

# PSSC物理实验

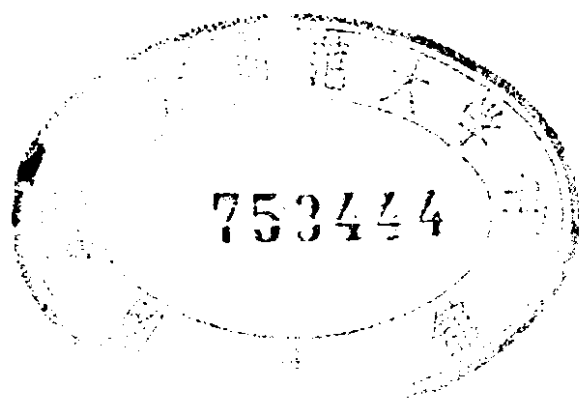
[美] U. 哈伯—沙姆 等著  
汪思谦 龚国芳 陈思卓 译

文化教育出版社

# PSSC 物理实验

---

[美] U. 哈伯—沙姆 等著  
汪思谦 龚国芳 陈思卓 译



文化教育出版社

本书是美国物理教学研究会(简称 PSSC)为改革中学物理课程而组织编写的一套美国中学物理教材所属的物理实验。实验内容较新;大部分实验所采用的仪器比较简单,容易办到;在实验原理的叙述上有一定的启发性。中译本按原书 1975 年第四版译出。本书可供中学物理教师以及师范院校物理系师生参考。

本书由上海教育学院汪思谦、龚国芳、陈思卓翻译。实验 19 以前由汪思谦翻译,实验 20 至 33 由龚国芳翻译,实验 34 以下由陈思卓翻译。

## PSSC 物理实验

[美] U. 哈伯-沙姆 等著  
汪思谦 龚国芳 陈思卓 译

\*

文化教育出版社出版  
新华书店北京发行所发行  
北京市房山县印刷厂印装

开本 787×1092 1/32 印张 3.625 字数 74,000

1980 年 8 月第 1 版 1980 年 12 月第 1 次印刷

印数 1—31,000

书号 7057·014 定价 0.29 元

## 前 言

在《PSSC 物理实验》的第一版和第二版的前言中曾强烈呼吁,在实验室里作实验以前不要让学生知道他会发现什么。现在这种研究科学的普遍作风已经很好地建立起来,我们感到在这里重复呼吁将是多余的。

就象所希望的那样,这本实验的绝大部分材料来自前一版。然而,有些重要的增加、删节和修订应该提及。

这里有六个新实验。几个过去的实验已经重写,并删去十个。这些变动都是为了加强课程的实验部分与理论部分之间的联系。

象课本一样,这本实验是许多人努力的结果。详细情况可参见课本的附录。

编 者

1970年8月

在本书的第四版中,又删去两个实验,由另外两个实验所代替。这两个实验与课本中经过很大修改的第21章所讨论的两个重要的实际应用有密切联系。

编 者

1975年8月

## 告 学 生

本书是用来帮助你进行实验作业的。它对各个实验问题提供一般的介绍,给你技术上的提示,但让你自己思考解决。

在整个指导书中你将发现很多问题。要回答这些问题有时需要思索你过去学过的内容,或者需要少量的计算。有时还需要进一步地试验。在这种情况下究竟应该怎么做完全要由你自己决定。

要养成良好的实验工作习惯。在你开始实验作业前,总要阅读有关实验的全部描述,这样就能对你要做的实验有一个清晰的了解。在进行实验作业时,要保存一份清晰的记录,这样在需要时你就可以查阅有关的数据,并对你做过的实验有足够的资料。

在实验的进程中,只要有必要,对你的测量总要重复几次。通常几个读数总要比一个好些。你应该确定是否需要再测量几次。

大部分的实验需要一个或几个同学的帮助。要同你的同学一起讨论实验结果。在一起分析中你可以比你单独进行实验时学到更多的知识。

你或许没有可能完成每一个实验的所有部分。不要草率了事。完全按照实验的要求做一半要比肤浅地全做更有收获。通常,部分的分析工作可以带回家完成。

在大部分实验中所采用的仪器是十分简单的,你可以自行设计不少项目,在家里进一步实验。

# 目 录

<b>实验</b>	1. 实验的分析 .....	1
	2. 平面镜反射 .....	4
	3. 折 射 .....	6
	4. 会聚透镜成像 .....	8
	5. 发散透镜 .....	10
	6. 粒子的“折射” .....	11
	7. 螺旋弹簧上的波 .....	13
	8. 波动槽里的脉冲波 .....	15
	9. 抛物柱面镜 .....	17
	10. 周期波 .....	18
	11. 波的折射 .....	21
	12. 波和障碍物 .....	23
	13. 由两个点源发出的波 .....	25
	14. 干涉和相 .....	26
	15. 杨氏实验 .....	28
	16. 光的单缝衍射 .....	31
	17. 分辨本领 .....	32
	18. 用干涉法测量短距离 .....	34
	19. 运动: 速度和加速度 .....	36
	20. 恒力产生的速度变化 .....	38
	21. 加速度与力和质量的依赖关系 .....	41
	22. 惯性质量和引力质量 .....	43
	23. 作用在飞行的球上的力 .....	46
	24. 向心力 .....	49
	25. 简谐运动 .....	52
	26. 爆炸中的动量变化 .....	53
	27. 小车和砖块 .....	56

28. 二维碰撞	58
29. 弹性碰撞	61
30. 模拟的核碰撞	62
31. 非弹性碰撞	65
32. 势能的变化	66
33. 完全非弹性碰撞	68
34. 带电体	70
35. 静电感应	72
36. 驱动力和收尾速度	74
37. 密立根实验	78
38. 两带电球之间的力	80
39. 齐纳二极管电压调节器	83
40. 简单的扫描线路	85
41. 电流的磁场	87
42. 用基本单位量度磁场	90
43. 电子的质量	93
44. 长直导线周围的磁场	98
45. 磁环流	100
46. 在放射性衰变中的无规性	105
47. 氢光谱和普朗克常数	107

# 1. 实验的分析

表示和分析实验的结果是物理学的不可缺少的一部分。表 1 中是一个实验的结果。你必须用某种方式表示和分析这些结果, 这种方式可以使你预测同类实验的结果。

这个实验是研究水从罐子底部的孔中流出所需的时间。正如你所知道的, 排尽水的时间决定于孔的大小以及罐内的盛水量。

为了得出与孔的大小的关系, 要用四个同样大小的大圆柱形容器, 让水从不同直径的小圆孔中流出。为了得出与盛水量的关系, 要在同样的容器中装入不同深度的水。

每次测量都要重复几次, 并将每个容器排尽水的时间的平均值记入表中。用手操作停表测得的数值只能精确到十分之一秒。表中列出的时间数值的末位数字有十分之一秒上下的误差。因此, 时间越短, 相对(或百分比)误差就越大。

我们所需要的数据都已列在表中。不过用图线来表示, 将使我们能够作出预测, 并且易于发现数学关系。

首先, 作出在一定深度(比如 30.0 厘米)时的时间与圆孔直径的图线。一般总是在横轴上标出自变量(这里是直径  $d$ ), 在纵轴上标出因变量(这里是时间  $t$ )。为了获得最好的精确度, 你应该让图线能够占满整张图纸, 同时在两轴上选用便于读数的标度。



表 1. 排尽水的时间(秒)

孔径 $d$ (厘米)	深度 $h$ (厘米)			
	30.0	10.0	4.0	1.0
1.5	73.0	43.5	26.7	13.5
2.0	41.2	23.7	15.0	7.2
3.0	18.4	10.5	6.8	3.7
5.0	6.8	3.9	2.2	1.5

用光滑的曲线把描点连接起来。恰好只有一条路线连接吗？在你作的图线上，你能准确地预测圆孔直径为 4.0 厘米、8.0 厘米时的排水时间吗？

虽然利用图线可以在你的量度值之间内插一些数值，或者粗略地外推到量度值以外，然而你还是没有找到  $t$  与  $d$  的关系的数学表示。从图线上你能看到， $t$  的减小比  $d$  的增加要快，这里显出某种反变关系。进一步，你可以认为流水时间跟圆孔面积有简单的关系，因为圆孔面积越大，在同一时间内流出的水就越多。这个设想促使我们试图描出  $t$  与  $1/d^2$  的关系图线。

为此，在你的笔记本上增加一栏，填写  $1/d^2$  的数值，并选用适当的标度描出  $t$  对  $1/d^2$  的曲线。你发现了什么？你的推测正确吗？你能写出在特定深度时  $t$  和  $d$  的代数关系吗？

为了确定这种  $t$  和  $d$  的关系对容器中盛有不同深度的水时是否适用，在同一图纸上，对其他的深度描出  $t$  和  $1/d^2$  的图线。你的结论是什么？

注意到  $h=1.0$  厘米的图线向上伸展得很微小。采用大的

时间标度绘出这些数值的图线，以便占满整张图纸。你观察到了什么？以你的数据为基础，关于  $h=1.0$  厘米时的  $t$  和  $d$  的代数关系，你能说些什么吗？

现在再来考察圆孔直径一定时  $t$  随  $h$  而变化的关系。用  $d=1.5$  厘米时的情况，也就是写在第一行里的那些值。以横轴为  $h$  描出各点，并用一条曲线连接起来。把曲线向原点延伸。它通过原点吗？你认为会通过原点吗？

你怎样运用  $t$  对  $1/d^2$  的图线找出  $h=20.0$  厘米和  $d=4.0$  厘米时的  $t$  值？

没有简单的几何思考可以引导我们得出正确的  $t$  与  $h$  的数学关系。你可以利用曲线去推测。把图纸转动  $90^\circ$ ，先把  $h$  作为  $t$  的函数来考察，再把  $t$  作为  $h$  的函数来考察，这样做或许有些帮助。假如你能成功，就利用适当的图线审核一下，看是否在  $d=5.0$  厘米时  $t$  和  $h$  也保持同样的关系。

你如果熟悉对数，还可以审核一下，看这种关系是否属于指数律， $t \propto h^n$ 。为此需要描出  $\log t$  对  $\log h$  的图线（或者在复对数坐标纸上作出  $t$  对  $h$  的关系）。你获得了什么结果？ $n$  的值是几？

你能否找到一个一般公式来表示流水时间是  $h$  和  $d$  这两个量的函数？算出  $h=20.0$  厘米和  $d=4.0$  厘米的  $t$  值，并同由图线得到的数值相比较。你认为哪一个结果更可靠？

## 2. 平面镜反射

在离开一臂远的地方竖直地拿着一枝铅笔，另一只手拿着第二枝铅笔，使它比前一枝约近 15 厘米。铅笔保持不动，左右移动你的视线去观察铅笔。向左移动视线时，较近的一枝铅笔相对于后面的铅笔看上去向哪一边移动？现在将铅笔靠拢一些，左右移动视线再观察铅笔的相对运动。在什么情况下看不到铅笔之间有相对运动，即没有视差发生？

现在我们将利用视差来确定在平面镜中看到的钉子的像的位置。将一块平面镜用橡皮筋缚在木块上，然后把镜面竖直地放在桌子上。在镜子前面约 10 厘米处立一根钉子。你想钉子的像将在什么地方出现？左右移动你的视线去观察钉子和像，像是在真实钉子的前面，还是在同一位置上，或在后面？来回移动第二根钉子，使它跟第一根钉子的像之间没有视差发生，用这种方法来确定像的位置。这样来找出实物在几个不同地方的像的位置。把从反射面算起的物距与像距比较一下，它们之间有什么关系？

画出光线，以表示光从物体传播到我们眼睛的方向，用这种办法也可以找出物体的位置。在软纸板上铺一张白纸，纸上竖直刺一根大头针作为物。沿着视线再插两根大头针，以定出光从第一根大头针射向你的眼睛的方向。插针时眼睛必须在一臂远的地方去观察，使三根大头针同时对准。在几个完全不同的方向来观察第一根大头针，再用一些大头针定出

观察第一根的新视线。这些线将在什么地方相交？

我们可用同样的方法求出像的位置。换上新纸，在完全不同的方向上至少找出三条光线，以确定平面镜里大头针的像的位置。标出镜子的位置以后，拿开镜子。这几条光线会聚在什么地方？

画出光线，以表示光从实物针射向镜面的某些点，再从这些点反射到你眼睛的光路。关于光路与镜面形成的交角，你将得出什么结论？

在纸上安放两面互成直角的镜子，在镜子之间的某处立一根钉子作为物。用视差法找出所有的像。用你在本实验里学到的知识，说明这些像就在你预料要找到它们的那些地方。

### 3. 折 射

利用入射角和折射角来研究光的折射是很方便的。例如当光线从空气射入水时，折射角就是指水中的光线跟水面的法线间的夹角。在本实验里，我们要求出折射角与入射角的关系。

在透明的半圆形塑料盒的直线边中央，用针划出一条竖直的刻痕。如图 3-1 所示，在软纸板上铺一张极坐标纸，在盒内盛半盒水，对准坐标把盒平放在坐标纸上，使竖直刻痕下端正好落在极坐标纸的中心。如图所示，在通过盒的中心线上插一根大头针。大头针务必插得竖直。

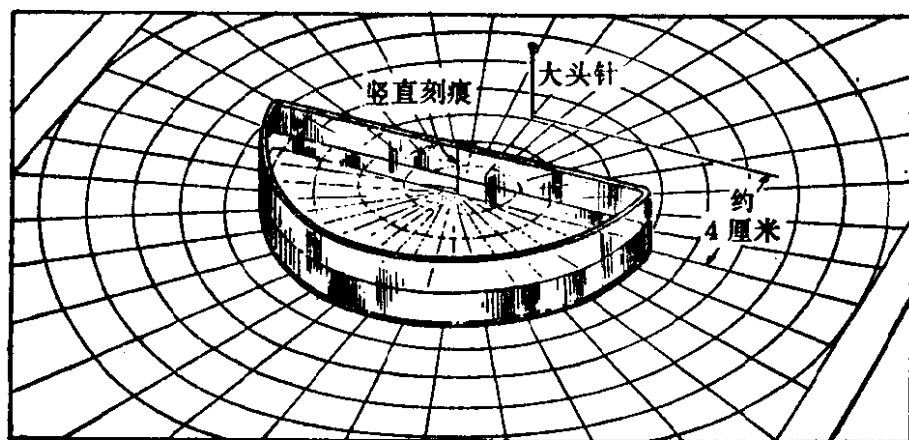


图 3-1

从塑料盒的弯曲边通过水去观察针，移动你的视线，使塑料盒上的竖直刻线与针重合。用另一根大头针标出视线。当入射角为零时，一束光从空气射入水和从水射入空气，关于光的偏折情况，你能得出什么结论？

移动第一根大头针的位置,使入射角约为  $20^\circ$ 。用第二根大头针标出光从第一根大头针出发射向竖直刻线后通过水的路径。用不同的入射角重复这个实验,直到入射角为  $80^\circ$  左右。要保证在大角度下获得第一根大头针的清晰的像,就不能使它与盒上的竖直刻线相距 4 厘米以上。(针刺的孔可提供角的永久记录)

入射角与折射角的差值是不是定值? 它们的比值是常数吗?

把折射角作为入射角的函数,作出图线。同时把折射角的正弦作为入射角的正弦的函数,作出图线。你认为用什么样的简单数学关系描述光的折射现象最好?

光线的方向相反时,通过水的光路是否相同?用你的装置研究一下。

当光线倾斜地通过具有平行边的玻璃砖时,你能预示光是怎样偏折的吗?

盒内装其他液体,重复这个实验。再把折射角的正弦作为入射角的正弦的函数,作出图线。这种液体的折射现象是否与水不同?

## 4. 会聚透镜成像

通过会聚透镜来观察物体。你看到的像比物体大还是小？是正立的还是倒立的？当你改变透镜与物体的相对位置时，像的位置与大小有没有变化？

为了研究会聚透镜的成像，如图 4-1 所示，将一面透镜和一个发光的小电珠安放在一片长纸条上。把电珠放在纸条的一端，用视差法确定电珠的像的位置。这个像是正立的，还是倒立的？

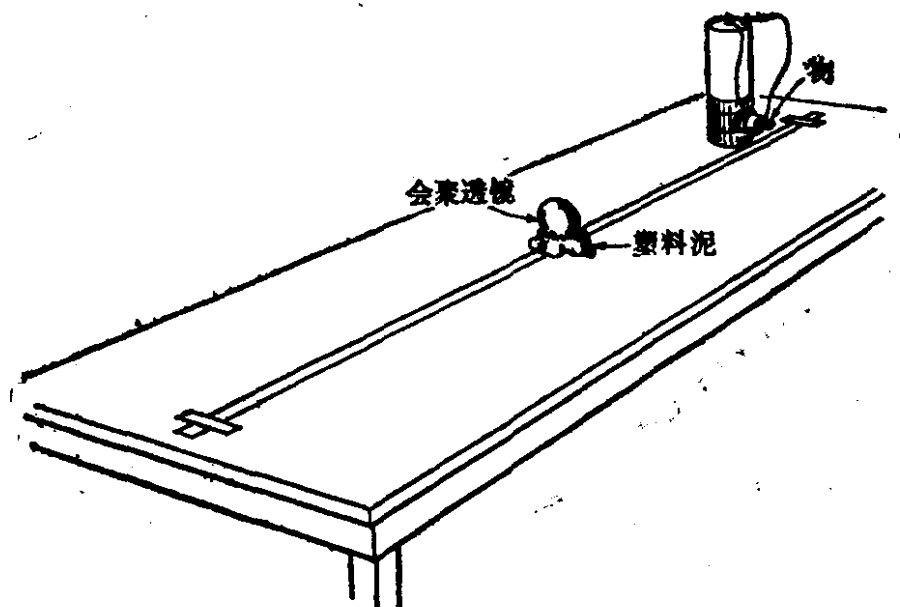


图 4-1

现在将物体向透镜一步步地移动，每移动一小步，都将物与像的位置标出来，直到像的位置移出纸端无法再记录为止。与物的位置相比较，像的位置如何变化？当物至少在数米以外时，你推测像会成在什么地方（在你的纸条上）？验证你的结

论。当物在远处时,你会发现容易在纸条上找到像的位置。当物在很远时,你标出的像的位置就是透镜的主焦点。你怎样使自己确信透镜有两个主焦点(一边一个,并与光心等距离)?

现在将电珠尽可能地靠近透镜,再用视差法确定像的位置。像是倒立的还是正立的?再逐渐一步步地将实物移开,标明物与像的位置,直到像在纸条上不再出现为止。

分别测出从主焦点到物的距离  $S_0$  和到相应的像的距离  $S_i$  (距离  $S_0$  是以透镜在物一边的主焦点为起点量得的,  $S_i$  是以透镜另一边的主焦点为起点量得的)。由于  $S_i$  明显地随  $S_0$  的增加而减少,试将  $S_i$  作为  $1/S_0$  的函数描出图线。关于  $S_0$  与  $S_i$  之间的数学关系,你可得出什么结论?

如果把物放在主焦点上,像将在何处出现?你能看到这个像吗?



## 5. 发散透镜

如在实验 4 里用会聚透镜所做的那样，你可以用成像的方法来研究发散透镜的性质。然而，你也可以通过观察透镜对平行光束所产生的效果来研究透镜的性质。把发光的灯泡放在会聚透镜的主焦点上，你就能获得平行光束。最好用狭光束来做实验；紧靠会聚透镜放一个有圆孔的屏，就可以产生狭光束。透镜和屏都如实验 4 那样用塑胶泥支持。

现在让平行光束透过发散透镜射到一张纸上。把纸跟透镜间有不同距离时纸上的一些光亮圆的直径量出来。以亮圆的直径作为距离的函数描出图线。你能利用图线求出主焦点吗？你能用发散透镜得到放大的像吗？你能用发散透镜得到实像吗？

现在把发光灯泡放在一个主焦点上。试估计像与物相比时的大小，并确定在镜后形成的像距透镜多远。从理论上来研究，比如画几条从物的顶端发出的光线，你能否证明你的结论？