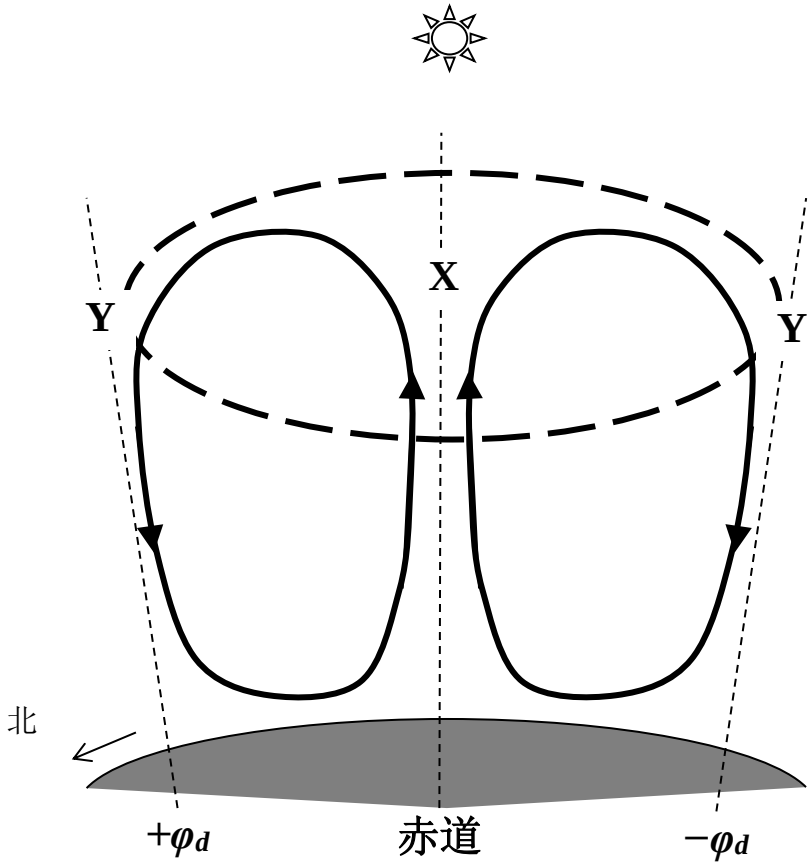
问题 1

下面的原理图描述了春分时节地球赤道附近大气中的哈德利环流。空气从赤道上升，分别在两个半球向南北极方向移动，然后在亚热带纬度 $\pm\,\phi_d$ 地区下降（这里的正、负号纬度分别代表北、南半球的纬度）。环流的上部（图中虚线椭圆形包围的部分），绕地球自转轴的角动量是守恒的。注意下图不是按照正确比例画的，只是示意图。

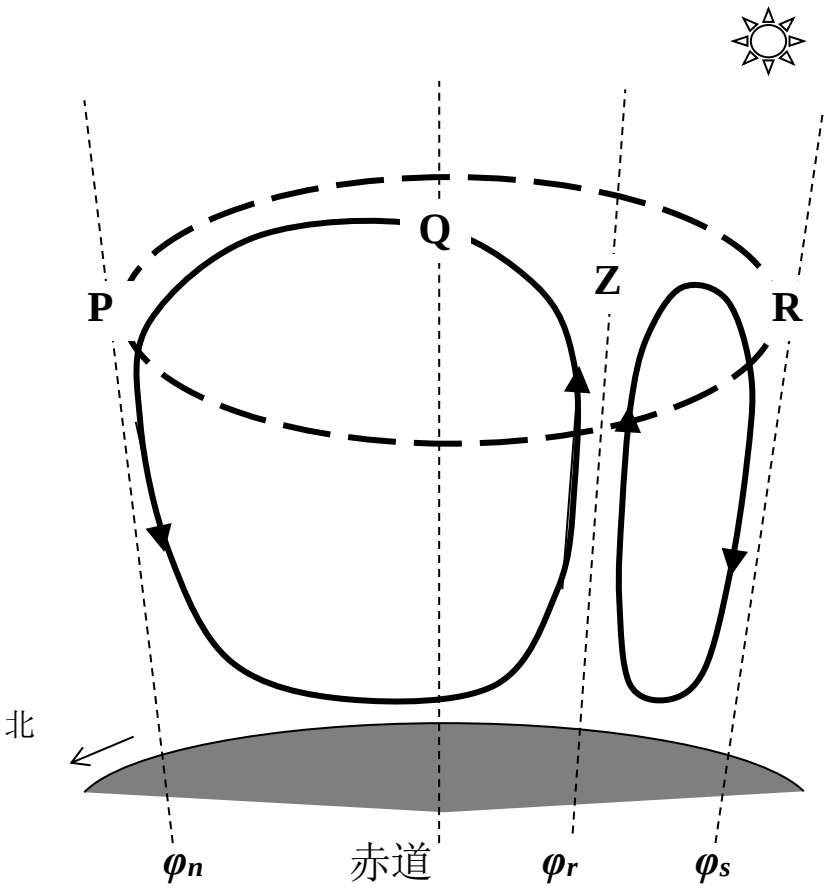


（a）（2 分）假设在 X 点附近东-西向的风速为零。求 Y 点东-西向的风速 u_Y 的表达式。规定：速度的正方向为自西向东。
（地球绕其自转轴的角速度是 Ω，地球半径是 a，大气层的厚度远小于 a）

（b）（1 分）下面哪些选项可以解释哈德利环流靠近地球的下半部的角动量不守恒？选出所有正确答案，正确的答案可能不止一个。

(I) 由于地球表面的摩擦力
(II) 由于下部大气中存在湍流，不同层的空气会在这些地方混合
(III) 空气越向地面越稠密，由于惯性作用减慢了地球绕自转轴的运动
(IV) 由于下部大气潮湿，导致风速减慢。

在北半球冬至时，哈德利环流的上升气流位于纬度 φ_r 处，下降气流分别位于纬度 φ_n 和 φ_s 处，如下图所示。(c), (d)和 (e)部分请参考此图。



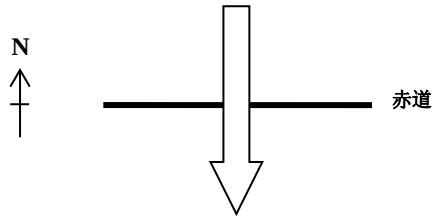
（c）（2 分）假设在 Z 点附近东-西向的风速为零。已知 φr = −8°, φn = 28° 和 φs = −20°, 求 P、Q 和 R 点东-西向的风速 u_P, u_Q 和 u_R 分别是多少？（地球半径 a = 6370 km）

因此，在哪个半球大气气流更强？

(I) 冬季半球
(II) 夏季半球
(III) 两个半球有相同强度的大气流速

（d）（1 分）哈德利环流的近地表部分向南吹并越过赤道。在下图中，用箭头分别标出下面两种情况下，作用于热带气团上的科里奥利力的东-西向分量的方向。

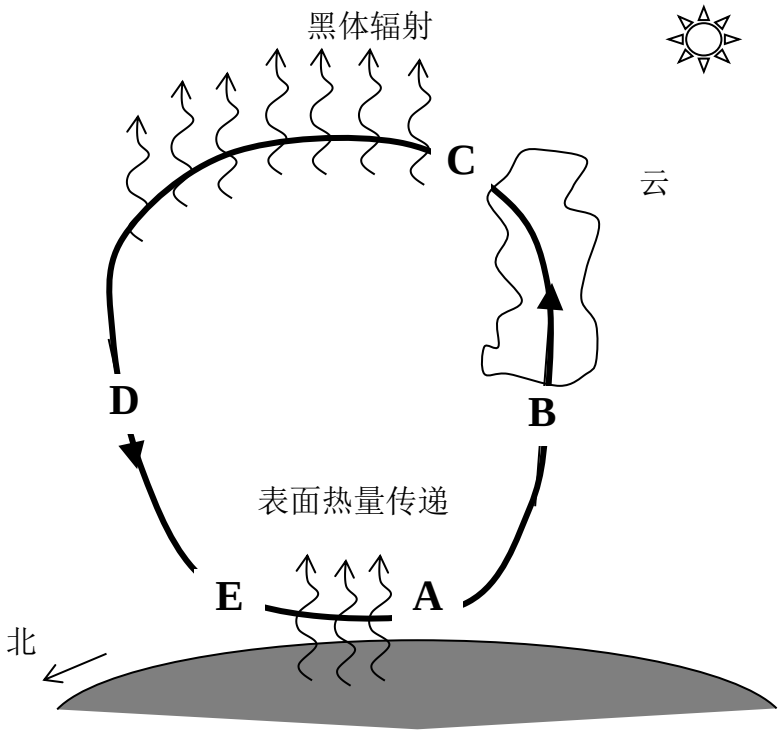
(A)在赤道以北
(B)在赤道以南



哈德利环流的近地表部分

（e）（1 分）利用你在（d）部分的答案，以及表面摩擦力和东-西方向的科里奥利力近似平衡的事实，画出在北半球冬至时赤道两边的近地面风的流向图。

假设哈德利环流可以简化为下面示意图中的热机。对于下图所示的进入冬季半球的哈德利环流，气团从 A 到 B 和从 D 到 E 的物理过程是绝热的，而从 B 到 C，从 C 到 D 和从 E 到 A 的过程都是等温的。空气团通过与地球表面接触和通过从气体凝结成水的过程而获得热量，并通过向外空间的热辐射失去热量。



（f）在某个高度的大气压取决于该高度以上的空气重量，利用若干不等式给出点 A，B，C，D，E 的压强 p_A, p_B, p_C, p_D, p_E 的相互关系并最终排序。
(设 p_A = 1000 hPa , p_D = 225 hPa。注意 1 hPa 是 100 Pa)

（g）（2 分）令地表附近和大气顶部的温度分别是 T_H 和 T_C，A 点和 E 点之间的压强差为 20 hPa，计算 T_H = 300 K 时的 T_C 的值。
注意，常压下空气的摩尔普适气体常数(R)与摩尔定压热容量(c_p)的比值 κ 为 2/7。

（h）（2 分）计算压强 p_B 的值。

（i）气团在冬季哈德利环流的周围移动，使用摩尔气体常数 R 和上面给出的物理量，求出下面情况的表达式：

(A) (2 分)忽略表面摩擦力，每单位摩尔气体做的净功 W_{net}；

(B) (1 分)在大气顶部，每单位摩尔的热量损失 Q_{loss}。

（j）（1 分）冬季哈德利环流的理想热力学效率 ε_i 的值是多少？

（k）（2 分）证明冬季哈德利环流的实际热效率 ε 总是比 ε_i 小，证明时必须给出所有的数学步骤。

（l）（1 分）以下哪些陈述很好地解释了为什么 ε 小于理想值？列出所有正确的答案。可能会有一个以上的正确答案。

(I) 我们已经忽略了抵抗表面摩擦力所作的功。

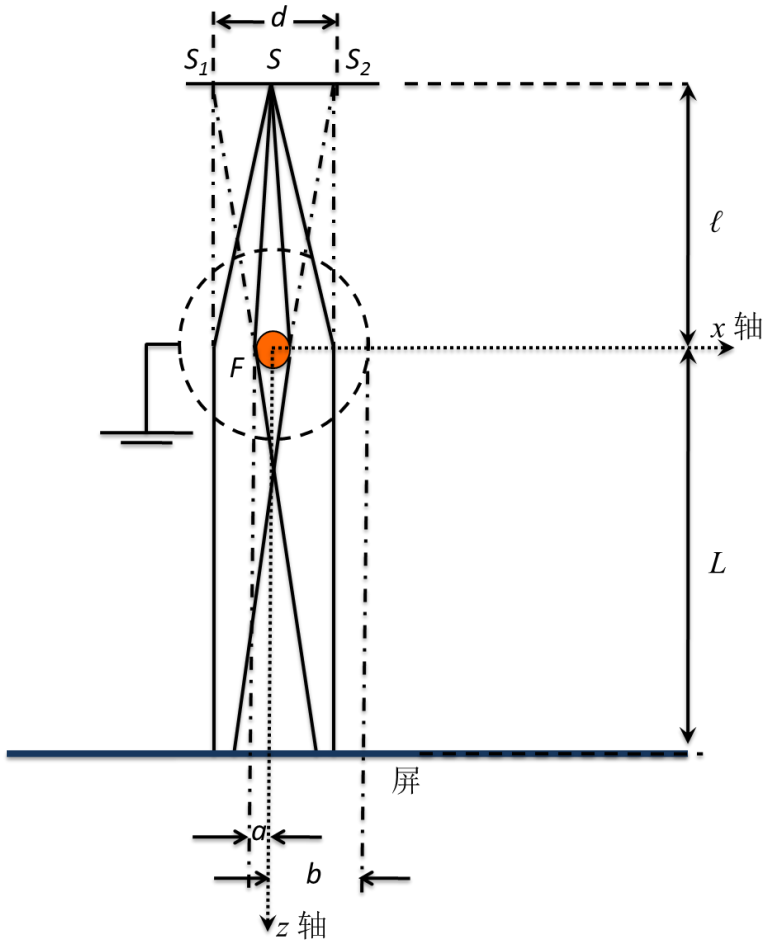
(II) 温度低于热源的温度时，发生水汽凝结。

(III)在表面有水的不可逆蒸发过程。

(IV) 理想的效率只适用于水没有相变的情况。

问题 2

双缝电子干涉实验由 Möllenstedt 等人、Merli-Missiroli 和 Pozzi 在 1974 年以及 Tonomura 等人在 1989 年首先完成。在双缝电子干涉实验中，单色电子源从 S 点发射电子，经过电子“双棱镜”后打到观察屏上；S_1 和 S_2 为 S 的虚电子源，间距为 d。图中细丝 F 垂直于纸面。注意它实际上是一个非常细的细丝（并没有图中画的那样粗）。



电子“双棱镜”由一个接地圆柱形金属丝网和置于其中心位置的细丝 F 组成 。电子源与“双棱镜”的距离为 ℓ，“双棱镜”与观察屏之间的距离为 L。

（a）（2 分）取细丝的圆形横截面的中心为坐标原点 O，计算细丝附近任一点（x,z）的电势，用 V_a、a 和 b 表达，V_a 是细丝表面的电势，a 是细丝的半径，b 是细丝中心到柱形金属网的距离（忽略镜像电荷）。

（b）（4 分）入射的电子平面波的波矢为 k_z，受到“双棱镜”施加的作用力的 x 分量，而发生偏转。求“双棱镜”引起偏转的电子束的波矢的 x 分量 k_x，用电子电荷 e、电子速度 z 向分量 v_z、V_a、 k_z、a 和 b 表示（k_x<<k_z）。注意$\vec{k} = \frac{2\pi\vec{p}}{h}$，此处 h 是普朗克常数。

（c）在 S 点前，电子从场发射尖端发射，并在电势 V_0 的作用下加速。给出电子的波长表达式，用（静止）质量 m，电荷电量 e 和 V_0 表示。

(i) (2 分)假设相对论效应可以忽略不计；

(ii) (3 分) 考虑相对论效应。

（d）在 Tonomura 等人的实验中，

v_z = c/2,
V_a = 10 V,
V_0 = 50 kV,
a = 0.5 μm,
b = 5 mm,
ℓ = 25 cm,
L = 1.5 m,
h = 6.6 x 10^{-34} Js,
电子电量-e = -1.6 x 10^{-19} C
电子质量 m = 9.1 x 10^{-31} kg
真空中的光速 c = 3 x 10^{8} ms^{-1}

(i) (2 分)计算 k_x 的值。

(ii) (2 分)求出观察屏上干涉条纹间距的值。

(iii) (1 分)如果电子波是球面波而不是平面波，那么条纹间距与（ii）中的计算结果相比变大、相同还是更小？

(iv) (2 分)对于（c）部分，采用非相对论近似时得到的电子波长与采用相对论时得到的波长相比的百分误差。

(v) (2 分)计算双狭缝之间的距离 d 的值。

问题3

大质量天体可引起时空弯曲，并使光线发生偏折，当相距较远的光源和观测者在其连线上或靠近连线有大质量天体时，则远处光源发出的光线受大质量天体影响而产生偏折，产生所谓的引力透镜效应。1919年日食中首次直接观测到这个现象，当时待观测星体位于太阳后方，被观测到的位置与该星原本的位置不同，这与爱因斯坦的早期预言相符合。

当观测者、质量为M 的类透镜天体和光源在一条直线上，从光源发出的光被偏折一个角度α (单位弧度)如下

$$\alpha = \frac{4GM}{r_E c^2}$$

(3.00 × 10^18 m s

这里G 是引力常数 ，c 是光速 ，r_E 为爱因斯坦半径，它是类透镜天体到视觉上的光线路径的最小距离。

(a) (4 分) 画图描绘理想条件下（观测者、透镜和光源在一条直线上）的类透镜系统。画出光线传播路径并标明物理量α 和 r_E。标出爱因斯坦角半径θ_E（从地球上观测到的光源像的角度偏转量）以及地球上观测者能测量到的其它物理量。

(b) （2 分）画出当光源（例如一个恒星）、类透镜天体和观测者在一条直线上时，在地球上的观测者看到的光源的像。

（c） （3 分）在非理想条件下，即光源（例如一个恒星）、类透镜天体和观测者不在一条直线上时，画出地球上的观测者所看到的光源的像。对光源—透镜系统画图以解释其原因。

引力透镜效应可以作为探测银河系中光晕内大质量高密度天体（MACHOs）的一种方法，MACHOs 可能是一种暗物质。这些物质通常是一些暗恒星残骸，例如中子星和黑洞。当恒星和 MACHOs 的轨道在银河系中，在黑洞和中子星穿越背景恒星的前方时类透镜事件就可能发生。

（d）(3 分)黑洞的施瓦茨席尔德半径的定义是：施瓦茨席尔德半径之内的东西无法逃脱该黑洞。该半径可以通过设定逃逸速度等于光速时推导得到。

用牛顿力学，推导出与质量为的点物相距为处的逃逸速度的公式。由此，再推导出质量为的点物的施瓦茨席尔德半径，用引力常数和光速表示。清楚地写出你的推导步骤（这种方法推算出的结果恰巧与由广义相对论法推算出的施瓦茨席尔德半径相同）。

（e）(1 分)在光源、透镜和观察者在一条直线上的情况下，如果已知 α 和 r_E，如何计算类透镜物体的施瓦茨席尔德半径？

（f）(2 分) 考虑以下情况：距观测者距离为D_L（D_L ～ 几× ）处，有一个 ），在更远的地方有一个光源星体（距观察者距离D_S ～ 几倍 D_L ）。下列哪一些句子适用这种情况？

- θ_E α 大，并且 tan ，sin ，cos 必须被精确计算
- α 小，并且小角度下对 tan, sin, cos 作近似计算是可以的
- α 是无关紧要的，不需要进行计算

- θ_E θ_E 大，并且 tan ，sin ，cos 必须被精确计算
- θ_E 小，并且并且小角度下对 tan, sin, cos 作近似计算是可以的
- θ_E 是无关紧要的，不需要进行计算

（g）(3 分)利用（f）部分的条件，重新写出你在（e）部分的表达式，用可测量的量（它们是θ_E, D_S 和 D_L ）来表示。设类透镜天体具有几倍于太阳的质量(M ～ 几

× ），其距观测者距离为D_L（D_L ~ 几× ），在更远的地方有一个光源星体（距观察者距离D_S ~ 几倍 D_L ）。写出推导步骤。

（h）(2 分)假设一个质量为（3.0 个太阳质量），距离地球的类透镜天体，在距离地球的恒星的前面运行。在光源、透镜和观察者三者在一条线上（理想状况）时发生引力透镜现象，计算爱因斯坦角半径(从地球上看）？

15TH ASIAN PHYSICS OLYMPIAD
11 - 18 MAY 2014, SINGAPORE

实验竞赛

May 15, 2014

08：30 – 13：30

实验题

STUDENT CODE

共有 12 页

May 15, 2014 (Thursday)

首先请认真阅读如下事项：

1. 实验考试的时间为 5 小时。
2. 只准使用考场提供的笔和仪器。
3. 必须在答题表中写入你的数据和结果。
4. 在的每张答题表（Answer Sheet）和答题纸顶部的框内填入你的考生编码（**student code**）。
5. 纸张不够时可以索要额外的答题纸（Writing sheet）
6. 如果你使用了额外的答题纸（writing sheet），请在上面写下你的**考生编码、题号和页码**。
7. 如果使用的额外答题纸不希望被用于评分，可以在整张纸上打一个大叉，并不给它们编页码。
8. 尽可能在答案中使用方程、数字、符号、图表和图形，尽量少用文字。答题时使用题目中给定的字母符号。
9. 考试结束时，将纸张按下面的次序排好：
    a. 答题表（Answer sheet）
    b. 使用的答题纸(Writing sheet)
    c. 画了大叉的答题纸(Writing sheet)
    d. 没有使用的答题纸(Writing sheet)
    e. 试卷
10. 将上述材料放入信封中并将信封留在你的桌上。
11. **不能将任何纸张或实验中用到的材料带出考场。**

液体中的超声速度

1.引言：

超声波在工业中有许多应用，例如无损探伤、声纳、医用成像等。声光效应在超声波研究中广泛使用。声光器件被用在光的调制、信号处理和频率转换中。利用激光，可以容易地观察到声光效应。此外，高频压电换能器可以被用来产生声光效应。

在本 APhO2014 实验中，我们将采用下面两种方法探讨声音在液体中的传播性能。

(i) 利用 Raman-Nath（拉曼-内斯）衍射的声光效应

(ii) 利用可直接观测的驻波

此外，我们还应当知道，利用容易得到的简单而且经济的材料，可以做很有趣的实验。

2.安全注意事项和一般建议：

(1) 不要直视激光束。

(2) 只有把压电换能器稳固地放在玻璃容器的水里面后，才能打开换能器的开关。

(3) 压电换能器打开之后不要将手放入水中。

(4) 小心勿将水洒出，尤其不能洒到电源插座上。

(5) 搬动玻璃容器和升降台时请注意安全。

(6) 不要浪费和饮用实验中提供的任何材料。

(7) 当激光打开时请戴上激光护目镜。

(8) 不使用激光笔时要将它关掉，以避免电池耗尽。

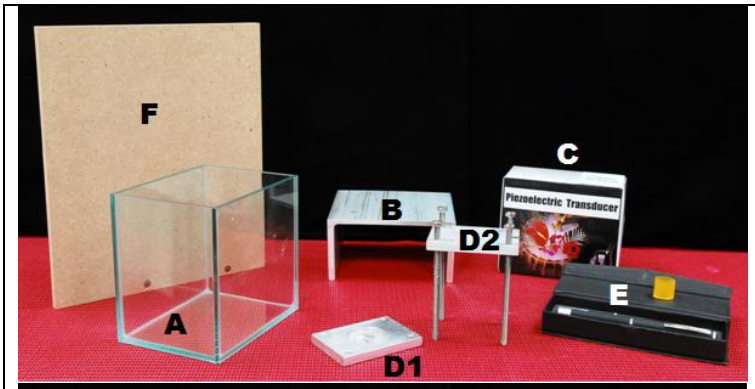
(9) 不使用压电换能器时要将其关闭，以避免水温升高。水中的声速随温度而变化。

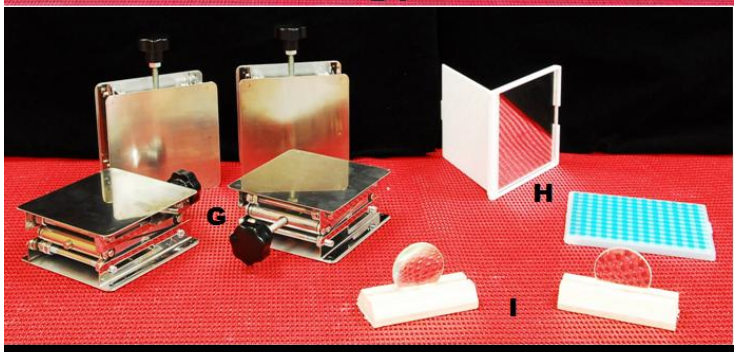
(10) 提供了一个塑料文件夹，可将试卷和答题纸放在里面，以避免被水溅湿。

(11) 实验工作台空间有限，不需要使用的设备存放在地上的盒子里。

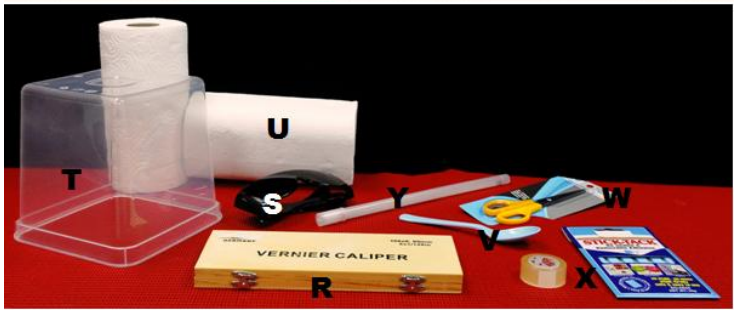
(12) 提供三个玻璃容器，当进行新的实验时可以使用新的玻璃容器。

3: 元器件







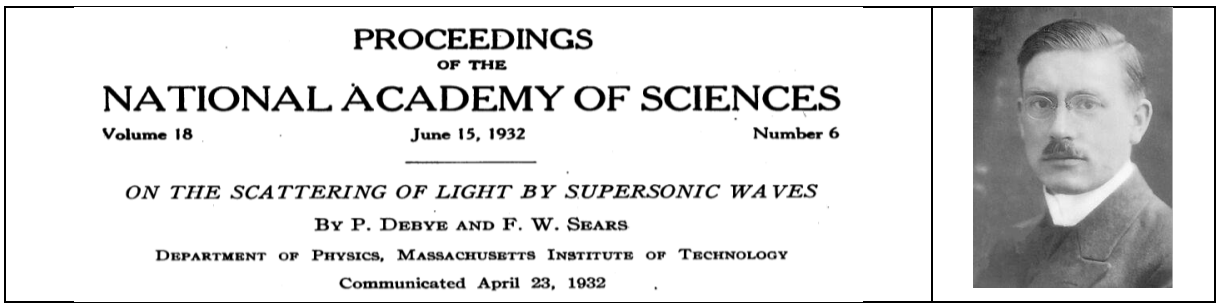


(A)三个盛放液体的玻璃容器
(B)放置（A）的铝架
(C) 压电换能器
(D1) 放（C）的底托 (D2) 放在 D1 上的带有调节螺钉的平板
(E) 带有能使激光保持打开状态塑料套的激光笔
(F) 屏幕板，可以用于粘贴答题表（answer sheet）[或额外的答题纸(writing sheet)]以标记条纹/图案
(G) 4 个可用于固定激光笔和光学元件的升降台
(H) 2 个镜子
(I) 两个透镜（焦距分别为 5.0cm 和 15.0cm）
(J)矿泉水（Mineral Water）：两瓶 1.5 升的，两瓶 0.5 升的
(K) 盐（salt）（500 克）
(L) 未知浓度（unknown concentration）的盐水（盐溶于矿泉水），实验 C 中会用到
(M) 3 瓶 0.51 升的玉米糖浆
(N) 数字电子称
(O) 量杯
(P) 软皮尺
(Q) 直尺
(R) 游标卡尺（Vernier Caliper）
(S)激光护目镜
(T) 4 升的塑料容器，用于盛放废液
(U) 2 卷卷纸
(V)勺子
(W)剪刀
(X) 胶条和橡皮泥（Stick-Tack）
(Y) 装在塑料盒里的温度计

图 1：题目中需要的仪器和元件的图片

实验 A

利用衍射法测量超声波的频率



PROCEEDINGS
OF THE
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
Volume 18 June 15, 1932 Number 6

ON THE SCATTERING OF LIGHT BY SUPERSONIC WAVES

By P. Debye and F. W. Sears

Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology

Communicated April 23, 1932

当声波在介质中传输时，会引起压强波动，从而导致介质的折射率发生变化。在适当的条件下，声波会在材料中产生一个动着的周期性衍射光栅，该光栅可以通过光学方法探测。这就是声光效应。1932 年德拜和西尔斯，首先利用这种运动的周期性衍射光栅演示了光的衍射。1935 年拉曼和内斯进行了详细的理论分析。

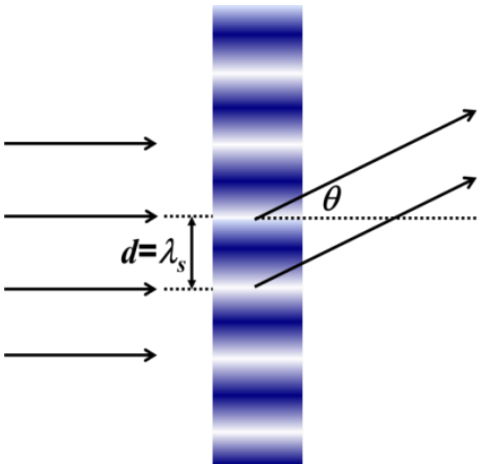


图 2：超声波在液体中产生运动着的周期性衍射光栅

如图 2 所示，一束光被运动着的周期性衍射光栅衍射。衍射光遵循光栅方程

$$d\sin(\theta) = i\lambda_{medium} \qquad (1)$$

这里 d 是光栅常数，θ 是衍射角，i 是衍射级次，λ_{medium} 是光在介质中的波长。

根据拉曼-内斯理论, 光栅常数 d 等于图 2 里介质中超声波的波长 λ_s 。

在本实验中，利用已知的矿泉水中的声速，通过衍射方法测量压电换能器（C）产生的超声波的频率。图 3 为矿泉水中声速随温度变化的关系曲线。

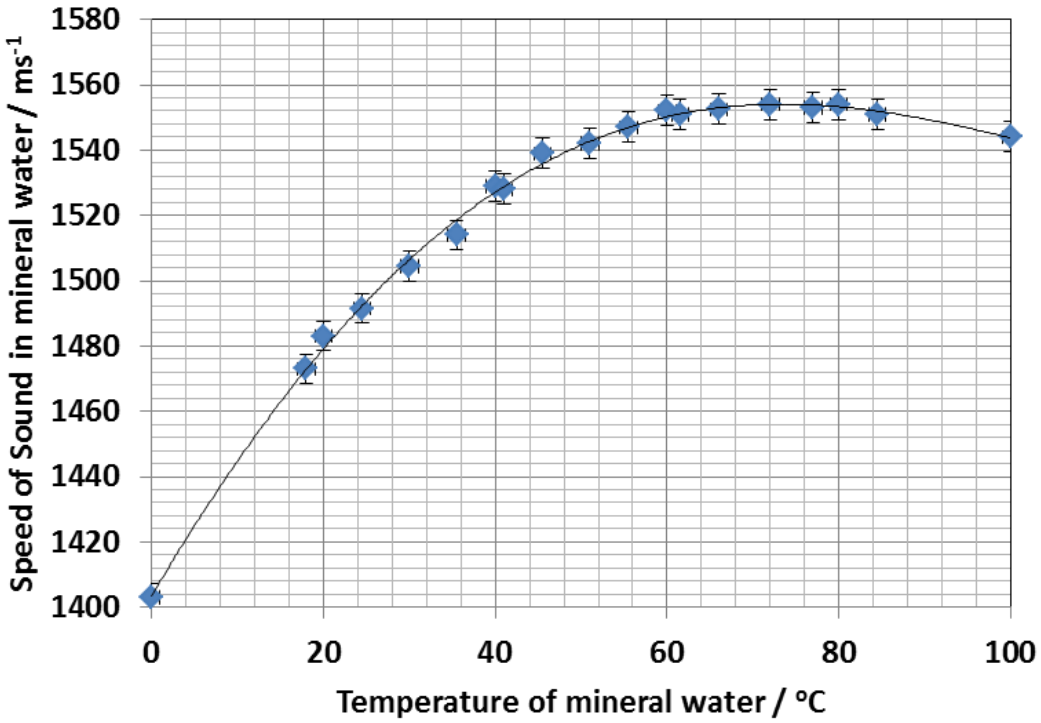


图 3：矿泉水中声速（纵坐标）与温度（横坐标）的关系

将压电换能器（C）放在底托（D1）的圆形槽里，再放入注有 1.5 升矿泉水的玻璃容器（A）中。打开换能器（指示灯会亮），水中会形成图 4（a）所示的垂直运动的周期性衍射光栅。在实验 A 中，要确保平板（D2）在水面之上，以避免溅水。合理使用橡皮泥，将激光束垂直照射在光栅上，会产生衍射条纹。屏幕（F）距离光栅足够远时，会看到清晰可辨的条纹，便于测量和分析，见图 4(b)。

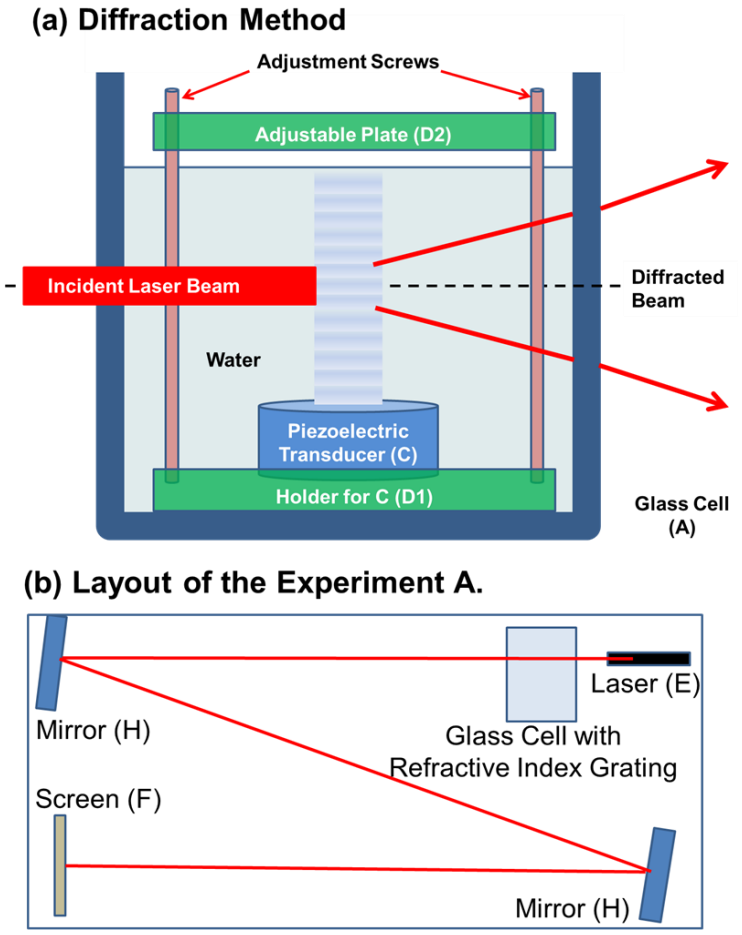


图 4（a）：形成运动周期衍射光栅的装置示意图（未按比例画），（b）建议的实验装置布局图(layout)。图中英文的意思为：Diffraction Method---衍射方法，Adjustment Screws---可调螺钉，Adjustable Plate(D2)---可调平板（D2），Incident Laser Beam---入射激光束，Diffracted Beam---衍射光， Water---水，Piezoelectric Transducer (C)---压电换能器，Holder for C (D1)—放 C 的底托（D1）， Glass Cell(A)---玻璃容器（A），Mirror(H)---镜子，Screen(F)---屏（F），Laser（E）---激光器（E），Glass Cell with Refractive Index Grating---含有折射率光栅的玻璃容器

要计算压电换能器在矿泉水中产生的超声波的频率，需要首先确定水中声波的波长 λ_s。利用公式（1）和图 5，图 5 中有所有的相关参数，回答问题 A1。

A1.	公式（2）中给出了小角度近似下λ_s的公式， $$\lambda_s = A(m-1)\frac{n_{air}\lambda_{air}}{D_m} \qquad (2)$$ **推导出A的表达式**，用 b、g、L、 n_w、n_g、n_{air} 表示。其中 λ_s是水中超声波的波长 b 是光栅中心到玻璃容器内壁的距离	1.5

	g 是玻璃容器的壁厚 m 是屏幕上所有衍射条纹的数目 n_w、 n_g 和 n_{air} 分别是水、玻璃和空气的折射率 L 是玻璃容器的外壁到屏的距离 λ_{air} 是空气中激光的波长 D_m 是屏上 m 个衍射条纹的总宽度	

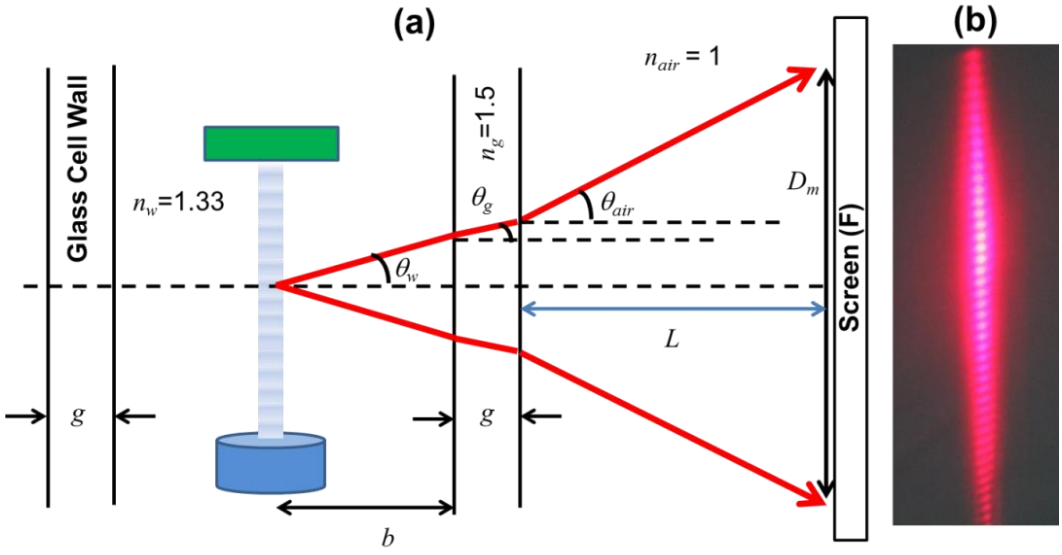


图 5（a）：衍射光路示意图，图中标出了相关参数。（b）屏上所观察到条纹的一个示例。图中英文的意思为：Glass Cell Wall---玻璃容器器壁,Screen（F）---屏幕（F）

现在组装实验装置。根据图 4 和图 5 所示原理图中给出的提示，组装实验装置，尽可能多地调出衍射条纹。在这部分实验中，你需要把答题表 A2 用橡皮泥紧贴在屏幕（F）上来记录衍射条纹。因为激光光斑不是完全对称的，所以应该旋转激光笔以获得最佳的条纹。要让你的条纹清晰可见。因为水中声速依赖于水的温度，所以要在实验过程中用温度计监测水温。还提供了一个用于装试卷及答题纸的塑料文件夹，可以防止水溅湿它们。

A2.	在答题表 A2 上用短线画出你所观测到的所有条纹的位置。清楚地写出得到的条纹总数目 m 和总宽度 D_m。记录下矿泉水的温度。 不要忘记同时也在答题表 A3 中写下计算时需要的各相关实验参数。	2.5

注意：当你画完条纹后，在处理数据和进行计算过程中，关掉压电换能器(C)和激光器(E)。

后面的问题中，可能要用到以下参数：
水的折射率 n_w = 1.333±0.007

空气的折射率 n_{air} = 1.000±0.003
玻璃的折射率 n_g = 1.50±0.05
空气中的激光波长λ_{air} = 660 ± 3 nm

利用图 3，确定矿泉水中的声速。
注意：为了简化计算，在误差分析时可以忽略 n_w、 n_g 、n_{air} 和 λ_{air} 的不确定度。

A3.	在答题表 A3 中测量并记录所有相关参数，并计算矿泉水中声波的波长 λ_s。	1.0
A4.	计算并写出矿泉水中超声波的频率 f_s。	0.5
A5.	进行误差分析，估算出 f_s 的不确定度。	1.0

实验 B

使用投影法测量超声波的频率

在实验 B 中，将采用一种不同的方法测量矿泉水中超声波的频率，这种可直接观测的方法称为“投影法”。该方法中，要在矿泉水中形成一个驻波图样，使用带有调节螺钉的平板（D2）作为超声波反射器。在压电换能器和可调反射平板之间，沿相反方向传播的一对行波相互叠加，会形成驻波图样。图 6 给出了投影法的实验装置示意图。如图中所描述的那样，在激光器（E）和玻璃容器（A）外壁之间插入一个透镜（I）。在玻璃容器中的驻波图样就会被放大（放大率$M = D_B/p$）地投影到屏幕上。

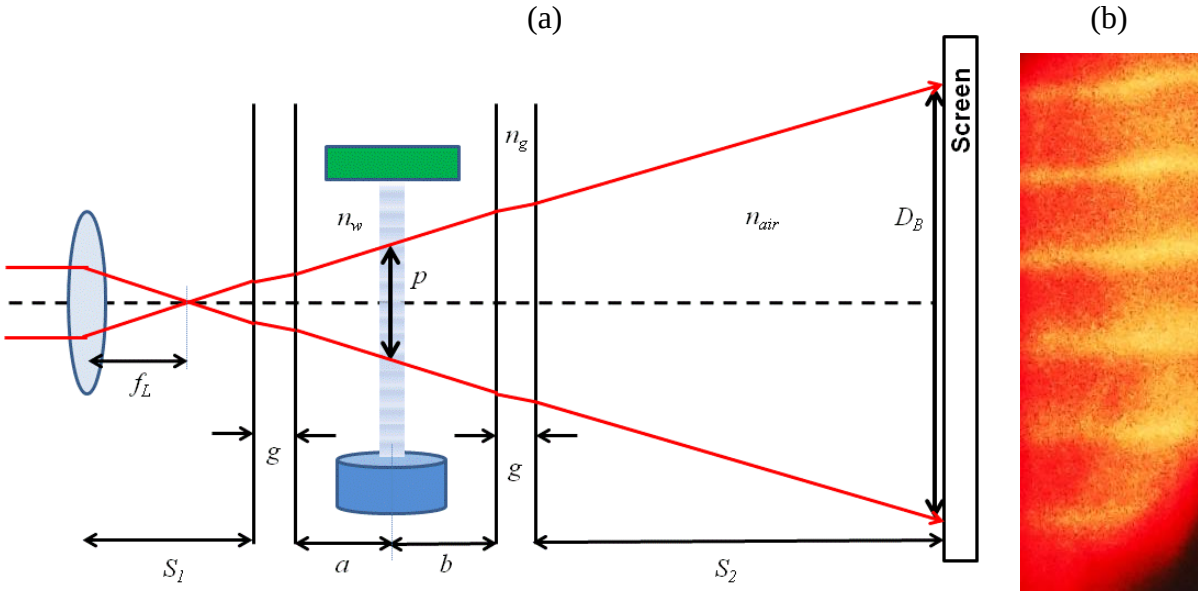


图 6：（a）投影法原理图及相关参数；（b）投影到屏上一个驻波图样的示例图。
图中英文：Screen---屏幕

图 6 中，p 区域在屏（F）上的放大率 M 由下式给出：

$$M = \frac{\left[\frac{(S_1 - f_L)}{n_{air}} + \frac{2g}{n_g} + \frac{(a+b)}{n_w} + \frac{S_2}{n_{air}}\right]}{\left[\frac{(S_1 - f_L)}{n_{air}} + \frac{g}{n_g} + \frac{a}{n_w}\right]} \qquad (3)$$

式中，
S_1 为透镜中心到玻璃容器外壁的距离，
S_2 为玻璃容器外壁到屏（F）的距离，
f_L 为透镜焦距，
a 为光栅中心到玻璃容器左侧内壁的距离，
b 为光栅中心到玻璃容器右侧内壁的距离，
g 为玻璃容器壁厚，
n_w 为水的折射率，
n_g 为玻璃的折射率，
n_{air} 为空气的折射率。

投影条纹的明暗与驻波的波峰和波腹有关。

B1.	设在屏上 D_B 宽度内亮条纹的数目为 m_B 。 由公式（3），用给出的可测量参量推导出λ_s 的表达式。	1.0

现在按照图 6 所示原理来搭建实验。在这一部分，要求将答题纸 B2 固定在屏（F）上，记录投影到屏上的驻波图样。

实验过程中的一些建议：

- 投影法中要获得一个超声波驻波，可调节平板（D2），使之必须浸入在水中。
- 要获得如图 6(b)所示稳定且完美的驻波图样，必须仔细调节几个螺钉使平板水平。
- 实验提供了焦距分别为 5.0 cm 和 15.0cm 的两个透镜。在 B 实验中<u>只用到其中的某一个</u>。

B2.	将答题表 B2 贴在屏上，画出驻波投影图样。写下亮纹的数目 m_B，及相应的总宽度 D_B。写下矿泉水的温度。 同时不要忘了在答题表 B3 中写下计算中所需的相关实验参数。	2.0

B3.	测量并在答题表 B3 中记录所有实验参数，并用来计算矿泉水中声波波长 λ_s。	1.2

B4.	计算并写下矿泉水中超声波频率。	0.3

为简化计算，下一步的误差分析中可忽略 n_w、 n_g、 n_{air} 和 f_L 的不确定度。

B5.	作误差分析，估算 f_s 的不确定度。	1.0

实验 C

确定溶液含盐浓度

此实验提供了一瓶标签为“Unknown Concentration”（未知浓度）的含盐溶液（L），该溶液有未知量的盐溶于矿泉水中。实验 C 的目的是确定盐溶液的浓度。

将 1.5 升矿泉水注入玻璃容器（A），随后用电子称（塑料上盖装盐）称量一定克数的盐倒入容器中，可用实验 A 或 B 中所得到的超声波频率，测定已知浓度盐水中声速。合理增加倒入到玻璃容器中盐的质量，重复测量。仅仅用实验 A 或 B 两种方法中的一种来测量盐溶液中的声速。

画出声速关于浓度 C_s (C_s 为溶解在水中盐的质量除以盐和水的总质量)的关系线，该关系线是后面实验中要用到的校准线。

然后测量标有“Unknown Concentration”（未知浓度）瓶（L）的矿泉水盐溶液中的声速，利用你画出的校准线确定该溶液盐的浓度。

假设加盐后盐溶液的折射率的变化可以忽略，仍保持为 1.333±0.007。

对于实验 C，对于每一不同盐浓度，只测量一次即可。

谨记：不使用压电换能器和激光器时，请关掉电源开关！

要求将答题表 C1 固定在屏（F）上以记录要观察的图样。

C1.	在答题表 C1 上对每一个已知盐浓度下观察到的图案进行记录。所记录的每一图案都要标注盐的浓度。切勿忘记写下相关的实验参数，要在答题表 C2 的计算中用到。 本题答题时如需用更多的纸张，请用答题纸（writing sheet）。	1.0

C2.	在此答题表中测量并记录全部参数，并计算所有已知浓度盐溶液中的声速 v_s。	2.0

C3.	画出溶液中声速 v_s 关于溶液盐浓度 C_s 的关系线，要求含有误差棒，假设对每一个数据点，百分误差与实验 A 或 B 中所获得的一致。	1.0

现在进行实验，测定标有“Unknown Concentration”（未知浓度）溶液（L）的盐浓度 C_s。

C4.	在答题表 C4 上，记录下未知浓度盐溶液实验观察到的图案。写下溶液的温度。 在答题表 C4 上，写下所有的实验参数，并计算该溶液中的声速。	0.8

C5.	确定该未知溶液中的盐浓度。在答题表 C5 上写下带有不确定度的实验结果。	0.2

实验 D

测量玉米糖浆溶液中的声速

实验提供了玉米糖浆溶液（M），实验中将之倒入到一个新的玻璃容器中。

用实验 A 中的衍射法测量玉米糖浆溶液中的声速。然而，要想计算声速，需首先测定玉米糖浆溶液的折射率。

利用所给的设备材料，设计实验，并测定玉米糖浆溶液的折射率。

D1.	画出你所设计的实验原理示意图，标明参量。 做实验，记下所需相关参数并计算玉米糖浆的折射率。	1.5

现在搭建实验 A 中衍射法测量玉米糖浆中声速的实验。

D2.	在答题表 D2 中标记衍射条纹。 测量并记录计算玉米糖浆中声速 v_s 所需的所有相关参数。	1.0

实验 D 不要求误差分析。

----结束----