阻值。**下面实验的主要目标是选择电阻的最佳值，使电阻上的电压值与照射在光电二极管上的光强成正比。**

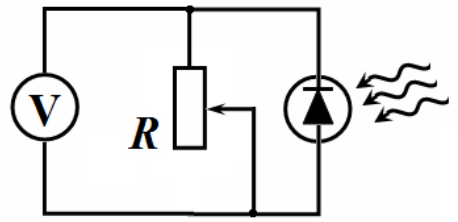


图 2. 测量光电二极管电动势的电路

在本部分实验中，需从光学工作台上取下第二个偏振片和屏。

减弱光强的衰减片必须用夹子固定在偏振片的后面，如图 5B 所示。

被测电压的最大值必须超过 300 mV。

利用万用表，可以测量电阻器的电阻值和电阻器上的电压（当然，使用万用表时必须选择恰当的档位）。此外，开关也要放在恰当的位置，从而能够采用一个万用表既能测量电阻也能测量电压，也就是只通过打开和合上开关以及调节万用表档位就能够测量，而不用重新拆开再连接电路。

2.1.1	在电路图上合适的位置处画出开关，使得通过开和关，能测量电阻器上的电压和测量电阻。（0.2 分）
2.1.2	在两种照射光强度下，测定电阻器上的电压与电阻器电阻的函数关系。这两种照射光强度分别为最大值（滤光片的数量 $n=0$）和最小值（滤光片的数量$n=5$）。在同一张图上画出相应的两条关系曲线。在图中标出在什么电阻范围内,对应的两条曲线的电压差值是最大的。 （1.0 分）
2.1.3	滤光片用于减弱照射在光电二极管上的光强，测量电阻器上的电压U与滤光片数量$n=0,1,2,3,4,5$的关系。必须采用三个不同的电阻值，大约是$R=30\,k\Omega$, $R=20\,k\Omega$ 和 $R=10\,k\Omega$。将相应的函数关系画在同一张图上，注意选取合适的坐标，以能够说明电阻器上的电阻是否与照射在光电二极管上的光强成线性关系。根据上面提到的三个电阻值所得到的实验结果，再选择一个线性关系最好的最佳电阻值R_{opt}，使用此电阻时测量不同光强下的电压并作图。（1.0 分）
2.1.4	利用获得的这些数据，计算滤光片的透过率$\gamma=I_{tr}/I_{inc}$，并估计误差。这里I_{tr}为透射光强，I_{inc}为入射光强。如果需要的话，可以进行额外的测量。(1.0 分)

后续实验中的测量必须使用上面选定的最佳电阻值！
后面实验中光强采用相对单位 mV，数值上等于电阻器上的电压值。

2.2 部分 透过塑料尺的光(5.4 分)

将塑料尺放在两个偏振片之间，可以用手移动尺子。然后，用夹子把尺子夹在带有开口的屏上(见图 2B)，尺子的底边必须和屏上所画的直线重合，且尺子的刻度在上端。确信所提供的两把尺子都有双折射现象。把一把尺子叠放在另外一把尺子上，当光通过时，观察出现的图样。

在本部分中使用 1.2 部分中的所提到的光学装置，按图 4B 摆放。确保尺子按照 1.2 部分中描述的位置固定在屏上。

2.2.1	测量透射光强（以 mV 为单位）与尺子上入射光点的位置坐标x(0 到 10 cm)的关系。要分别测量所提供的每把尺子，以及两把尺子叠在一起的情况。在每种情况下，要测出电压的最大值。在同一张图中作出每种情况对应的关系曲线。(2.0 分)
2.2.2	对每把尺子，计算x 从 0 到 7 cm 所对应的寻常光和非常光之间的位相差$\Delta\varphi$。在图中作出$\Delta\varphi(x)$对应的关系线。写出计算时你使用的所有公式。(1.2 分) ***注意无法通过公式（1）直接推出相位差，要正确地计算相位差，还需要一些其他物理条件。***
2.2.3	假定对于每把尺子，$\Delta\varphi(x)$各自满足线性关系 $\Delta\varphi_1 = a_1 x + b_1,$ $\Delta\varphi_2 = a_2 x + b_2,$ 分别确定尺子 1 和 2 各系数的数值。（1.0 分）
2.2.4	利用 2.2.1-2.2.3 部分所得到的那些数据，计算两把尺子叠在一起时的透射光强的理论值。写下你计算时使用的所有公式。并在 2.2.1 部分的实验图中加画上计算得到的理论曲线。(1.2 分)

2.3 部分 液晶盒 (4.5 分)

光通过液晶盒

将液晶盒如图 6B 那样放在两个偏振片之间。

要观测的实验，其参量之间的关系特性会有很快的突变，具有很强的非单调性。进行实验测量时一定要注意到这一点。

测量液晶盒电源的交流电压和光电探测器的直流电压时，用合适的连接线直接与万用表相连。

2.3.1	测量透射光的强度与液晶盒所加电压的关系。作图画出相应的关系线。(2.0 分)
2.3.2	当电源与液晶盒未连接时，计算寻常光和非常光的相位差$\Delta\varphi_0$。(1.5 分)
2.3.3	液晶盒上所加电压在很宽的范围内，寻常光和非常光的相位差与所加电压之间的关系为 $\Delta\varphi = CU^{\beta}$ 利用所得到的数据，画图确定上式适用的区间，计算指数β。标明适用区间，并估算出指数β。(1.0 分)

2.4 部分 光透过弯曲塑料薄片（3.4 分）

按照 1.3 部分的描述，把塑料薄片安装在屏上。

2.4.1	测量透过光学系统的光强与入射光透过薄片后的光点位置坐标 x 的函数关系。x 的测量范围为薄片弯曲对称中心的$\pm 20\ mm$，作图画出相应的关系曲线。（1.2 分）
2.4.2	计算当塑料薄片不弯曲时，寻常光和非寻常光之间的相位差$\Delta\varphi_0$，已知$\Delta\varphi_0$处于10π到12π间。（1.2 分）

靠近薄片中心部分，薄片的形状近似为一个半径为R的圆弧。理论上，相位差$\Delta\varphi$与距薄片中心的距离 z（$z \ll R$），满足如下关系

$$\Delta\varphi=\Delta\varphi_0\left(1+\frac{z^2}{2n^2R^2}\right),$$

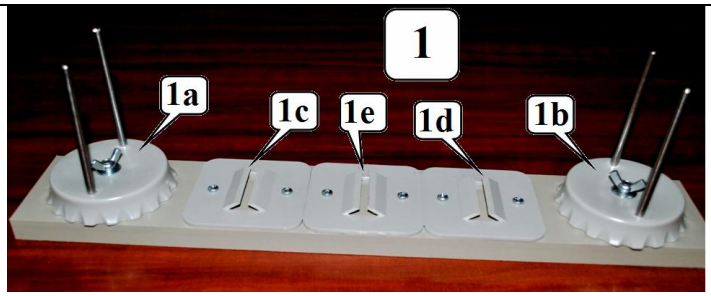
式中$n = 1.4$是塑料薄片的折射率.

2.4.3	用前面几部分得到的数据，计算靠近薄片中心部分的圆弧曲率半径R 。已知薄片折射率为$n = 1.4$。(1.0 分)

附录 A 实验装置

光学工作台 1 及夹具：

1a – 用于固定光源的带有螺丝的夹具;
1b – 用于固定光电探测器的带有螺丝的夹具;
1c, 1d – 固定偏振片的卡槽;
1e –固定屏幕及液晶盒（LCC）的卡槽。

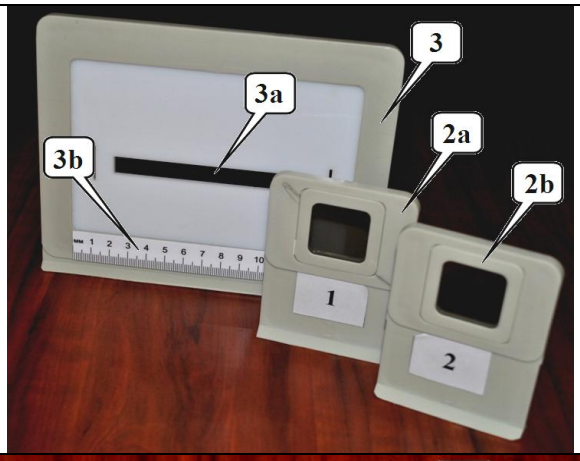


2a, 2b – 固定在支架上的偏振片。在偏振片正面贴有数字 1 及 2。

安装偏振片时,应该正面对着光源!

偏振片的偏振方向与水平方向夹角为 45°。

3 – 有开口(3a)及标尺(3b)的屏幕



光源:

4 – 发光二极管(LED):

4a –电源连接接头;
4b – 固定螺钮;

5 – 激光器:

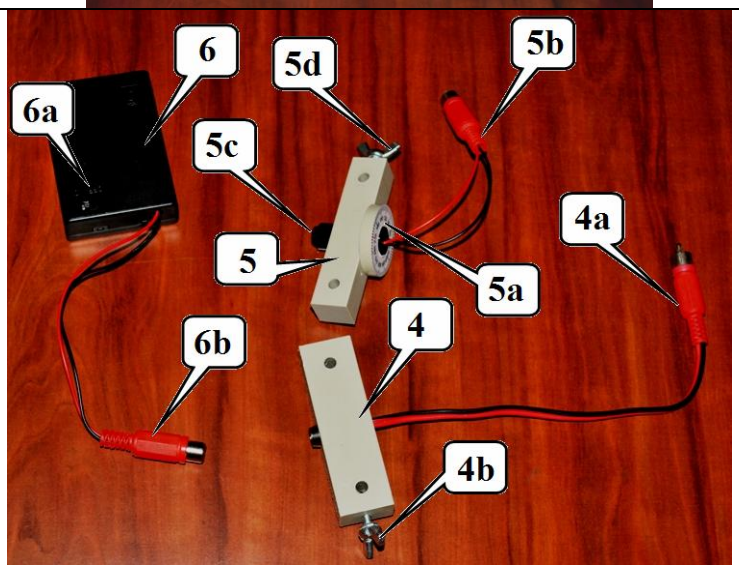
5a – 用来转动激光器带有刻度的盘;
5b –电源连接接头;
5c – 光源前用来调整光束宽度的螺钮;
5d – 固定螺母;

6 – 光源的电源:

6a – 开关;
6b – 电源接头

只有当测量和观察时让电源工作!

不要将激光器直接指向自己和他人的眼睛，这很危险!

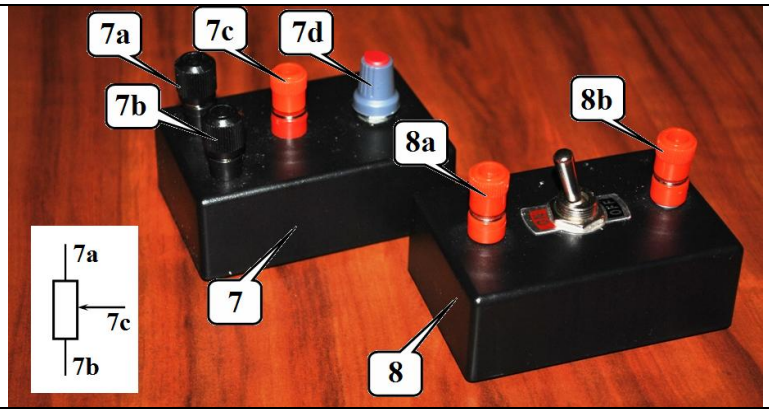


7 – 可调电阻器:

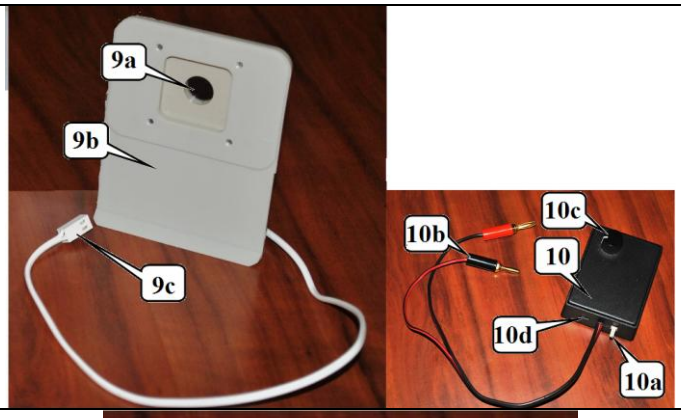
7a, 7b, 7c – 连接电路的接线柱
7d – 调整电阻值的旋钮 k。

8 – 开关:

8a, 8b –连接电路的接线柱;

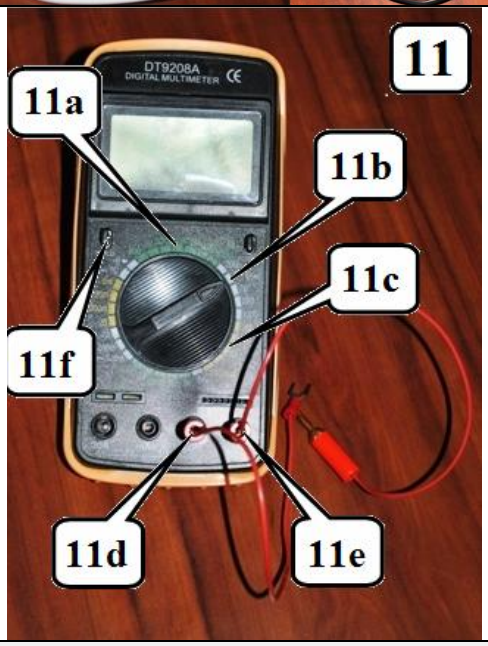


9a – 液晶盒 (LCC) 9a 及其支架 (9b), 9c – 电源连接头;
10 –液晶盒的电源:
10a – 连接液晶盒 LCC 的接头;
10b – 用来测量输出电压的接头;
10c –调节输出电压的旋钮;
10d – 电源开关
只有测量和观察时让电源工作!

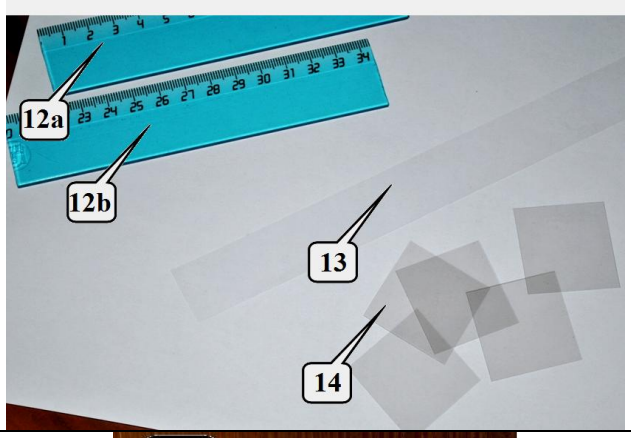


11 – 万用电表;
请不要按 HOLD 按钮
11a – 测量 200 kOhm 电阻的档位 (200 kOhm);
11b – 测量直流电的 2V 檔位(2V);
11c – 测量交流电的 20V 檔位(20V);
11d, 11e – 测量连接头;
11f –电源开关.
如果万用电表进入休眠(sleep)模式- 按开关两次

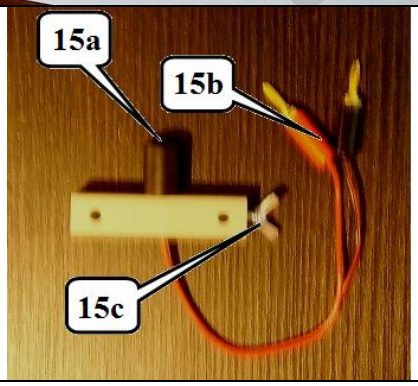
如果测量电阻时，电阻必须断开电源!



实验需要的光学器件
12 – 塑料尺:
12a – 1 号塑料尺(长度范围 0 到 14 cm)
12b – 2 号塑料尺(长度范围 20 到 34 cm)
13 – 可弯曲透明塑料薄片;
14 – 一组滤光片;
滤光片及透明塑料薄片在分开的信封里!
塑料尺及透明塑料薄片有双折射现象，它们的光轴在各自平面内



15 光电探测器 (光电二极管)
15a – 入射窗口;
15b –用来测量输出电压的接头;
15c –固定用螺母.



连接线，夹子，纸巾，一些纸

不要用手触碰那些光学元件的通光部分。如果有必要，用纸巾擦拭干净。

附录 B：实验装置照片



图 1B 在塑料尺上观察双折射现象的装置



图 2B 把塑料尺固定在屏幕上



图 3B 将可弯曲的塑料薄片固定在屏幕上

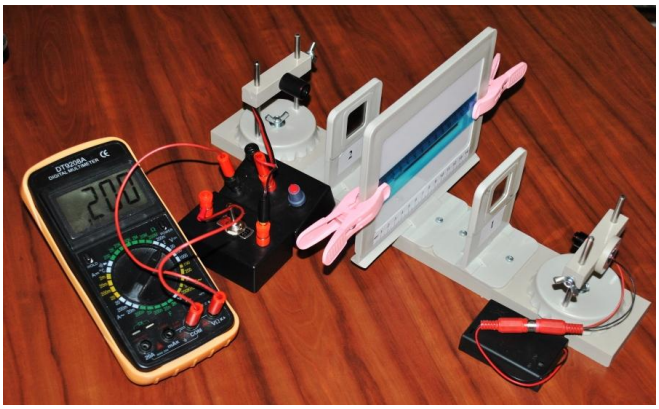


图 4B 利用塑料尺测量透射的装置

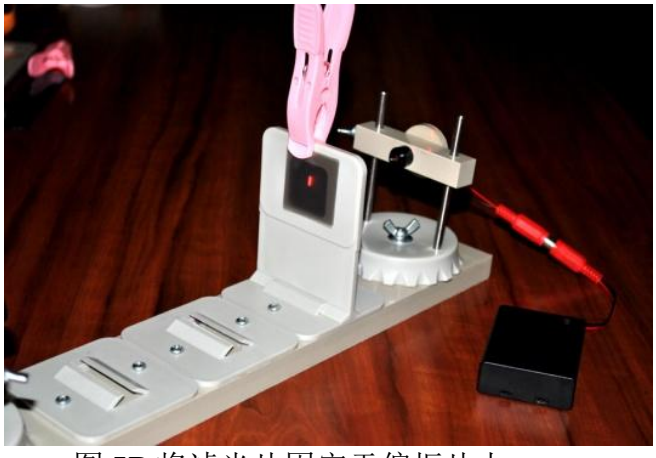


图 5B 将滤光片固定于偏振片上

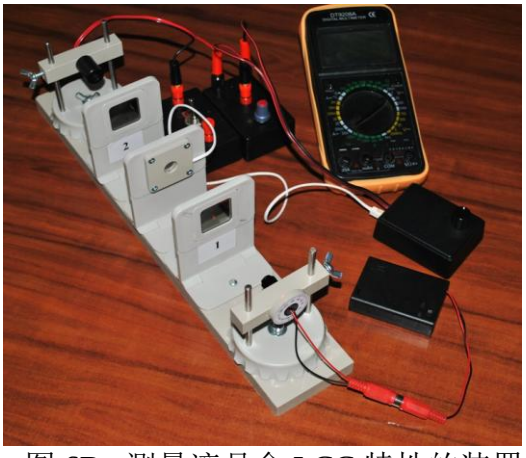


图 6B 测量液晶盒 LCC 特性的装置