

普通高中教科书

WULI

# 物理

# 实验与活动部分



## 选择性必修

学校 \_\_\_\_\_

班级 \_\_\_\_\_

姓名 \_\_\_\_\_

学号 \_\_\_\_\_

上海科学技术出版社

普通高中教科书

物 理  
实验与活动部分

选择性必修

上海科学技术出版社

主 编：蒋最敏 高 景

本册主编：高 景 朱 璞 严 明

编写人员：(以姓氏笔画为序)

马世红 王肇铭 朱 璞 严 明 李希凡 李沫东

杨鸣华 杨 焰 陈琪琪 周上游 於 丰 郑百易

徐建军 高 景 赖佳颖 廖 灿 谭一宁

责任编辑：张 燕 葛碧临

封面设计：房惠平

普通高中教科书 物理实验与活动部分 选择性必修

上海市中小学(幼儿园)课程改革委员会组织编写

---

出 版 上海世纪出版(集团)有限公司 上海科学技术出版社

(上海市闵行区号景路 159 弄 A 座 9F - 10F 邮政编码 201101)

发 行 上海新华书店

印 刷 上海新华印刷有限公司

版 次 2023 年 1 月第 1 版

印 次 2025 年 1 月第 5 次

开 本 890 毫米 × 1240 毫米 1/16

印 张 5.75

字 数 113 千字

书 号 ISBN 978 - 7 - 5478 - 6044 - 1 / G · 1151

定 价 5.85 元

价格依据文号 沪价费〔2017〕15 号

---

版权所有 · 未经许可不得采用任何方式擅自复制或使用本产品任何部分 · 违者必究

如发现印装质量问题或对内容有意见建议,请与本社联系。电话: 021 - 64848025

全国物价举报电话: 12315

# 目录 |

## 选择性必修 第一册

<b>第一章 动量</b> .....	1
1 自主活动 验证动量定理 .....	1
2 自主活动 夹子与笔的分离 .....	3
3 学生实验 验证动量守恒定律 .....	4
4 学期活动 设计并完成一个测量反冲物体所受冲力的实验 .....	8
<b>第二章 机械振动</b> .....	10
1 自主活动 研究单摆周期与摆球质量、摆长之间的关系 .....	10
2 学生实验 用单摆测量重力加速度的大小 .....	12
3 自主活动 弹簧振子做受迫振动的振动频率与振幅 .....	15
4 自主活动 摆做受迫振动的振动频率与振幅 .....	16
<b>第三章 机械波</b> .....	17
1 自主活动 水波的传播 .....	17
2 自主活动 水波的衍射 .....	18
<b>第四章 光</b> .....	19
1 自主活动 光从空气斜射进入水中的折射 .....	19
2 学生实验 测量玻璃的折射率 .....	21
3 自主活动 光在玻璃与空气界面的折射、反射和全反射 .....	23
4 学生实验 用双缝干涉实验测量光的波长 .....	24

5	自主活动	肥皂膜的干涉现象	27
6	自主活动	光的单缝衍射	28
7	自主活动	圆盘衍射	29
8	自主活动	光通过偏振片后的光强变化	30
9	学期活动	了解人类对光的本性的认识过程	31

## 选择性必修 第二册

<b>第五章 磁场</b>	.....	33	
1	自主活动	磁场对通电导体的作用	33
2	自主活动	探究安培力的方向、磁场方向和电流方向三者间的关系	34
3	自主活动	定量探究安培力的大小	35
4	自主活动	探究洛伦兹力的方向	37
5	自主活动	带电粒子在匀强磁场中做圆周运动	38
6	自主活动	带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的半径	39
<b>第六章 电磁感应定律</b>	.....	40	
1	学生实验	探究影响感应电流方向的因素	40
2	自主活动	研究感应电动势大小与磁通量变化率之间的关系	43
3	自主活动	研究感应电动势与导线运动速度的关系	46
<b>第七章 电磁感应定律的应用</b>	.....	48	
1	自主活动	研究自感现象	48
2	自主活动	观察正弦交变电流的电压随时间变化的规律	50
3	学生实验	探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系	52
<b>第八章 电磁振荡与电磁波</b>	.....	55	
1	自主活动	观察电磁振荡现象	55
2	自主活动	观察电谐振现象	56
3	学期活动	电磁辐射的研究与测量	57

<b>第九章</b>	<b>传感器</b>	59
1	自主活动 光敏电阻	59
2	自主活动 热敏电阻	61
3	自主活动 压电陶瓷片	62
4	学生实验 利用传感器制作走道路灯的自动控制装置	64

### 选择性必修 第三册

<b>第十章</b>	<b>分子动理论</b>	66
1	学生实验 用油膜法估测油酸分子的大小	66
2	自主活动 观察酒精与水混合后的总体积变化	69
<b>第十一章</b>	<b>气体、液体和固体</b>	70
1	自主活动 定性探究气体压强与体积的关系	70
2	学生实验 探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系	71
3	自主活动 观察肥皂膜和棉线的变化	74
4	自主活动 观察浸润和不浸润现象	75
5	自主活动 观察毛细现象	76
<b>第十二章</b>	<b>热力学定律</b>	77
1	自主活动 观察温差发电现象	77
2	自主活动 做功改变气体内能	78
3	学期活动 研究“饮水鸟”的原理并制作一个“饮水鸟”玩具	79
<b>第十三章</b>	<b>原子结构</b>	81
自主活动	观察磁场中的阴极射线	81
<b>第十五章</b>	<b>原子核</b>	82
学期活动	研究“啤酒泡”的“半衰期”	82



# 第一章 动量



## 自主活动 验证动量定理



### 活动指导

活动目的：

- (1) 用光电门传感器测量瞬时速度大小,获得物体动量的大小。
- (2) 用力传感器获得  $F - t$  图像,理解  $F - t$  图像与时间轴所围的面积表示作用力  $F$  的冲量。
- (3) 比较动量的变化与作用力  $F$  的冲量的关系以验证动量定理。

在实验前应先阅读选择性必修第一册教材第 6 页的正文和第 7 页“大家谈”,了解如何通过  $F - t$  图像所围的面积得到作用力  $F$  的冲量。

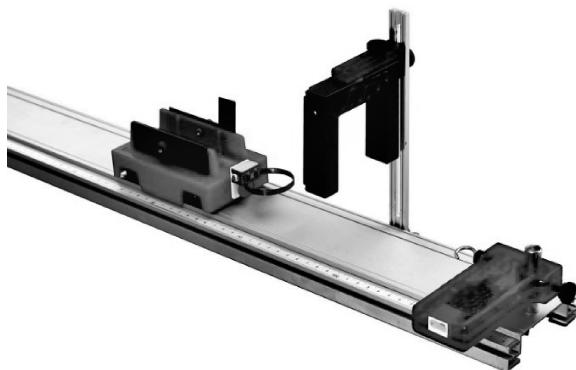


图 1-1

实验装置如图 1-1 所示,实验时的具体操作如下:

- (1) 调节装在小车上的弹性圈,使圈面水平。调节力传感器,使挂钩轴线与弹性圈直径在同一直线上,且与导轨方向平行。
- (2) 调节光电门传感器的高度,使带有挡光片的小车能顺利通过。调节光电门传感器的安装位置,使挡光片通过光电门传感器时小车前端的弹性圈恰好与挂钩接触。
- (3) 正确连接传感器、数据采集器和计算机,运行软件,在界面相应位置录入小车的质量和挡光片的宽度。
- (4) 将小车置于光电门传感器的左侧,推动小车使其以一定的速度通过光电门传感器,弹性圈撞击力传感器上的挂钩,撞击后小车反弹再次通过光电门传感器。分别记录碰撞前、后小车的瞬时速度,计算小车动量变化量的大小  $\Delta p$ 。
- (5) 记录弹性圈撞击力传感器挂钩过程中挂钩受力  $F$  随时间  $t$  变化的图像,并在  $F - t$

图像上选择合适的区域，得到相应的面积大小即力  $F$  的冲量  $I$  的大小。比较  $\Delta p$  与  $I$  的大小。

(6) 通过增减配重片数量改变小车质量；用不同大小的力推小车使其获得不同的速度。多次实验，比较各次实验中  $\Delta p$  与  $I$  的大小，验证动量定理。

### 思考

设计一个实验方案，验证在恒力作用下小车的运动满足动量定理。

## 2 自主活动 夹子与笔的分离



### 活动指导

活动目的：

用身边的物品，实现一个反冲现象。

实验装置示意图如图 1-2 所示。实验时的具体操作如下：

- (1) 用夹子夹住一支笔的尾部后置于水平桌面  
上。要求既能使夹子夹住笔，又能使两者比较容易  
分离。
- (2) 用手指轻轻敲击夹子的夹口处，使两者  
分离。
- (3) 观察笔和夹子的运动情况。

该实验不易一次成功，可多次尝试。

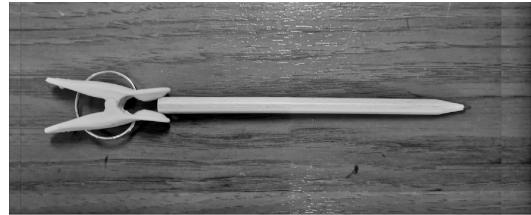


图 1-2



### 思考

为什么夹子与笔的运动方向相反？

### 3 学生实验 验证动量守恒定律



#### 实验指导

##### 1. 实验说明

在本实验中,小车一端安装弹性圈,另一端装有尼龙搭扣。用光电门传感器与挡光片测量碰撞前、后小车的速度,计算小车的动量。

调整光电门传感器的位置,使相互作用前、后小车上的挡光片尽可能靠近光电门传感器,以减小实验误差。

##### 2. 实验操作

将两个光电门传感器安装在水平导轨上,数据采集器与计算机连接。

第一次实验:两小车在内力作用下,由静止向相反方向运动

如图 1-3 所示,在两小车上固定挡光片和弹性圈,使两小车上的弹性圈处于同一高度。首先,调整光电门传感器的高低,使装有挡光片的小车能顺利通过并挡光;然后使小车处于弹性圈相互接触的状态,调整光电门传感器在导轨上的位置,使挡光片恰好处于将要挡光的位置。推动小车使弹性圈互相挤压。

释放小车,获得小车的速度大小,经过计算可得释放前、后小车的动量大小。改变小车的质量或弹性圈的挤压程度,多次实验。将所得的实验数据记录在数据记录表中。

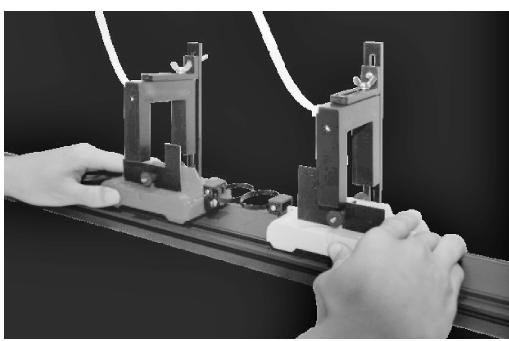


图 1-3

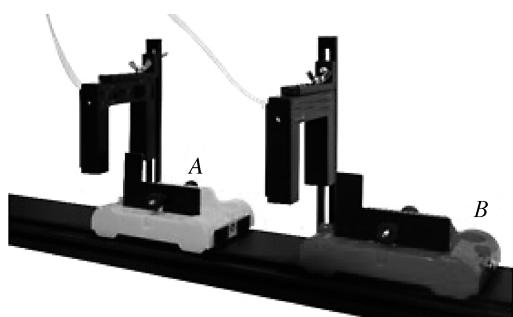


图 1-4

第二次实验:小车 B 碰撞静止的小车 A 后,两小车一起运动

如图 1-4 所示,将两小车上装有尼龙搭扣的一端相对,并使尼龙搭扣处于同一高度。调整光电门传感器在导轨上的位置,使小车 B 上的挡光片在右侧光电门传感器刚结束挡光就

能立即与静止的小车 A 相撞。小车 A 静止于两个光电门传感器之间,当其被撞击后,挡光片能立即开始挡光。

推动小车 B,使其以一定的速度通过光电门传感器后与静止的小车 A 碰撞。由于尼龙搭扣的作用,两车一起向左运动。通过光电门传感器获得小车的速度大小,经过计算可得碰撞前、后两小车动量的大小。改变两小车的质量或改变小车 B 的速度,多次实验,将所得的实验数据记录在数据记录表中。

## 实验报告

### 实验名称

验证动量守恒定律

### 实验目的

用光电门传感器测量小车的速度大小,验证动量守恒定律。

### 实验原理

若系统所受外力可忽略,相互作用前、后系统的动量守恒。

### 实验器材

导轨、光电门传感器(2个)、小车(2辆,均配有弹性圈、尼龙搭扣)、配重片、数据采集器、计算机。

### 实验方法与步骤

用光电门传感器测量相互作用前、后两小车的速度。通过调整光电门传感器与小车的相对位置,减小阻力对小车相互作用前、后速度的影响。

本实验的主要步骤如下:

第一次实验:两小车在内力作用下,由静止向相反的方向运动

(1) 组装图 1-3 所示的实验装置,调节光电门传感器的高度,使装有挡光片的小车可以顺利通过并挡光。

(2) 使两小车的弹性圈相互挤压。同时释放,测量相互作用前、后两小车的速度大小,记录实验数据。

第二次实验:小车 B 碰撞静止的小车 A 后,两小车一起运动

(1) 组装图 1-4 所示的实验装置,调节光电门传感器的高度,使装有挡光片的小车可以顺利通过并挡光。

(2) 调整小车的位置,将两小车装有尼龙搭扣的一端相对,推动小车 B,使其以一定的速度与静止的小车 A 碰撞后一起运动。测量相互作用前、后两小车的速度大小,记录实验数据。

(3) 整理器材。

## 实验数据记录

第一次实验：

表 1 - 1

实验	相互作用前两小车的速度		相互作用后两小车的速度		小车 A 的质量	小车 B 的质量
序号	$v_{A0}/(m \cdot s^{-1})$	$v_{B0}/(m \cdot s^{-1})$	$v_A/(m \cdot s^{-1})$	$v_B/(m \cdot s^{-1})$	$m_A/kg$	$m_B/kg$
1						
2						
3						
4						
5						

第二次实验：

表 1 - 2

实验	相互作用前两小车的速度		相互作用后两小车的速度		小车 A 的质量	小车 B 的质量
序号	$v_{A0}/(m \cdot s^{-1})$	$v_{B0}/(m \cdot s^{-1})$	$v_A/(m \cdot s^{-1})$	$v_B/(m \cdot s^{-1})$	$m_A/kg$	$m_B/kg$
1						
2						
3						
4						
5						

## 实验数据处理

根据表 1 - 1 中记录的数据,计算系统相互作用前、后的动量,填入表 1 - 3 中。

表 1 - 3

实验序号	相互作用前系统的动量		相互作用后系统的动量	
	$(m_A v_{A0} + m_B v_{B0})/(kg \cdot m \cdot s^{-1})$		$(m_A v_A + m_B v_B)/(kg \cdot m \cdot s^{-1})$	
1				
2				
3				
4				
5				

根据表 1 - 2 中记录的数据,计算系统相互作用前、后的动量,填入表 1 - 4 中。

表 1-4

实验序号	相互作用前系统的动量	相互作用后系统的动量
	$(m_A v_{A0} + m_B v_{B0}) / (\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	$(m_A v_A + m_B v_B) / (\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
1		
2		
3		
4		
5		

### 结果分析与实验结论

两小车在 \_\_\_\_\_ 条件下，\_\_\_\_\_ 基本相同。

### 讨论与思考

(1) 在实验开始前为何要调节光电门传感器与挡光片的相对位置？

(2) 用第二次实验的装置，要使小车 B 碰撞后静止，小车 A 以小车 B 碰撞前的速度大小反向弹出，写出实验操作的步骤。

## 4 学期活动 设计并完成一个测量反冲物体所受冲力的实验



### 活动内容与要求

这是一个测量类的活动,根据动量定理设计一个测量反冲物体所受冲力随时间变化的方案,并进行实验。

本实验要求理解动量定理,了解推力与喷出物质的质量、速度的关系。设计一个测量反冲物体所受冲力的方案,并按照方案开展实验。在设计、改进、交流的过程中,相互借鉴,逐步完善。

测量的具体要求见选择性必修第一册教材第 18 页。



### 活动指导

本活动要求从“阅读材料”中获得有用信息,设计方案,实施测量,分析结果。



### 参考资料

- (1) 选择性必修第一册教材第 18 页提供了“阅读材料”,可以作为测量方案设计的参考。
- (2) 选择性必修第一册教材第 14 页关于反冲现象的介绍是本活动的学习基础。



### 评价量表

表 1-5

评价指标	表现标准	表现水平(参阅操作说明)	
		自评	他评
物理观念	理解动量定理		
	知道火箭发射利用了反冲现象		
科学思维	能根据动量定理,分析推理反冲物体所受冲力与哪些因素有关		
	能将研究对象和过程转化为物理模型		

(续 表)

评价指标	表现标准	表现水平(参阅操作说明)	
		自评	他评
科学思维	能基于恰当的证据表达自己的观点		
	能对他人的设计提出质疑和改进意见		
科学探究	能提出科学的测量方案,能表述所测物理量间的关系		
	能选用适合的器材,规范操作,获得数据		
	能撰写完整的实验报告		
	能用规范的语言对实验过程和结果进行交流和反思		
科学态度与责任	合作过程分工合理,职责明确		
	合作中尊重他人,实事求是		
	有保护环境,节约资源的意识		
操作说明	对照表现标准,根据符合程度进行表现水平评价,“5”表示完全符合,“4”表示大部分符合,“3”表示基本符合,“2”表示少量符合,“1”表示基本不符合		

## 第二章 机械振动



### 自主活动 研究单摆周期与摆球质量、摆长之间的关系



#### 活动指导

活动目的：

- (1) 了解用光电门传感器测量周期的方法。
- (2) 用控制变量的方法进行实验,探究单摆的周期与摆球质量、摆长的关系。

以单摆为研究对象,用光电门传感器测量单摆完成一次全振动的时间(即周期  $T$ )。用刻度尺测量摆线长度  $l_0$  和摆球直径  $d$ ,用天平测量摆球质量  $m$ 。用控制变量的方法进行实验,将所测数据记录在表格中,分析并获得结论。

实验装置如图 2-1 所示,实验时的具体操作如下:

- (1) 安装实验装置。
- (2) 调节光电门传感器的高度,使摆球能正常挡光。
- (3) 用天平测量摆球的质量,用刻度尺测量摆球的直径和摆线长度。
- (4) 将摆球拉离平衡位置后放手,使其在竖直平面内做小幅摆动。用光电门传感器测量单摆摆动的周期。
- (5) 保持摆长一定,改变摆球质量,进行实验,将数据记录在表 2-1 中。

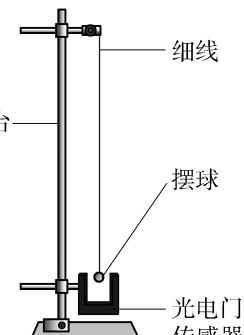


图 2-1

表 2-1

摆球直径  $d = \underline{\hspace{2cm}}$  m, 摆线长  $l_0 = \underline{\hspace{2cm}}$  m

实验序号	摆球质量 $m/\text{kg}$	周期 $T/\text{s}$
1		
2		

(续 表)

实验序号	摆球质量 $m/\text{kg}$	周期 $T/\text{s}$
3		
4		
5		

实验结论：摆长一定时，单摆周期与摆球质量\_\_\_\_\_。

(6) 保持摆球质量一定，改变摆长，进行实验，将数据记录在表 2-2 中。

表 2-2

摆球质量  $m = \underline{\hspace{2cm}}$  kg, 摆球直径  $d = \underline{\hspace{2cm}}$  m

实验序号	摆线长 $l_0/\text{m}$	摆长 $l/\text{m}$	周期 $T/\text{s}$
1			
2			
3			
4			
5			

用软件得到  $T-l$  图像，观察其特点，猜测  $T(l)$  的函数关系。



实验获得的  $T-l$  图像不是直线。为了确定周期与摆长的定量关系，应如何转换坐标，将曲线转化为直线？

## 2

# 学生实验 用单摆测量重力加速度的大小



## 实验指导

### 1. 实验说明

在本实验中,需依据单摆的周期公式测量重力加速度的大小。在小角度摆动的情况下,单摆的摆动可近似视为简谐运动。实验前,先选用恰当的基本实验器材,设计实验方案。根据方案,规范操作实验器材,获得实验数据。在实验过程中,应注意减小实验误差。

### 2. 实验操作

如图 2-2 所示,用铁架台和附件固定长度在 1 m 左右的细线的一端。细线和下方悬挂的小球构成单摆。

测量小球的直径  $d$ 、摆线的长度  $l_0$ ,摆长  $l=l_0+\frac{d}{2}$ 。

使摆球在竖直平面内做小角度摆动,测量其摆动  $n(30\leq n\leq 60)$  次全振动的时间  $t$ ,计算单摆摆动的周期  $T$ 。调节摆长,多次实验,将实验测量值记录在自己设计的数据表格内。选择合适的数据处理方法,测得重力加速度的大小。

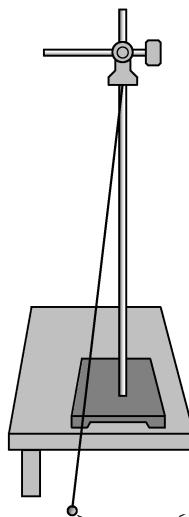


图 2-2

## 实验报告

### 实验名称

用单摆测量重力加速度的大小

### 实验目的

- (1) 会选择合适的工具测量单摆的摆长和摆动周期。能根据单摆的周期公式设计测量重力加速度大小的方案。
- (2) 知道减小周期测量误差的措施:在摆球经过最低点时开始计时,用  $n$  次全振动的时间  $t$  获得单摆的周期  $T$  等。
- (3) 体会物理实验数据处理的方法,能从图像中得到重力加速度的大小。

### 实验原理

单摆在竖直平面内做小角度摆动可看作简谐运动,其振动的周期可用  $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

表示。重力加速度  $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ , 由摆长和周期可得到重力加速度的大小。

### 实验器材

长度为 1 m 左右的细线、小球、铁架台及附件、\_\_\_\_\_。

### 实验方法与步骤

保持细线长度在 1 m 左右,使单摆在竖直平面内摆动。摆球经过平衡位置时开始计时,记录单摆完成  $n$  次全振动的时间。

组装实验装置。(其他步骤填写在下方空白处)

整理器材。

### 实验数据记录

表 2-3

小球直径  $d =$  \_\_\_\_\_ m, 单摆全振动次数  $n =$  \_\_\_\_\_

实验序号	摆线长 $l_0 / \text{m}$	$n$ 次全振 动的时间 $t / \text{s}$	摆长 $l / \text{m}$	周期 $T / \text{s}$		
1						
2						
3						
4						
5						

### 实验数据处理

画出  $\text{---} - \text{---}$  图像,即根据实验数据在图 2-3 中描点,用直线拟合。可得该直  
线的斜率  $k$ 。则重力加速度  $g$  的大小与斜率  $k$  的关系可表示为: \_\_\_\_\_。

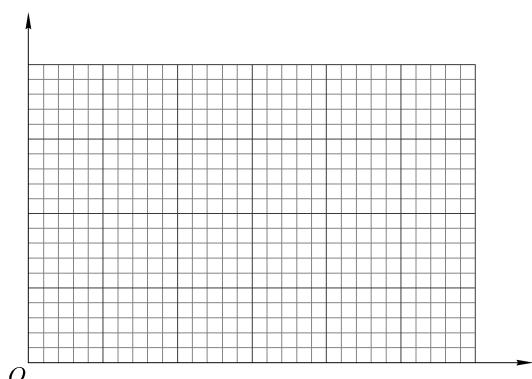


图 2-3

### 结果分析与实验结论

实验测量得到的重力加速度大小为 \_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ 。

### 讨论与思考

(1) 在实验中,为了减小测量误差,某同学有下列设想,判断是否合理,并说明理由。

表 2-4

设    想	是否合理	理    由
摆的振幅越大越好		
摆球的质量应大些、体积应小些		
摆线应细些,长约 1 m,伸缩性应小些		
计时的起点和终点位置均选在摆球达到的最高点处		

(2) 改变摆长,多次测量,得到周期的二次方与摆长的关系图像如图 2-4 所示。通过分析推理,说明这位同学在实验中有什么操作出现了错误,是否能够根据该图像推测重力加速度的大小。

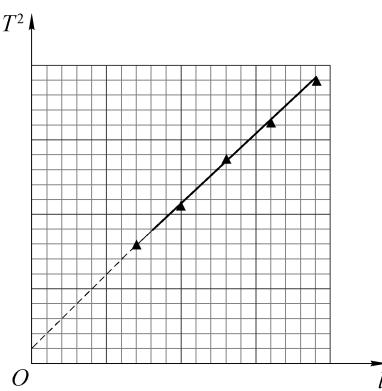


图 2-4

### 3 自主活动 弹簧振子做受迫振动的振动频率与振幅



#### 活动指导

活动目的：

- (1) 了解弹簧振子做受迫振动稳定后的频率等于驱动力的频率。
- (2) 通过改变转动摇柄的快慢，改变弹簧振子的驱动力频率。观察当驱动力的频率接近弹簧振子自由振动的频率时，弹簧振子的振幅剧烈增大的现象。

实验装置如图 2-5 所示，摇柄连接一根中间弯曲的金属杆，弯曲处悬挂一个圆柱体，下方挂有弹簧振子。圆柱体只能在水平挡板中心的圆孔内上下运动，从而保证施加在弹簧振子的驱动力是沿竖直方向，与弹簧振子的振动方向一致。转动摇柄，弹簧振子的 O 点获得周期性驱动力。摇柄转动得越快，驱动力的频率越高。

实验时的具体操作如下：

- (1) 缓慢匀速转动摇柄，观察弹簧振子的振动频率与摇柄转动频率的关系。
- (2) 增大摇柄转动频率，进一步观察此时弹簧振子的振动频率与摇柄转动频率的关系以及弹簧振子振幅的变化。
- (3) 观察到弹簧振子的振幅剧烈增大的现象时，比较此时弹簧振子的振动频率与其自由振动时的频率大小。
- (4) 继续增大摇柄的转动频率，观察弹簧振子振幅的变化。

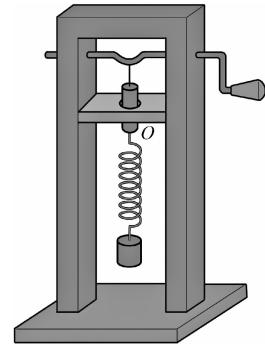


图 2-5



#### 思考

实验中如何知道弹簧振子自由振动的频率？

## 4 自主活动 摆做受迫振动的 振动频率与振幅



### 活动指导

活动目的：

- (1) 了解摆受迫振动稳定后的频率等于驱动力的频率。
- (2) 观察固有频率与受迫振动频率差异大小对振幅的影响。

实验装置如图 2-6 所示, A、B、C、D 四个双线摆在上端固定在同一根有弹性的横梁上。A 摆与 C 摆摆长相等,B 摆摆长最长,D 摆摆长最短。任意一个摆的摆动都会通过横梁使其他三个摆做受迫振动。

实验时的具体操作如下：

开始时,整个装置处于静止状态。垂直于装置平面,将 A 摆拉离平衡位置后由静止释放,A 摆开始振动。A 摆的振动通过横梁使 B 摆、C 摆、D 摆也振动起来。观察这些摆的振幅大小和振动的频率。



### 思考

如图 2-7 所示,横杆上从左到右并排悬挂五个摆长依次变短的摆。横杆的右端固定一根竖杆,竖杆上装有可以上下移动的重物,上下移动重物的位置可改变竖杆振动的固有频率。重物上移,竖杆的固有频率变大,反之减小。竖杆前后摆动能会带动水平横杆转动,左侧的 5 个摆也会振动。若从上往下逐渐移动重物,可先后观察到摆长从 \_\_\_\_\_ 到 \_\_\_\_\_ 的摆依次产生共振,理由是:

\_\_\_\_\_。

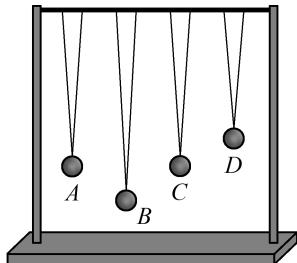


图 2-6

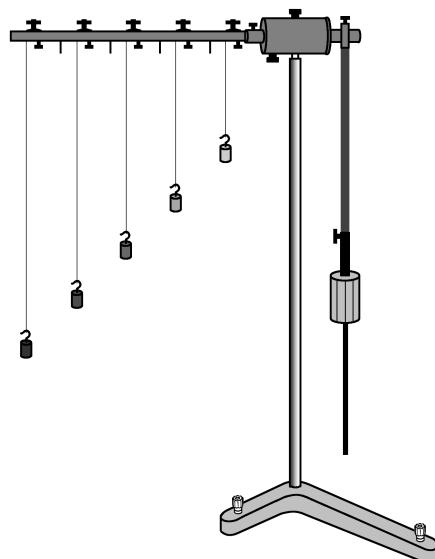


图 2-7

## 第三章 机械波

### 自主活动 水波的传播



#### 活动指导

活动目的：

- (1) 体验手指上下碰触水面可产生水波。
- (2) 观察水面上漂浮物的运动，思考水中质点的运动情况。

实验装置如图 3-1 所示，在水槽中装适量水，软木塞漂浮在水面上。

实验时的具体操作如下：

手指上下振动碰触水面，产生水波。水波传到软木塞处，观察软木塞的运动情况。

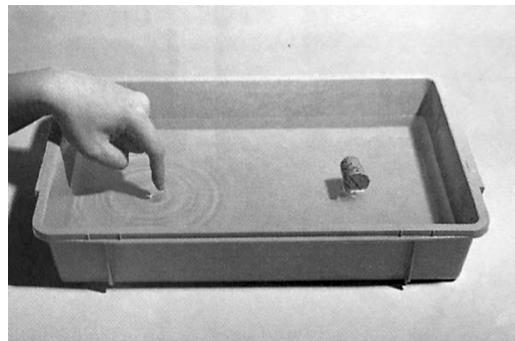


图 3-1

#### 思考

在水波的作用下，软木塞是如何运动的？其运动方向与水波的传播方向是否一致？

## 2 自主活动 水波的衍射



### 活动指导

活动目的：

- (1) 调节波源位置，在水面上产生持续的水波。
- (2) 观察水波通过不同宽度缝隙后的传播情况，了解发生明显衍射现象的条件。

实验装置如图 3-2 所示，在水槽中装适量的水。当波源与水面接触并持续上下振动时，会在水面上形成稳定的水波。

实验时的具体操作如下：

- (1) 调节波源的高度，使其与水面接触，接通电源，调整波源振动的频率，在水面上形成清晰的水波。（注：实验室光线太亮时不易观察到清晰的水波）

- (2) 在水槽中放入两块挡板。调节挡板间的缝隙，对比缝隙宽度不同时，水波通过缝隙后的传播情况。



图 3-2



### 思考

由上述活动可知，缝隙越窄，衍射现象越明显。为什么当缝隙非常小时，反而不能有效观察到水波通过缝隙后的衍射现象？

## 第四章 光



### 自主活动 光从空气斜射进入水中的折射



#### 活动指导

- (1) 观察光从空气斜射进入水中发生的折射现象。
- (2) 分析比较实验数据获得折射角与入射角的定量关系。

实验装置如图 4-1 所示,在水槽中盛适量的水,使竖直圆盘的圆心  $O$  刚好位于水面,激光笔可沿圆盘边缘移动,所发出的光束沿盘面射向圆心  $O$ 。从  $A$  点发出的光经圆心  $O$  进入水中后,经过水面下刻度盘上的  $B$  点。 $OA$  和  $OB$  的长度为圆盘半径,用圆盘上的刻度可以读出  $OA$ 、 $OB$  在水平和竖直方向投影的长度,从而得到折射角和入射角的相关信息。(注:由于激光束有一定的宽度,读数时只需取整数)

实验时的具体操作如下:

- (1) 水槽中装适量水,水面刚好通过圆盘的圆心  $O$ 。
- (2) 调整激光笔,使激光从圆盘边缘射向圆盘的圆心  $O$ 。
- (3) 分别记录入射光在水平和竖直方向投影的长度  $AC$ 、 $OC$ ,折射光在水平和竖直方向投影的长度  $BD$ 、 $OD$ 。
- (4) 改变激光笔的位置,多次实验,将实验数据记录在表 4-1 中。

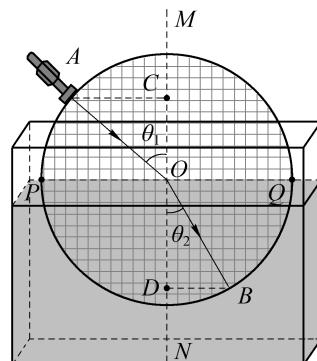


图 4-1

表 4-1

实验序号	$OC$	$OD$	$AC$	$BD$
1				
2				

(续 表)

实验序号	$OC$	$OD$	$AC$	$BD$
3				
4				

由观察可得,光从空气斜射进入水中,光偏离原来的传播方向。折射角随入射角变化,折射角\_\_\_\_\_ (选填“大于”“小于”或“等于”)入射角。

通过计算可知,入射角与折射角的\_\_\_\_\_ (选填“正弦值”“余弦值”“正切值”或“余切值”)之比基本相等,这个值就是水的折射率  $n$ ,水的折射率  $n=1.33$ 。

### 思考

如果将水槽内的水换为盐水重复实验,实验现象和实验结论会不一样吗?

## 2 学生实验 测量玻璃的折射率



### 实验指导

#### 1. 实验说明

在本实验中,用大头针确定光通过玻璃砖的传播路径。

#### 2. 实验操作

在水平木板上放一大张白纸,按玻璃砖的宽度在白纸上画两条平行线,玻璃砖依线置于纸面上。

如图 4-2 所示,在玻璃砖的一侧垂直于纸面插入两枚大头针  $a$ 、 $b$ ,其连线与玻璃砖表面成一定角度。在另一侧透过玻璃砖观察,并在该侧的适当位置插入大头针  $c$ ,使其遮挡住大头针  $a$ 、 $b$ ,再插入大头针  $d$ ,使其遮挡住  $a$ 、 $b$ 、 $c$ ,则人眼只看见大头针  $d$ 。此时,四枚大头针位于同一条射入眼睛的光线上。根据大头针的位置在白纸上画出入射光线和出射光线,确定入射点和出射点,画出玻璃砖中的折射光线。

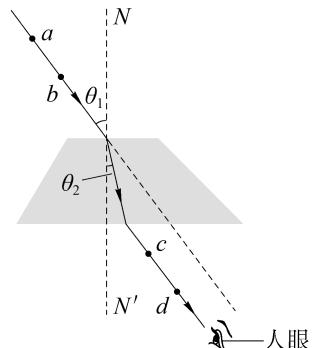


图 4-2

### 实验报告

#### 实验名称

测量玻璃的折射率

#### 实验目的

- (1) 会用插大头针的方法确定光通过玻璃砖的传播路径。
- (2) 会测量光从空气斜射进入玻璃砖的入射角和折射角,由此得到玻璃的折射率。

#### 实验原理

光在同一种均匀介质中沿直线传播,由两点可以确定一条光线。当光从空气斜射进入另一种介质时会发生折射,满足折射定律  $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ , 式中  $\theta_1$  和  $\theta_2$  分别为入射角和折射角。

#### 实验器材

透明玻璃砖、大头针、木板、白纸、三角板、量角器。

## 实验方法与步骤

在水平桌面上放一张白纸，在白纸上画两条平行线，间距与玻璃砖的宽度相同。将玻璃砖放置于两平行线之间。

按图组装实验装置。（其他步骤填写在下方空白处）

整理器材。

## 实验数据记录

测量并记录光从空气进入玻璃的入射角  $\theta_1$  和折射角  $\theta_2$ 。改变入射角，多次测量，将数据记录在表 4-2 中。

表 4-2

实验序号	$\theta_1$	$\theta_2$	$\sin \theta_1$	$\sin \theta_2$
1				
2				
3				

## 实验数据处理

根据测得的入射角和折射角，计算两者正弦值之比。

## 结果分析与实验结论

入射角不同，入射角与折射角的正弦值之比基本相等。

玻璃的折射率  $n = \text{_____}$ 。

## 讨论与思考

(1) 如图 4-3 所示，将圆心为  $O$ 、半径为  $R$  的半圆柱形玻璃砖放在水平桌面上。用大头针确定从  $P$  点入射的光，在玻璃砖圆柱面后方用大头针确定出射光。观察发现出射光与入射光平行。试在图中画出光进入玻璃砖后的传播路径。

(2) 某同学想用本实验的方法测量水的折射率。写出实验所需的器材和步骤。

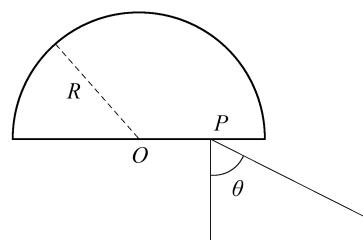


图 4-3

### 3 自主活动 光在玻璃与空气界面的折射、反射和全反射



#### 活动指导

活动目的：

- (1) 观察光在玻璃与空气界面的折射、反射和全反射现象。
- (2) 改变入射角，观察折射光与反射光的方向、强度的变化，发现当入射角大于某一角度时折射光消失，只有反射光的现象。

实验装置如图 4-4 所示，圆盘标有角度刻度，可绕过其中心且与盘面垂直的轴转动。半圆柱形玻璃砖置于圆盘上，其圆心与圆盘的圆心共点。激光器发出的光沿玻璃砖的半径射向圆心。入射角、折射角和反射角可由圆盘上的刻度读出。

实验时的具体操作如下：

- (1) 仔细调节半圆柱形玻璃砖的位置，使其圆心与圆盘圆心共点，且易于读数。
- (2) 固定激光器，使其发出的光由半圆柱面射入，且刚好通过玻璃砖的圆心。
- (3) 转动圆盘，使入射光垂直于玻璃砖的直边，观察光的传播情况。
- (4) 转动圆盘，逐渐增大光从玻璃进入空气的入射角，观察折射光与反射光方向、强度的变化。

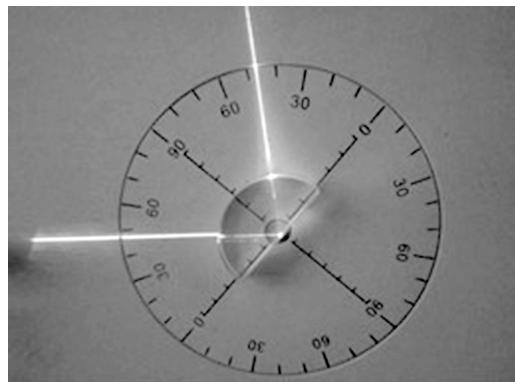


图 4-4



#### 思考

实验中逐渐增大入射角，折射光与反射光的强度如何变化？这一现象是否满足能量守恒定律？



## 学生实验 用双缝干涉实验测量光的波长



### 实验指导

#### 1. 实验说明

图 4-5 所示的实验装置可供本实验选用。当激光器发出的光通过双缝到达光强分布传感器时，可获得光强分布。

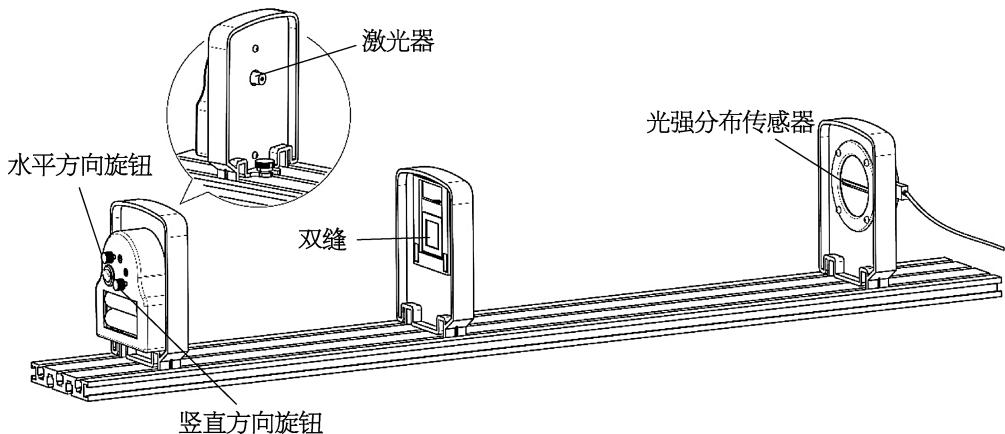


图 4-5

#### 2. 实验操作

激光器发出光，调整光的方向使其通过双缝后到达光强分布传感器。

运行软件，显示屏上显示清晰的干涉条纹，如图 4-6 所示。

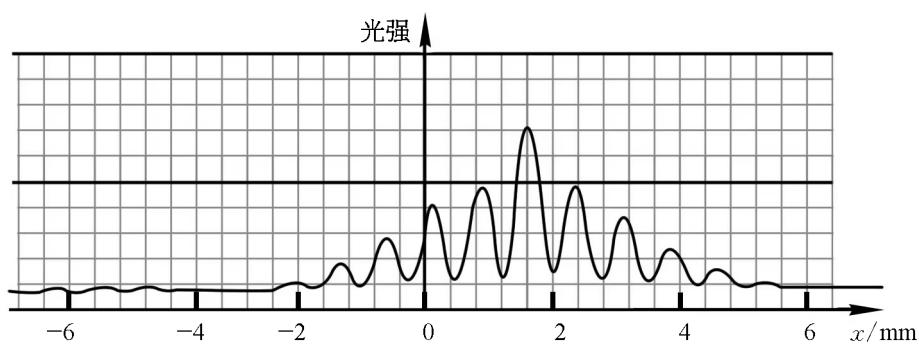


图 4-6

## 实验报告

### 实验名称

用双缝干涉实验测量光的波长

### 实验目的

用双缝干涉图样的条纹间距测量光的波长。

### 实验原理

单色光发生双缝干涉时,相邻条纹间距  $\Delta x$  与双缝间距  $d$ 、光屏到双缝的距离  $L$ 、光的波长  $\lambda$  之间有确定的关系  $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$ 。已知双缝间距  $d$ ,通过测量相邻条纹间距  $\Delta x$ 、光屏到双缝的距离  $L$ ,就可以间接测出光的波长  $\lambda$ 。

### 实验器材

光学导轨、可调节方向的激光器、双缝、光强分布传感器。

### 实验方法与步骤

(1) 在导轨上安装激光器、光强分布传感器和间距  $d$  已知的双缝。

(2) 调节激光器发出的光的方向。

(3) 计算机采集数据后,在显示屏上得到清晰的双缝干涉图样。

(4) 选择有效的区域(图 4-7),测量  $N$  条条纹的间距  $\Delta X$ , $\Delta x = \frac{\Delta X}{N-1}$ 。

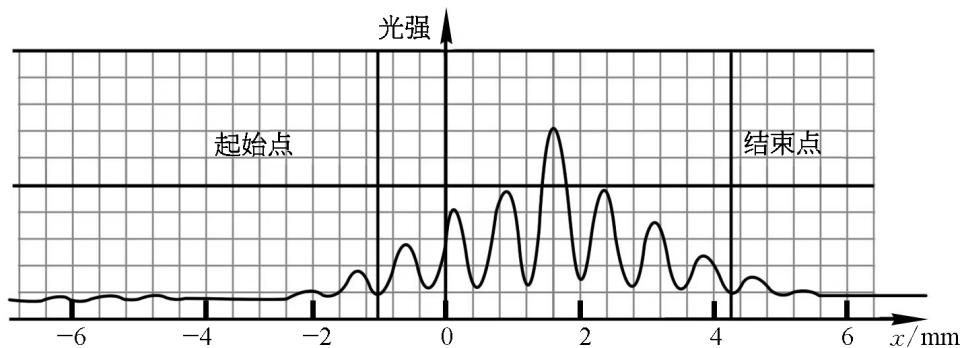


图 4-7

- (5) 用不同间距的双缝或调整传感器到双缝的距离多次实验,将数据填入数据记录表中。  
(6) 整理器材。

## 实验数据记录

表 4-3

实验序号	双缝与光强分布传感器距离 $L$ / m	双缝间距 $d$ / m	条纹数 $N$	$N$ 条条纹间距 $\Delta X$ / m	相邻条纹间距 $\Delta x$ / m	波长 $\lambda$ / nm
1						
2						
3						
4						
5						

## 实验数据处理

根据关系式  $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$  得到待测光的波长  $\lambda$ 。

## 结果分析与实验结论

改变实验条件多次测量, 测得的波长数值基本一致。

本实验中, 单色光的波长为 \_\_\_\_\_ m。

## 讨论与思考

(1) 实验中为何要测量  $N$  条条纹而不是相邻条纹的间距?

(2) 设计一个测量双缝间距的方案。

## 5 自主活动 肥皂膜的干涉现象



### 活动指导

活动目的：

观察竖直肥皂膜上的彩色条纹，进而用光的干涉解释该现象。

实验装置如图 4-8 所示，实验时的具体操作如下：

- (1) 配制肥皂液，以肥皂膜可较长时间存在为宜。
- (2) 将清洁的、开口较大的不透明杯子的杯口浸入肥皂液内。杯子离开肥皂液时，杯口处形成肥皂膜。
- (3) 杯子置于水平桌面上，保持杯口竖直，观察肥皂膜上的彩色条纹分布情况。
- (4) 在酒精灯灯芯上撒一些食盐，酒精灯的火焰将变为黄色，照射肥皂膜，观察肥皂膜上的条纹。



图 4-8



### 思考

若使杯子在桌面上缓慢滚动，肥皂膜上的条纹会如何变化？

## 6 自主活动 光的单缝衍射



### 活动指导

活动目的：

通过观察单色光通过单缝后，在光屏上光的明暗分布特点，了解光的波动性。

实验中激光器发出单色光，经过缝宽为 0.2 mm、

0.1 mm 或 0.05 mm 的单缝照射到光屏上。

实验装置如图 4-9 所示，实验时的具体操作如下：

(1) 用激光器发出的单色光照射单缝，光屏上光强按一定规律分布。

(2) 保持光屏和单缝的位置不变，更换不同缝宽的单缝，观察光屏上光强分布的变化。

(3) 保持单缝宽度及单缝位置不变，仅移动光屏，改变光屏与单缝的距离，观察光屏上光强分布的变化。

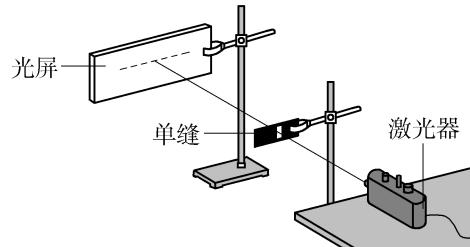


图 4-9



### 思考

以单缝衍射现象的特点为依据，推理说明单色光通过方孔后发生衍射的光强分布有何特点。

## 7 自主活动 圆盘衍射



### 活动指导

活动目的：

通过观察激光器发出的单色光照射不透明圆盘或不透明小球后，在光屏上形成的光强分布，进一步了解光的波动性。

实验装置如图 4-10 所示，激光器发出的单色光照射到直径略小于激光束的不透明圆盘或不透明小球上后，到达光屏。光屏尽可能远离不透明圆盘。在较暗的环境中有助于观察现象。实验中，也可以用激光照射大头针尖端吸引磁化的小铁球（直径约 2 mm）。

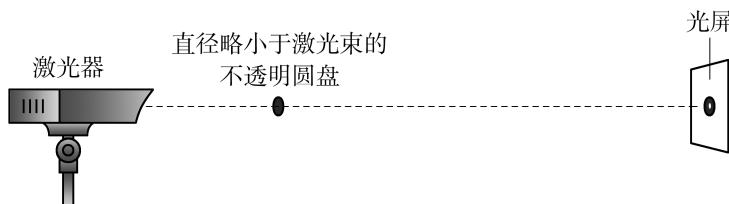


图 4-10

实验时的具体操作如下：

激光器发出的单色光照射不透明圆盘或不透明小球，光屏上形成泊松亮斑。



### 思考

为什么泊松亮斑的发现为光的波动性提供了有力的支持？

## 8 自主活动 光通过偏振片后的光强变化



### 活动指导

活动目的：

光垂直通过偏振片，观察以光的传播方向为轴转动偏振片时，光屏上光强的变化。

实验装置如图 4-11 所示，实验时的具体操作如下：

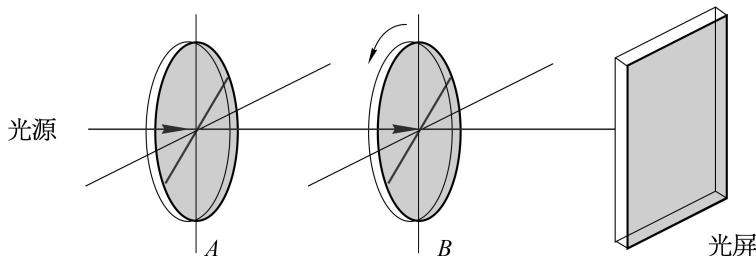


图 4-11

(1) 光垂直通过一片偏振片照射光屏，以光的传播方向为轴转动偏振片，观察光屏上光强的变化。

(2) 光垂直通过两片相互平行的偏振片 A、B 照射光屏，保持偏振片 A 不动，以光的传播方向为轴转动偏振片 B，观察光屏上光强的变化。



### 思考

将一片偏振片覆盖在点亮的液晶屏表面，解释为何偏振片在屏幕表面内转动时会观察到亮暗变化的现象。

# 9 学期活动 了解人类对光的本性的认识过程



## 活动内容与要求

这是一个阅读综述类活动。本活动要求：通过阅读相关书籍和查阅资料，了解人们对光的本性的认识过程，在此基础上撰写读书报告并在班级中交流。



## 活动指导

- (1) 阅读相关书籍，边阅读边记录书名、文章标题、作者和阅读心得等信息。
- (2) 以小组为单位撰写读书报告，小组成员有明确分工。
- (3) 交流时可采用图表、时间轴或者思维导图等多种形式呈现信息。
- (4) 引用或者参考的资料需要标明出处。



## 参考资料

- (1) 选择性必修第一册教材第四章章导言中简述了人们对光的本性认识过程，教材第 81 页关于双缝干涉现象和第 88 页对泊松亮斑的介绍可作为参考。
- (2) 以“粒子说”“波动说”等为关键词搜索相关信息。



## 评价量表

表 4-4

评价指标	表现标准	表现水平(参阅操作说明)	
		自评	他评
物理观念	了解人类对光的本性的认识过程		
	知道各种学说及其代表人物		
科学思维	能说出各种学说所能解释的现象		
科学探究	读书报告内容与科学发展史实基本一致		
	交流时能用证据证明自己的观点		

(续 表)

评价指标	表现标准	表现水平(参阅操作说明)	
		自评	他评
科学态度与责任	合作过程分工合理,帮助他人		
	合作中尊重他人,实事求是		
	报告中引用的内容均标明出处		
操作说明	对照表现标准,根据符合程度进行表现水平评价,“5”表示完全符合,“4”表示大部分符合,“3”表示基本符合,“2”表示少量符合,“1”表示基本不符合		

## 第五章 磁场



### 自主活动 磁场对通电导体的作用



#### 活动指导

活动目的：

观察磁场中通电导体棒的运动情况，了解磁场对通电导体有力的作用。

实验装置如图 5-1 所示，实验时的具体操作如下：

在蹄形磁体的两极之间放置一对平行导轨，导轨两端接在电源上。在两导轨之间垂直于导轨放置一段电阻较小的导体棒。闭合开关，使导体棒通电，观察通电导体棒的运动情况。

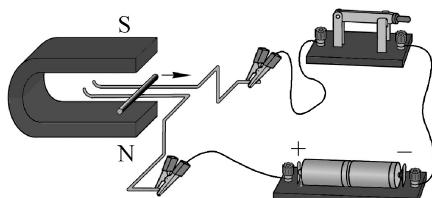


图 5-1



#### 思考

实验中，导体棒通电后由静止到运动，运动状态改变的原因是什么？通电导体棒受到哪些力的作用，其施力物体分别是什么？

## 2 自主活动 探究安培力的方向、磁场方向和电流方向三者间的关系



### 活动指导

活动目的：

观察并记录安培力、磁场和电流三者的方向，能用三维图呈现三者间的关系。

实验时的具体操作如下：

用如图 5-1 所示的实验装置，自行设计探究方案。通过观察静止的导体棒通电后的运动情况确定安培力的方向，填写数据记录表（表 5-1）。填写时可用“向上”“向下”“向左”“向右”“垂直纸面向里”或“垂直纸面向外”来描述安培力的方向、磁场方向或电流方向。

表 5-1

实验序号	磁场方向	_____ 方向	_____ 方向
1			
2			
3			
4			

从上述实验现象可分析归纳出安培力的方向、磁场方向和电流方向三者间的关系是：

---



### 思考

在其他条件不变时，若改变电源电压重新实验，静止的导体棒通电后的运动情况是否发生变化？

### 3 自主活动 定量探究安培力的大小



#### 活动指导

活动目的：

通过实验了解安培力的大小与哪些因素有关。探究通电导线与磁场方向垂直时，安培力的大小与电流大小、磁场中通电导线的长度间的定量关系。

实验装置如图 5-2 所示，实验时的具体操作如下：

使用学生电源提供恒定的直流电压，通过改变滑动变阻器的阻值改变线圈中电流的大小。利用异名磁极相对的两块磁体产生磁场。将力传感器固定，把一个矩形线圈固定在力传感器下方，线圈位于竖直平面内，把它放入异名磁极相对的两块磁体间的磁场中，线圈平面与磁场方向垂直，异名磁极间的磁场近似看作匀强磁场。由于在磁场中竖直两侧导线受到的安培力方向相反，相互抵消，测量到的安培力是磁场中水平导线受到的安培力。电流传感器测量线圈中电流的大小。

把学生电源、滑动变阻器、电流传感器、开关和力传感器连接成闭合电路，并将电流传感器、力传感器调零。

闭合开关，保持磁感应强度和通电导线在磁场中的长度不变，调节滑动变阻器的阻值以改变线圈中电流的大小。记录测量数据，绘制安培力的大小随电流大小变化的图线。

通过分析可发现，磁感应强度和通电导线在磁场中的长度不变时，安培力大小与电流大小成正比，如图 5-3 所示。

闭合开关，保持磁感应强度和线圈中电流大小不变，改变通电导线在磁场中的长度（实验时通过改变线圈的匝数来实现），记录测量数据，绘制安培力的大小随导线长度（或线圈匝数）变化的图线。

通过分析可发现，磁感应强度和线圈中电流大小不变时，安培力的大小与导线长度（或线圈匝数）成正比，如图 5-4 所示。

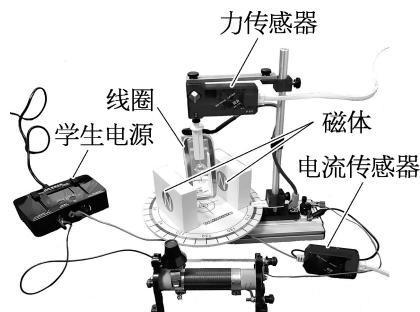


图 5-2

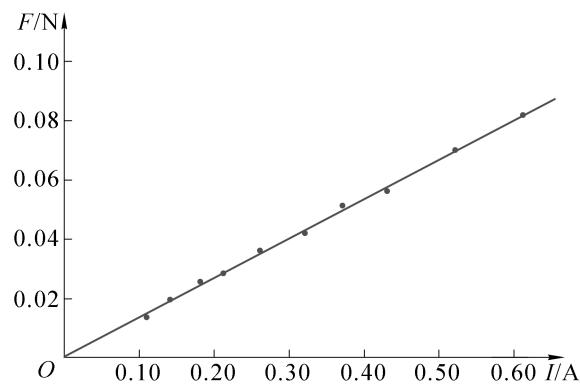


图 5-3

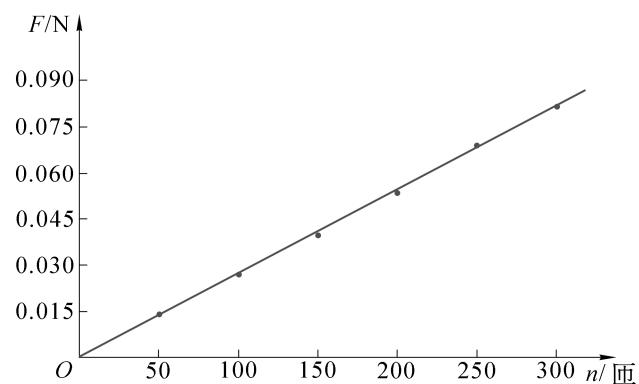


图 5-4



### 思考

在其他条件不变时,若改变磁场方向与线圈中水平导线内的电流方向间的夹角,则这部分水平导线受到的安培力的大小是否变化?试给出你的解释。



## 自主活动 探究洛伦兹力的方向



### 活动指导

活动目的：

通过实验观察阴极射线在磁场中的偏转。

实验装置如图 5-5 所示，实验时的具体操作如下：

用一个蹄形磁体在阴极射线管中电子束的路径上施加磁场，观察不同方向的磁场对电子束径迹的影响，从而判断运动的电子在磁场中受力的方向。观察并记录磁场方向和电子束的偏转方向。

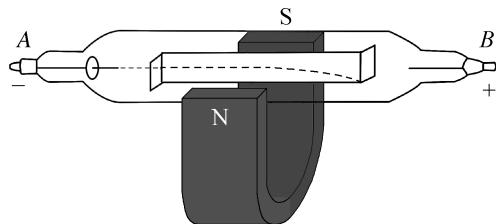


图 5-5

可观察到：没有磁场时，电子束的径迹是\_\_\_\_\_；有磁场时，电子束的径迹是\_\_\_\_\_。

由电子束的偏转情况确定洛伦兹力方向，填写数据记录表（表 5-2）。填写时可用“向上”“向下”“向左”“向右”“垂直纸面向里”或“垂直纸面向外”来描述磁场方向或电子束的偏转方向。

表 5-2

实验序号	电子运动方向	磁场方向	电子束的偏转方向
1	向右(A→B)		
2	向右(A→B)		



### 思考

改变磁场的方向，电子束的径迹就会发生改变。应怎样确定电子束受力的方向？磁场方向、电子的运动方向及其受力方向之间有什么关系？

## 5 自主活动 带电粒子在匀强磁场中做圆周运动



### 活动指导

活动目的：

知道带电粒子沿垂直于磁场方向射入匀强磁场后，在匀强磁场中的运动径迹是个圆。

实验时的具体操作如下：

图 5-6(a)是洛伦兹力演示仪。由电子枪产生电子束，玻璃泡内充有稀薄气体，电子通过时能够显示电子的径迹。玻璃泡前后各有一个励磁线圈，它们能够在两线圈之间产生与两线圈中心的连线平行的匀强磁场。通过调节电子枪的加速电压，可以改变电子束中电子的速率；通过调节励磁线圈中的电流，可以改变匀强磁场的磁感应强度。

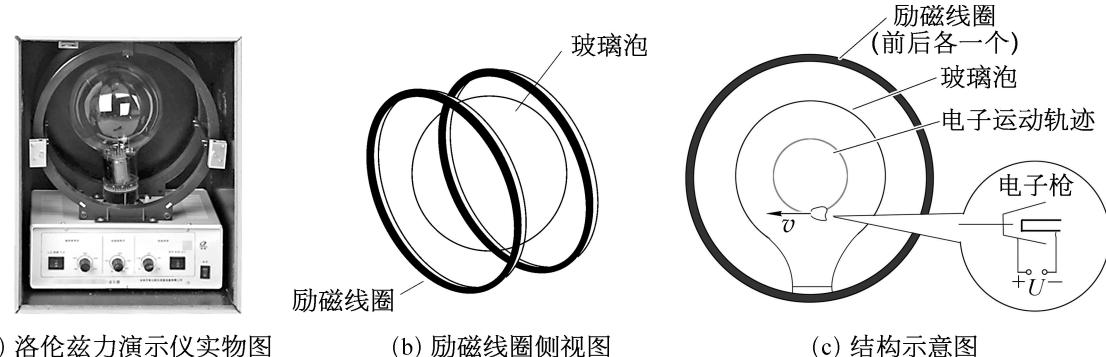


图 5-6

实验时可观察到：不加磁场时，向左射出的电子束的运动径迹是\_\_\_\_\_。给两励磁线圈[图 5-6(b)]通入顺时针方向的电流，产生沿两线圈中心连线方向、垂直纸面向里的匀强磁场，向左射出的电子束在匀强磁场中的运动径迹发生偏转，逐渐增大励磁线圈中的电流（加强匀强磁场），电子束运动的径迹可以形成\_\_\_\_\_，如图 5-6(c)所示。



### 思考

电子垂直于磁场方向射入匀强磁场后，其做圆周运动的向心力来自何处？在这个过程中，电子的动能是否发生改变？

## 6 自主活动 带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的半径



### 活动指导

活动目的：

通过实验了解影响带电粒子在匀强磁场中圆周运动半径大小的因素。

实验时的具体操作如下：

用如图 5-6(a)所示的洛伦兹力演示仪,保持入射电子的速率  $v$  不变,通过调节励磁线圈中电流的大小改变磁感应强度  $B$ ,观察电子圆周运动半径  $r$  的变化;保持磁感应强度  $B$  不变,通过调节电子枪的加速电压的大小改变入射电子的速率  $v$ ,观察电子圆周运动半径  $r$  的变化。

可观察到：入射电子的速率  $v$  不变时,磁感应强度  $B$  越大,电子做圆周运动的半径  $r$  越 \_\_\_\_\_(选填“小”或“大”)(图 5-7);保持磁感应强度  $B$  不变时,入射电子的速率  $v$  越大,电子做圆周运动的半径  $r$  越 \_\_\_\_\_(选填“小”或“大”)(图 5-8)。

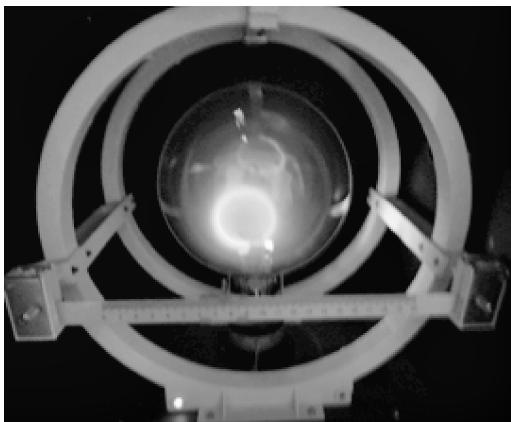


图 5-7

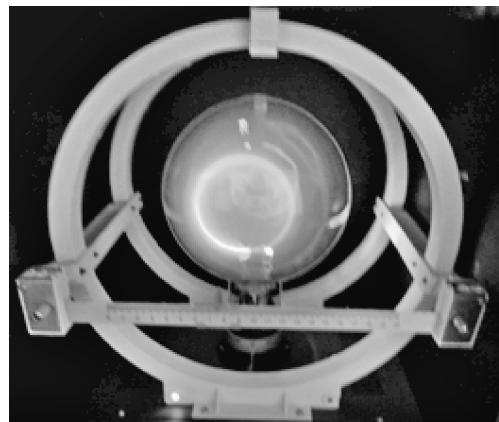


图 5-8



### 思考

电子垂直于磁场方向射入匀强磁场时,若使两励磁线圈之间的匀强磁场反向,电子束的运动径迹会如何变化?若使电子沿着磁场方向射入匀强磁场,电子束的运动径迹又会如何变化?

# 第六章 电磁感应定律

## 1 学生实验 探究影响感应电流方向的因素



### 实验指导

#### 1. 实验说明

实验目的是将灵敏电流计与感应线圈串联组成闭合回路,利用条形磁体插入或抽出感应线圈,探究感应线圈中产生的感应电流的方向与线圈内磁通量变化之间的关系。

#### 2. 实验操作

首先判断灵敏电流计电流流入方向与指针偏转方向之间的关系。按照图 6-1 所示的实验原理图连接相关器件,快速闭合、断开开关,判断灵敏电流计电流流入方向与指针偏转方向之间的关系,以便之后根据灵敏电流计指针的偏转方向确定电流的流入方向。

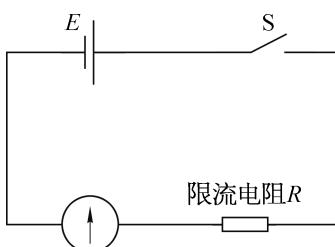


图 6-1

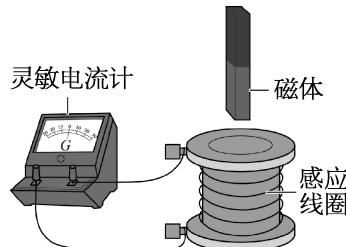


图 6-2

按照图 6-2 所示的实验电路图连接相关器件。如图 6-3 所示,将条形磁体的 N 极插入、抽出感应线圈,观察灵敏电流计指针的偏转方向,判断感应电流在线圈中产生的磁场的方向;再将条形磁体的 S 极插入、抽出感应线圈,观察灵敏电流计指针的偏转方向,判断感应电流在感应线圈中产生的磁场的方向。

## 实验报告

### 实验名称

探究影响感应电流方向的因素

### 实验目的

通过条形磁体插入或抽出感应线圈，探究感应线圈中产生感应电流的方向与线圈内磁通量变化之间的关系。

### 实验原理

感应线圈与灵敏电流计组成闭合回路，将条型磁体的 N 极或 S 极分别插入感应线圈或从感应线圈中抽出，回路中磁通量发生变化产生感应电流，如图 6-3 所示。观察并记录灵敏电流计指针的偏转方向，判断线圈中感应电流的方向及感应电流产生的磁场的方向，分析并归纳磁通量变化时感应电流方向的规律。

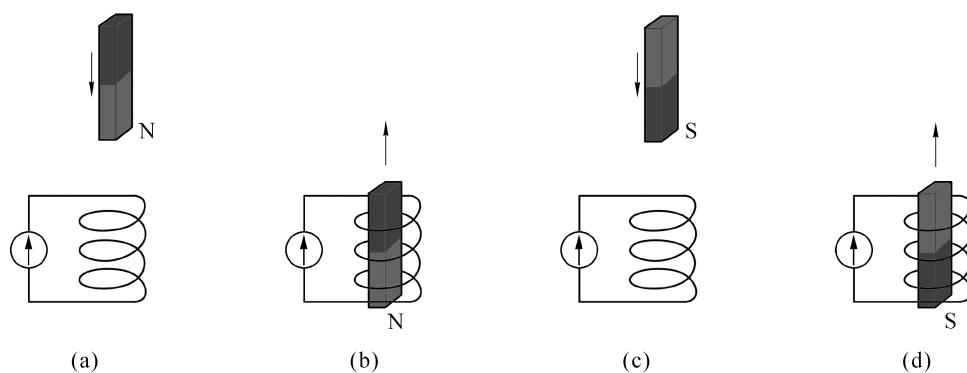


图 6-3

### 实验器材

感应线圈、灵敏电流计、条形磁体、限流电阻、干电池、开关、导线。

### 实验方法与步骤

- (1) 用导线将灵敏电流计与干电池的两极瞬间接触，判断灵敏电流计指针的偏转方向和电流方向的关系。
- (2) 将感应线圈与灵敏电流计串联成闭合回路。
- (3) 如图 6-3(a)所示，将条形磁体 N 极插入感应线圈，观察灵敏电流计指针的偏转方向，记录感应电流的方向，并填入表 6-1 中。
- (4) 如图 6-3(b)所示，将条形磁体 N 极抽出感应线圈，观察灵敏电流计指针的偏转方向，记录感应电流的方向，并填入表 6-1 中。
- (5) 如图 6-3(c)所示，将条形磁体 S 极插入感应线圈，观察灵敏电流计指针的偏转方向，记录感应电流的方向，并填入表 6-1 中。
- (6) 如图 6-3(d)所示，将条形磁体 S 极抽出感应线圈，观察灵敏电流计指针的偏转方向，记录感应电流的方向，并填入表 6-1 中。

## 实验数据记录

表 6-1

操作 感应线圈中	N 极插入	N 极抽出	S 极插入	S 极抽出
① 原磁场 $B$ 的方向				
②				
③ 感应电流的方向(俯视)				
④				
⑤				

## 实验数据处理

根据条形磁体的极性确定原磁场的方向,根据条形磁体相对感应线圈的运动判断通过线圈磁通量的变化。根据灵敏电流计指针的偏转方向确定通过感应线圈的电流方向,再根据线圈的绕向标志和右手螺旋定则判断感应电流产生的磁场的方向。

## 结果分析与实验结论

综合实验现象,分析归纳影响感应电流方向的因素,总结得出实验结论。

## 讨论与思考

为什么感应线圈用细导线绕制,且绕的匝数很多?

## 2 自主活动 研究感应电动势大小与磁通量变化率之间的关系



### 活动指导

活动目的：

(1) 利用智能电源产生的“直流电压”和“周期性线性变化的电压”，分别输入线圈  $a$  内，在线圈  $a$  中产生可控的变化的磁场。用磁传感器测量线圈  $b$  内的磁感应强度，用电压传感器测量线圈  $b$  内的感应电动势。

(2) 利用相关数据处理软件获得感应电动势  $E$  和磁感应强度的变化率  $\frac{\Delta B}{\Delta t}$  之间关系的图像。

实验装置如图 6-4 所示，实验时的具体操作如下：

- (1) 将智能电源的输出端与输入端线圈  $a$  连接。
- (2) 开启智能电源，选择“输出模式”为“直流电压”。

(3) 运行软件，获得“ $B-t$ ”图像和“ $E-t$ ”图像，如图 6-5 所示，说明线圈  $a$  中通过稳定的直流电流时，线圈  $b$  中的感应电动势为零。

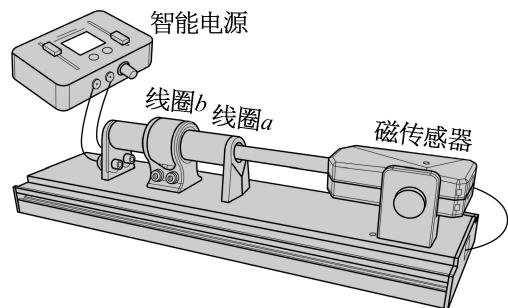


图 6-4

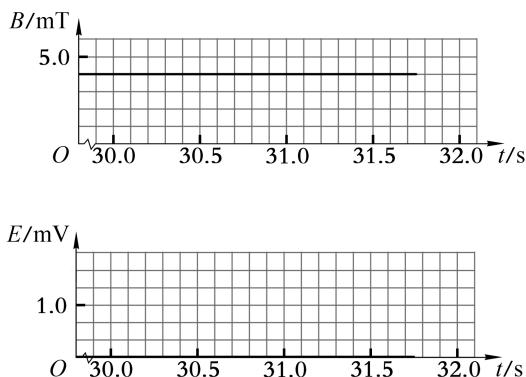


图 6-5

(4) 在智能电源上选择“输出模式”为“梯形波”，调节左右两侧的梯形波“上升沿”和“下降沿”的斜率，重复步骤(3)。获得“ $B-t$ ”“ $E-t$ ”图像，如图 6-6(a)所示，说明线圈  $a$  中通过“梯形电压”的“上升沿”和“下降沿”期间，磁感应强度  $B$  分别随时间增大和减小，在线圈  $b$  出现了感应电动势。

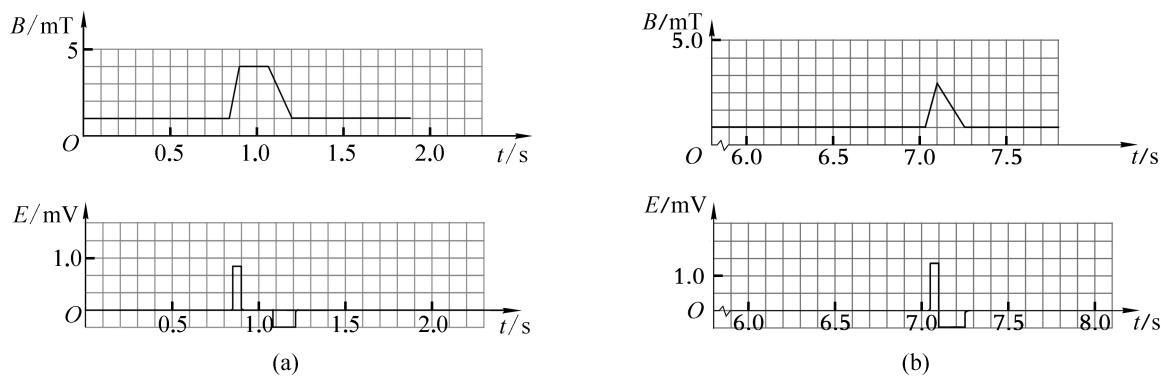


图 6-6

(5) 在智能电源上选择“输出模式”为“三角形电压”，调节左右两侧的三角形波“上升沿”和“下降沿”的斜率，重复步骤(3)。获得“ $B-t$ ”“ $E-t$ ”图像，如图 6-6(b)所示，说明线圈  $a$  中通过“三角形电压”的“上升沿”和“下降沿”期间，磁感应强度  $B$  分别随时间增大和减小，在线圈  $b$  也出现了感应电动势。

(6) 在智能电源上选择“输出模式”为“连续的锯齿形电压”，调节左侧的“上升沿”的斜率，重复步骤(3)。点击“选择区域”，分别在“ $B-t$ ”图线上不同的“上升沿”选择研究区间，软件自动计算  $\frac{\Delta B}{\Delta t}$  和  $E$  的值，并记录在表格中。屏幕出现如图 6-7(a)所示的图像。

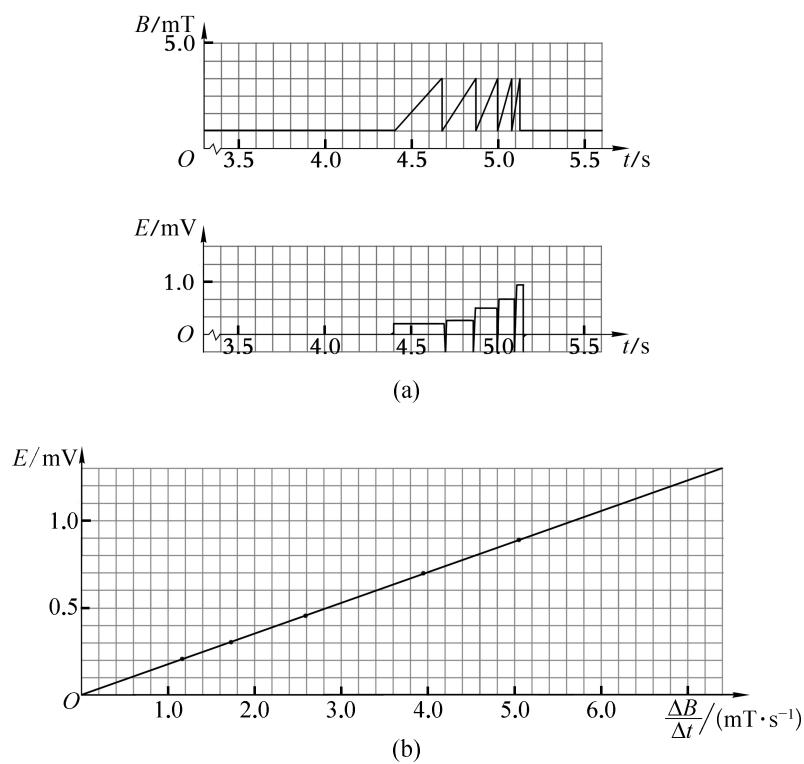


图 6-7

然后依次点击“ $E - B$  关系”“绘图”和“曲线拟合”，得到图 6-7(b)所示的图像。实验结果说明当线圈回路包围的面积保持不变时，磁感应强度变化时感应电动势  $E$  与  $\frac{\Delta B}{\Delta t}$  成正比，即  $E \propto \frac{\Delta B}{\Delta t}$ 。由于磁通量  $\Phi = BS$ ，所以感应电动势  $E \propto \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ ，即实验证了感应电动势大小与磁通量变化率成正比的规律。

### 思考

为什么线圈  $b$  必须套在线圈  $a$  的中部？

### 3 自主活动 研究感应电动势与导线运动速度的关系



#### 活动指导

活动目的：

图 6-8 为研究感应电动势与导线运动速度的关系的实验装置。

(1)  $n$  匝矩形线圈的下边竖直切割近似水平方向的匀强磁场的磁感线,利用光电门传感器测量此时线圈的速度  $v$ ,同时利用电压传感器测量线圈中产生的感应电动势  $E$ 。

(2) 利用相关数据处理软件获得  $E-v$  图像。

(3) 改变矩形线圈的匝数等效于改变导线切割磁感线的长度  $l$ ,获得不同匝数线圈下落时的感应电动势  $E$ 。

(4) 从  $E-v$  图像的斜率验证  $E \propto v$ ,比较不同匝数线圈的  $E-v$  图像验证  $E \propto l$ ,从而验证  $E \propto v l$ 。

实验时的具体操作如下:

(1) 如图 6-8 所示,安装实验装置。

(2) 选择匝数为“ $n=100$ ”的矩形线圈,运行软件。

(3) 从 5 个不同高度处先后释放可移动线圈,软件将记录每次线圈经过光电门传感器时的下落速度和感应电动势大小。

(4) 利用软件绘出感应电动势与线圈运动速度的关系图线,如图 6-9 所示。

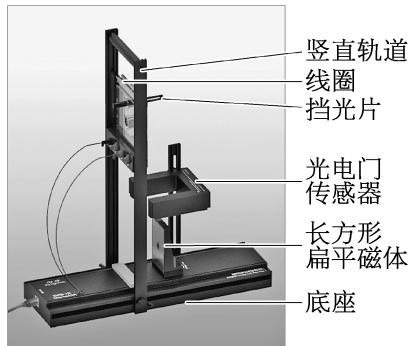


图 6-8

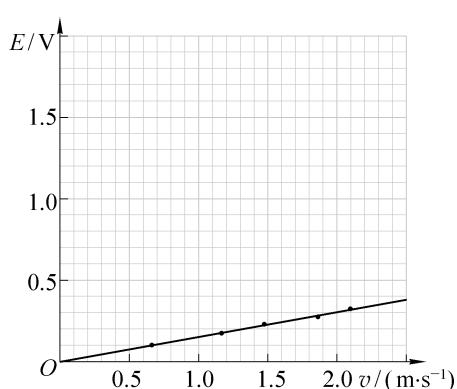


图 6-9

(5) 改变可移动线圈匝数, 分别使  $n=200$ 、 $n=300$ , 并在软件中选中相应表格, 重复上述步骤, 得到相应的感应电动势图线, 如图 6-10 所示。

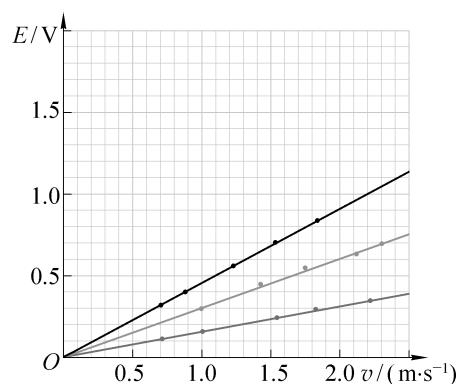


图 6-10

通过实验结果可以发现, 在磁感应强度不变的条件下, 线圈产生的感应电动势与线圈的运动速度成正比。

### 思考

实验中为什么要在多次改变可移动线圈匝数的情况下, 研究感应电动势与导线运动速度的关系?

第七章 电磁感应定律的应用

## 自主活动 研究自感现象



活动指导

活动目的：

带铁芯的多匝线圈和灯泡组成闭合电路,开关闭合和断开的瞬间产生自感电动势,观察灯泡亮暗的变化。

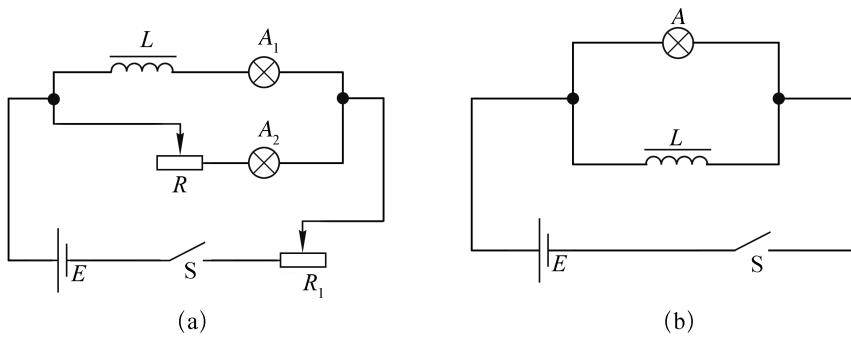


图 7-1

实验电路如图 7-1 所示, 实验时的具体操作如下:

### (1) 通电自感现象

与灯泡  $A_2$  串联的电阻  $R$  的大小与带有铁芯的线圈的电阻相等, 灯泡  $A_1$  与  $A_2$  规格相同, 可以用多用电表欧姆挡测量灯泡的冷态电阻, 选择相同阻值的灯泡使用。

电源要用稳压电源或干电池，不能用整流后的脉动直流做电源。

用多用电表欧姆挡实测电感线圈的电阻,将电阻  $R$  的大小调至与电感线圈电阻的大小相同。电源电压使用直流 12 V 稳压电源或干电池组,图中灯泡为“6.3 V 0.15 A”,选择方法与前述相同。

实验前先将可变电阻  $R$  值调到最大。闭合开关  $S$ ,再调节  $R$  值,使  $A_1$  和  $A_2$  两只灯泡的亮度相同,再将  $S$  断开。闭合开关  $S$ ,电路通电后,可以观察到灯泡  $A_1$  发光明显滞后  $A_2$ 。

如需要重做实验,应该将电源接线互换极性,以减少铁芯剩磁对实验效果的影响。

## (2) 断电自感现象

图 7-1(b)为断电自感现象实验原理图。如果灯泡损坏要选择同规格的灯泡。在通电状态下,灯泡 A 发出微弱的光,这样在断电时的闪亮会更加明显。

也可用可拆式变压器绿色线圈(400 匝)套在闭合铁芯上作为电感线圈 L 和“6.3 V 0.15 A”灯泡,电源用直流 4 V,断开开关要快,就能产生较大的自感电动势。



## 思考

设计一个既能演示通电自感现象,也能演示断电自感现象的实验电路,并说明实验原理。

## 2 自主活动 观察正弦交变电流的电压随时间变化的规律



### 活动指导

活动目的：

- (1) 利用电压传感器连接学生电源的交流电压的输出端,获得电压随时间变化的图像,读取交流电压的最大值  $U_m$  和周期  $T$ 。
- (2) 利用数字多用电表交流电压挡测量“学生电源”输出电压的有效值  $U$ ,验证交流电压的最大值  $U_m$  和有效值  $U$  之间的关系。
- (3) 利用数字多用电表测量交流电的周期  $T_0$ ,比较  $T$  和  $T_0$  的大小关系。



(a) 电压传感器测量交流电的电压



(b) 数字多用表测量交流电的电压

图 7-2

实验时的具体操作如下：

将电压传感器接入数据采集器,传感器的测量夹与学生电源的交流电压输出端连接。

打开软件,点击“示波”显示,选择“采样频率”为 1 kHz,将学生电源置于输出交流电压 6 V 挡,再打开学生电源开关。点击“开始”按钮,调节电压幅值旋钮,可以显示图 7-3 所示的正弦图像,反映正弦交流电电压随时间变化的规律。

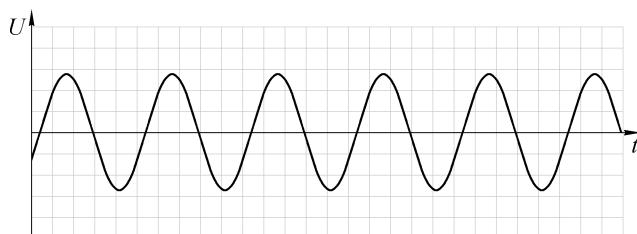


图 7-3

利用软件的组合图线功能可以拟合电压传感器所测出图像，并得到对应的函数表达式，从该函数表达式中读出正弦交流电的电压最大值  $U_m$  和周期  $T'$ 。

将数字式多用电表功能旋钮旋转至交流电压挡，两表笔直接与学生电源的交流电压输出端接触，测量学生电源输出端交流电压的有效值  $U$  和周期  $T$ 。

计算  $U_m$  和  $U$  之比，比较  $T'$  和  $T$ ，分析可能产生的实验误差。

## 思考

减小学生电源的交流输出电压再做实验，是否会改变实验结论？用实验检验你的判断。

### 3 学生实验 探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系



#### 实验指导

##### 1. 实验说明

实验目的是观察了解可拆式变压器的结构,利用原、副线圈都具有多组不同匝数线圈的特点探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系。

##### 2. 实验操作

观察 J2423 型可拆式变压器,变压器的 U 形铁芯和条形铁轭是由涂覆了绝缘漆膜的矽钢片叠成,减少铁芯中由于涡流现象产生的热损耗。条形铁轭上装有一对压板,用压紧螺丝可以将条形铁轭与 U 形铁芯固定。红色和绿色两个线圈都是用绝缘导线绕制而成,分别套在铁芯的两边。绿色线圈 400 匝,在 100 匝处抽头;红色线圈 1 400 匝,在 200 匝和 800 匝处抽头。将零件正确组装成实验用变压器。

交流电源的输出电压设置为 12 V。用两根导线将交流电源输出端分别接在如图 7-4 所示的可拆式变压器左侧原线圈标明 0、400 的两个接线柱上,在右侧副线圈标明 0、200 的两个接线柱接入一个额定电压为 6 V 的小灯泡。通电后观察小灯泡的发光情况。

先后改变变压器原、副线圈的匝数,通电后用多用表交流电压挡分别测量副线圈相应输出端的输出电压。

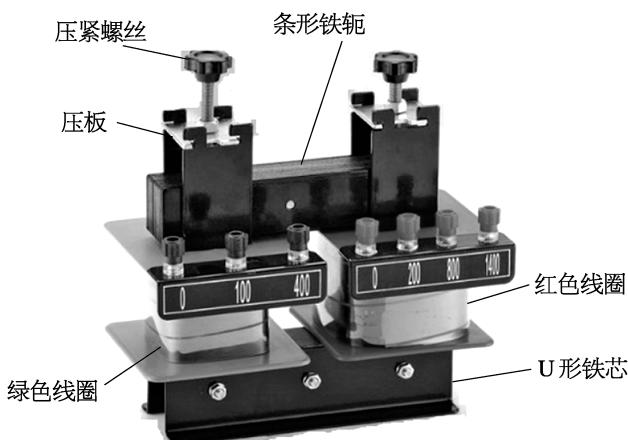


图 7-4

#### 实验报告

##### 实验名称

探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系

##### 实验目的

观察了解可拆式变压器的结构,探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系。

## 实验原理

变压器是由原线圈、副线圈和铁芯组成的。交变电流通过原线圈时在铁芯中产生大小和方向不断变化的磁场，铁芯中变化的磁场在副线圈中产生感应电动势，尽管两个线圈之间没有导线相连，副线圈两端也存在输出电压。

实验中用控制变量法，通过改变原、副线圈的匝数，探究原、副线圈的电压比与匝数比的关系。图 7-5 为实验电路图。

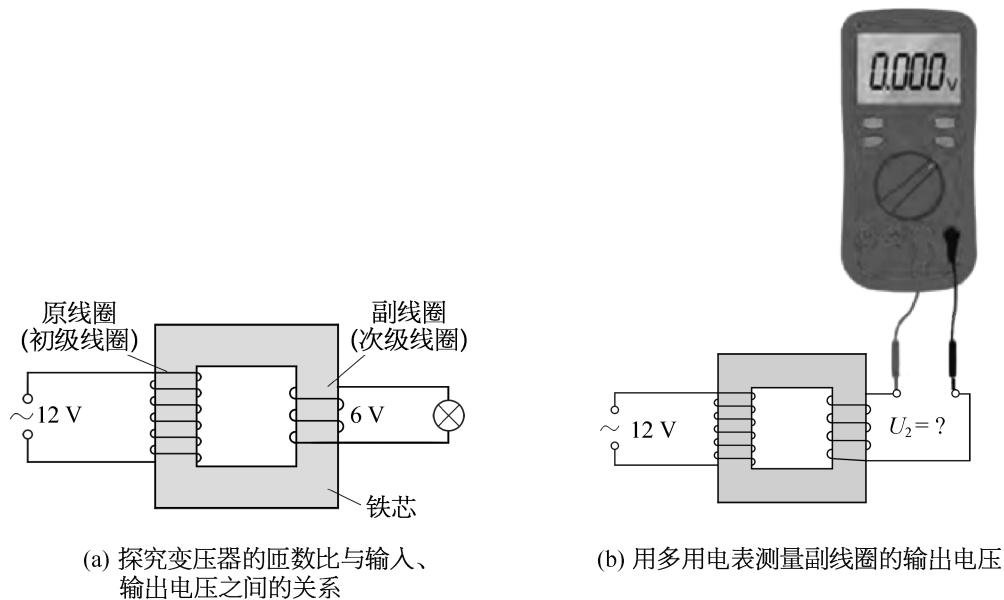


图 7-5

## 实验器材

可拆式变压器(包括铁芯、两个已知匝数的线圈)、多用电表、低压交流电源、额定电压为 6 V 的小灯泡、若干导线。

## 实验方法与步骤

(1) 观察如图 7-4 所示的可拆式变压器的结构及左右两个线圈上标明的数字表示线圈的匝数。

(2) 交流电源的电压输出端设置为 12 V。如图 7-5(a) 所示，用导线将交流电源接入原线圈标明 0、400 两个接线柱，再用导线将额定电压为 6 V 小灯泡接入副线圈标明 0、200 的两个接线柱。闭合电源开关，观察小灯泡的发光情况。线圈上标明的原、副线圈的匝数比  $n_1 : n_2 = 400 : 200 = 2 : 1$ ，原线圈接在  $U_1 = 12 \text{ V}$  的交流电源上，用多用电表的交流电压挡测出小灯泡两端的电压  $U_2$ 。

(3) 将交流电源的电压输出端设置为 4 V。如图 7-5(b) 所示，用导线将交流电源接入原线圈标明 0、400 的两个接线柱，保持原线圈的匝数 400 不变，用多用电表的交流电压挡分别测量副线圈不同接线柱的电压。将相关数据填入表 7-1。

(4) 将交流电源的电压输出端设置为 2 V。如图 7-5(b) 所示,用导线将交流电源接入原线圈标明 0、100 的两个接线柱,保持原线圈的匝数 100 不变,用多用电表的交流电压挡分别测量副线圈不同接线柱的电压。将相关数据填入表 7-2。

(5) 实验结束必须断开电源开关,整理实验器材,并归纳总结实验结论。

### 实验数据记录

表 7-1

原线圈的匝数 $n_1$	400	原、副线圈匝数比	原线圈的电压 $U_1/V$	4	原、副线圈电压比
副线圈的匝数 $n_2$			副线圈的电压 $U_2/V$		
副线圈的匝数 $n'_2$			副线圈的电压 $U'_2/V$		
副线圈的匝数 $n''_2$			副线圈的电压 $U''_2/V$		

表 7-2

原线圈的匝数 $n_1$	100	原、副线圈匝数比	原线圈的电压 $U_1/V$	2	原、副线圈电压比
副线圈的匝数 $n_2$			副线圈的电压 $U_2/V$		
副线圈的匝数 $n'_2$			副线圈的电压 $U'_2/V$		
副线圈的匝数 $n''_2$			副线圈的电压 $U''_2/V$		

### 实验数据处理

分别计算变压器原、副线圈的匝数比和原、副线圈的电压比,分析归纳两者之间的关系。

### 结果分析与实验结论

在实验误差范围内发现: 变压器原、副线圈的电压比等于两个线圈的匝数比。

### 讨论与思考

变压器的原、副线圈能否交换使用? 为什么?

## 第八章 电磁振荡与电磁波

### 自主活动 观察电磁振荡现象



#### 活动指导

活动目的：

观察  $LC$  回路中电流大小及方向的周期性变化。

实验电路图如图 8-1 所示，实验时的具体操作如下：

使用配套器材连接电路，首先给电容器充电，随后将开关置于 2 后，可以通过电流传感器观察到回路中电流的变化，本实验也可以将电流传感器替换为接在电感器  $L$  上的电压传感器，同样可以观察到电磁振荡现象。

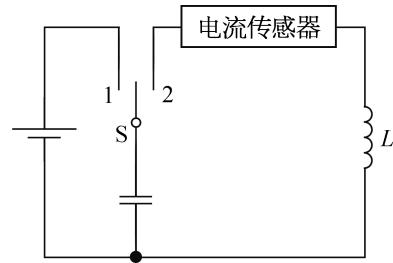


图 8-1



#### 思考

观察振荡电流，描述振荡电流的大小存在怎样的变化，为什么？

## 2 自主活动 观察电谐振现象



### 活动指导

活动目的：

观察包含莱顿瓶的闭合电路中振荡电流的产生及大小变化。

实验装置如图 8-2 所示，实验时的具体操作如下：

将甲、乙两装置靠近放置。随后，将手摇感应起电机（或高压感应线圈）连接在甲装置中金属球 A、B 两侧，摇动手摇感应起电机，观察金属球 A、B 间是否能产生电火花。移动装置乙中带有氖管的金属杆，观察它在不同位置时接受电磁波的情况。最后根据氖管发光的亮度，找到振荡电流最大的位置，观察两装置中的矩形线框的大小形状等。

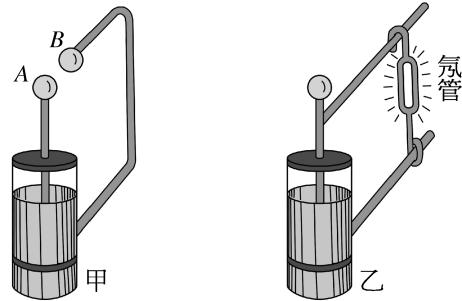


图 8-2



### 思考

实验结果对电磁波的接收有何启示？

### 3 学期活动 电磁辐射的研究与测量



#### 活动内容与要求

电磁辐射在生活中无处不在,虽然电磁辐射对人体的伤害尚无定论,但是为了合理减少“电磁污染”对我们的危害,我们需要进一步了解和认识电磁辐射。

这是一个调查与探究类学期活动,本活动要求:

(1) 查找资料,了解不同用途的X射线仪的电磁辐射量,并了解我国通信及高压输电线的电磁辐射量标准及安全距离等。

(2) 利用电磁辐射检测仪,测量家用电器电磁辐射强弱,了解防辐射服的防护效果。

(3) 利用线圈、微电流传感器制作一个电磁辐射检测仪,考虑线圈的尺寸和匝数对测量结果的影响,以及其是否可以测量高频电磁辐射?

本学期活动的具体要求详见选择性必修第二册教材第100页。



#### 活动指导

(1) 选择相关的研究主题前,需要先初步了解电磁辐射的定义,包括其计量单位、警示标志等内容。

(2) 3~4人组成一个合作小组,选择一项感兴趣或擅长的内容开展研究。

(3) 活动成果以研究报告或制作实物为呈现方式。

(4) 研究报告需包含摘要、关键字、正文、参考文献等内容,若有研究(调查)数据等内容需翔实记录。

(5) 制作实物除了需要递交作品外,还需要与之相配合的制作报告,制作报告应包含设计目的、原理、制作材料及制作过程、检测及使用结果等内容。

(6) 每组需在班级内交流,并根据研究报告、制作实物、汇报交流等情况进行互评。



#### 参考资料

网上搜索“辐射”“电离辐射”相关的资料,了解电磁辐射和电离辐射。



## 评价量表

表 8-1

评价指标	表现标准	表现水平(参阅操作说明)	
		自评	他评
物理观念	了解电磁辐射的定义		
	知道电磁辐射的计量单位及警示标志		
科学思维	能通过麦克斯韦电磁场理论,分析电磁辐射的基本原理		
	能基于证据表达自己的观点		
	能对他们的研究提出质疑		
科学探究	能基于生活,提出可研究的物理问题或可以制作的物理器具		
	能在他人帮助下制定科学的探究方案(制作方案),能使用基本的测量仪器(制作工具及器材)		
	能分析数据、发现规律,并得到初步结论;能对制作的器材进行检测并修正		
	研究报告或制作报告需内容详实,具有可读性		
科学责任与态度	能有与他人合作的意识		
	通过研究,能正确认识电磁辐射,养成去伪求真的物理精神		
	知道电磁辐射普遍存在于生活中,能意识到可持续发展及合理减少“电磁污染”的重要性		
操作说明	对照表现标准,根据符合程度进行表现水平评价,“5”表示完全符合,“4”表示大部分符合,“3”表示基本符合,“2”表示少量符合,“1”表示基本不符合		

## 第九章 传感器

### 自主活动 光敏电阻



#### 活动指导

活动目的：

由同一物体(光敏电阻)的导电性在光照下的变化,感受材料对光照的敏感性。

实验时的具体操作如下：

本活动需要的器材是光敏电阻、多用电表、纸(或黑纸)和强光源。实验操作相当于用多用电表测电阻,不同的是要改变光敏电阻所处环境的光强。首先是将光敏电阻直接裸露在外测量并记录其阻值;然后将光敏电阻用纸包住,只留两个接线头在外测量并记录其电阻值,比较两次电阻值的差异。

若要使阻值差异明显,可以分别让光敏电阻在强光照射下和用黑纸包住测量。

注意使用多用电表的欧姆挡,每次换挡都要重新调零。



#### 思考

光敏电阻的阻值变化与光强有关,是否也与光的频率有关?



#### \*阅读材料

##### 光敏电阻的类型

光敏电阻器通常用于光的测量、光的控制和光电转换。光敏电阻相当于一个可变

电阻，阻值会随着光照的强弱而变化。光敏电阻对光线很敏感，无光照时，其阻值一般可达几兆欧，称为暗电阻；有光照时，其阻值随着光强的升高可迅速降低至几百欧，称为亮电阻。

不同材料制成的光敏电阻，对不同光谱的敏感性是不同的，如硫化镉、硒化镉光敏电阻器对紫外线较敏感；碲化铅、硒化铅、锑化铟等光敏电阻器对红外光较敏感；硫化镉、硒化镉、砷化镓等光敏电阻器对可见光较敏感。有些光敏电阻对可见光的敏感性与人眼对可见光的响应很接近，只要是人眼可感受的光，都能引起它们阻值的变化，故光敏电阻又称为“电眼”。

## 2 自主活动 热敏电阻



### 活动指导

活动目的：

体验热敏电阻的导电性随温度的变化，感受物质材料特性的多样性。

实验时的具体操作如下：

本活动需要的器材是正温度系数和负温度系数的热敏电阻各一半、多用电表、电吹风。本活动与用多用电表测光敏电阻类似，只是这里是改变温度。可将热敏电阻用手心捂热，也可用电吹风的暖风或冷风来改变测量时热敏电阻所处环境的温度。在不同温度下测两次。第一次直接测量，第二次用手心捂住热敏电阻再测量（这种方法所用器材少，方便课内操作），记录两次测得的阻值。比较两次电阻值的差异。



### 思考

不同的使用者对用热敏电阻制作的温度传感器精确度的评价为何有时差异很大？

### 3 自主活动 压电陶瓷片



#### 活动指导

活动目的：

体验压电陶瓷片受到按压会在两极产生电压，松开则两极电压消失的特性。

实验时的具体操作如下：

本活动需要的器材主要是压电陶瓷片和电压传感器，将压电陶瓷片与电压传感器连接，电压传感器与连接在计算机上的数据采集器连接。打开软件，选择曲线显示。用力按压、释放陶瓷片，显示屏上会出现电压-时间图像，观察和感受压力变化与电压变化的对应关系。也可以在陶瓷片上放置砝码作为恒力按压陶瓷片，观察并记录电压-时间图像。如果用振动的音叉或跳动的心脏对压电陶瓷片施力，记录的电压-时间图像就可反映音叉的振动频率和心脏跳动的心音图。

如图 9-1 所示连接电路，用力按压陶瓷片，观察到屏幕上的电压变\_\_\_\_\_；用恒力按压陶瓷片，屏幕上的电压\_\_\_\_\_。由此得出的结论为\_\_\_\_\_。

将压电陶瓷片固定在音叉的叉股上，再将两根引线连接电压传感器。敲击音叉，并适当调整采样频率，在计算机上观察音叉的振动图像，振动频率为\_\_\_\_\_。

将压电陶瓷片压在胸口，把采样频率调到 50 Hz，适当调整 Y 轴缩放，观察心音图。



图 9-1



#### 思考

在生活中还有哪些用压电陶瓷片所做的压电传感器？



#### \*阅读材料

##### 压电陶瓷片的基本特性与电路符号

压电陶瓷片的基本特性是具有“压电效应”，即压电陶瓷片在受到来自垂直方向的压力

时,陶瓷片的几何形状发生改变,在其两电极间会产生电压,并且电压大小与压力变化成正比。当电压作用于压电陶瓷片时,陶瓷片就会随电压和频率的变化产生机械变形。如果加在压电陶瓷片上的是交变或脉冲电压,陶瓷片就会随之产生振动。当外加电压频率与陶瓷片固有的谐振频率相同时,所产生的振动最强烈。常见的压电陶瓷片谐振频率为2.2~20kHz,一般的音乐贺卡多数是用压电陶瓷片作为“电-声”换能元件发声的。

普通压电陶瓷片在电路图中的表示符号如图9-2(a)所示,方形线框表示陶瓷片,两条平行线表示呈现电容特性的两个电极;在平行线的中点位置的两根垂直线为元件的电极引线。压电陶瓷片的文字符号通常被标注为“HTD”。如果是三电极的压电陶瓷片,其电路符号如图9-2(b)所示。

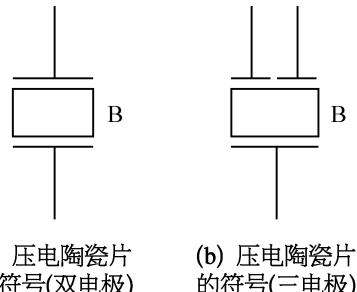


图9-2



## 学生实验 利用传感器制作走道路灯的自动控制装置



### 实验指导

#### 1. 实验说明

利用传感器制作走道路灯的自动控制装置,既要及时给路人提供照明,又要节约能源。只有当光线较暗且有人通过时路灯才自动开启,路人通过后又自动关闭,改变那种光线较暗路灯一直长明造成电能浪费的情形。本实验的路灯用9个LED小彩灯来替代,行人经过用人手划过模拟。

#### 2. 实验操作

- (1) 使用光传感器模块检测环境光的亮度,设置光传感器模块检测到的光线亮度的阈值为50,以此判定需要开灯照明。
- (2) 使用人体红外感应模块检测附近是否有人经过(人手划过)。
- (3) 通过拼接程序块进行编程,读取光传感器模块和人体红外感应模块的数据,判断是否光线不足并且有人经过(人手划过),控制灯的亮灭。
- (4) 路灯(小彩灯)亮起后,控制模块等待人走开。如果人已经走开,则关闭灯,程序重新循环运行。
- (5) 拼装各个模块,打开电源模块的电源开关,测试装置是否运转正常。

#### 实验报告

##### 实验名称

利用传感器制作走道路灯的自动控制装置

##### 制作目的

利用传感器和通过对电路工作的逻辑分析,制作走道路灯的自动控制装置。

##### 制作方案

- (1) 使用光传感器模块检测环境光的亮度,设置合适的阈值,当光传感器模块检测到的光线亮度小于设定的阈值时,可以判定为需要开灯照明。
- (2) 使用人体红外感应模块检测附近是否有人经过。

(3) 根据光传感器模块和人体红外感应模块输出的信号,如果控制模块判断出天黑并且有人经过,控制灯亮起。

(4) 灯亮起后,控制模块等待人走开。如果人已经走开关闭灯,程序重新循环运行。

### 制作材料

使用超级模块里的控制模块、下载模块、电源模块、彩灯矩阵模块、光传感器模块、人体红外感应模块、基板三块。

**控制模块:** 这是程序运行的核心,读取光传感器模块、人体红外感应模块的数据并控制灯的亮灭。

**下载模块:** 将计算机编译后的程序上传至控制模块。

**电源模块:** 为装置提供电源。

**彩灯矩阵模块:** 设置有 9 个 LED 灯(即路灯),可以分别发出不同颜色不同亮度的灯光。

**光传感器模块:** 检测光线的亮度。

**人体红外感应模块:** 检测到有人靠近时输出高电频信号。

### 制作方法与测试

(1) 将超级模块的控制模块与下载模块拼接在一起,下载模块使用 USB 线连接至计算机的 USB 端口。

(2) 打开图形化编程软件,通过拼接程序块进行编程。读取光传感器模块和人体红外感应模块的数据,判断是否光线不足并且有人经过,控制灯的亮灭。

(3) 将编好的程序进行编译,如果软件提示编译错误,对错误进行修改。

(4) 程序编译成功后,将程序上传至控制模块。

(5) 程序上传成功后,断开 USB 连接,将各个模块按照自己的设计拼装在一起。

(6) 检查电源模块的电量是否充足,然后打开电源模块的电源开关,测试装置是否运转正常。

### 展示与交流

各组展示完成的作品,交流在制作过程中出现故障的原因,以及排除故障的方法。

# 第十章 分子动理论



## 学生实验 用油膜法估测油酸分子的大小



### 实验指导

#### 1. 实验说明

油酸分子的特性是用油膜法估测油酸分子大小的重要基础。油酸的分子式为  $C_{17}H_{33}COOH$ ，常温下油酸呈液态。油酸分子一端的羧基 $-COOH$  具有亲水性，另一端的基团  $C_{17}H_{33}-$  不亲水。油酸在水面上形成油膜后，油酸分子直立在水面上，羧基 $-COOH$  在下，基团  $C_{17}H_{33}-$  在上，形成一层单分子油膜。通过测量油酸的体积和油膜的面积，可以算出油膜的厚度。若将油酸分子视为球形，这一厚度相当于油酸分子的直径。

一滴纯油酸在水面上难以形成单分子层。通过配制油酸酒精溶液，将油酸在酒精中稀释后再滴入水中。酒精易溶于水，能帮助油酸扩散，且酒精能很快挥发，在水面上形成纯油酸油膜。

#### 2. 实验操作

实验前由教师配制一定浓度(浓度  $c$  指油酸体积与溶液体积之比，约为 0.2%)的油酸酒精溶液。用注射器吸取体积为  $V_0$ (如 1 mL)的溶液，缓慢推动注射器活塞，将溶液一滴一滴地滴入量筒中，记下滴数  $n$ 。一滴油酸酒精溶液中含有油酸的体积  $V = \frac{V_0 \cdot c}{n}$ 。在浅水盘中

盛入清水，放置在水平桌面上静置片刻。用细纱布在水面上均匀地撒上一层痱子粉。用注射器向水中滴入一滴油酸酒精溶液(注意：滴入时尽可能靠近水面)。待油膜形状稳定后，将刻有方格的透明板盖上浅水盘，用水彩笔在透明板上画出油膜轮廓(注意：描边时应正视透明板)。取出透明板，数出油膜轮廓所占的格数  $N$ 。不足半格的舍去，多于半格的算一格。设一格的面积为  $A$ (一般为  $1\text{ cm}^2$ )，则一滴油酸酒精溶液在水面上形成的油膜面积  $S = NA$ 。

根据  $d = \frac{V}{S}$  计算油膜分子的大小。

## 实验报告

### 实验名称

用油膜法估测油酸分子的大小

### 实验目的

用油膜法估测油酸分子的大小。

### 实验原理

在估测油酸分子的大小时,可忽略油酸分子的结构和形状,将其视作球形。并认为油酸分子在水面上一个紧挨一个地铺排,分子间不存在间隙。油酸用酒精稀释后滴入水中能充分展开,在水面上形成一层纯油酸组成的单分子油膜。

测量一滴油酸的体积  $V$  以及形成的油膜面积  $S$ ,根据  $V=Sd$ ,可以估算出油膜的厚度  $d$ ,即油酸分子的直径。

### 实验器材

油酸酒精溶液、注射器、痱子粉和细纱布、量筒、刻度尺、浅水盘、刻有方格的透明板、水彩笔等。

### 实验方法与步骤

根据实验原理,本实验需要测量一滴油酸酒精溶液中含有油酸的体积和一滴油酸酒精溶液在水面上形成的油膜的面积。本实验主要步骤如下:

(1) 测量一滴油酸酒精溶液中含有油酸的体积。

(2) 测量一滴油酸酒精溶液在水面上形成的油膜的面积。

## 实验数据记录

表 10-1

室温  $t = \underline{\hspace{2cm}}$  °C

油酸酒精溶液浓度 $c / \%$	滴入量筒中的油酸酒精溶液体积 $V_0 / \text{mL}$	滴入量筒中的油酸酒精溶液滴数 $n$	刻度板上一格的面积 $A / \text{cm}^2$	油膜所占格数 $N$

## 实验数据处理

(1) 计算一滴油酸酒精溶液中含有油酸的体积  $V$ 。

(2) 计算单分子油膜的面积  $S$ 。

(3) 计算油酸分子的直径  $d$ 。

## 结果分析与实验结论

油酸分子的直径  $d = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

## 讨论与思考

(1) 收集其他小组的实验结果, 分析判断本小组估测结果的合理性。

(2) 实验中哪些不当操作可能导致估测结果出现较大偏差? 为本实验列出一份操作注意事项。

## 2 自主活动 观察酒精与水混合后的总体积变化



### 活动指导

活动目的：

通过观察酒精与水混合后总体积的变化，认识液体分子之间存在间隙。

实验时的具体操作如下：

取一支长约 1 m 的玻璃管，用橡皮塞封住一端管口。在管中注入一半蒸馏水，再注入酒精直至液面接近管口，在液面处用水彩笔作标记。然后用橡皮塞封住另一端管口，并反复颠倒玻璃管，使酒精和水充分混合。观察管中液面位置的变化。

可在酒精中加入红色染料，以便于观察液面的变化。



### 思考

如何用分子间存在间隙来解释液面的变化？

# 第十一章 气体、液体和固体



## 自主活动 定性探究气体压强与体积的关系



### 活动指导

活动目的：

通过改变封闭气体的体积，感受气体压强的变化，定性判断温度不变时，一定质量的气体压强与体积的关系。

实验时的具体操作如下：

活动的装置如图 11-1 所示，将活塞置于塑料注射器中部，用橡皮帽封住注射口，缓慢推、拉活塞，感受手所用力的变化。推动或拉动活塞至某一位置后松手，观察松手后活塞的运动。



图 11-1



### 思考

(1) 缓慢推、拉活塞时，手所用的力如何变化？这一变化如何反映气体压强的变化？

(2) 推、拉活塞至某一位置后松手，活塞将如何运动？活塞的运动情况如何反映气体压强的变化？

## 2 学生实验 探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系



### 实验指导

#### 1. 实验说明

一定质量的气体状态发生变化时,其压强、体积、温度都有可能发生变化。为了研究一定温度下气体压强与体积的关系,需要控制气体的温度保持不变。引起气体温度变化的一个重要原因是与热源接触发生热传递,应注意避免。

气压计和压强传感器都可以测量气体压强,本实验采用压强传感器,可以在计算机界面上直接读出气体的压强,操作更便捷。

#### 2. 实验操作

连接压强传感器、数据采集器与计算机。将注射器活塞置于中间位置,将注射器与压强传感器紧密连接。待计算机界面上的压强示数稳定后,由注射器的刻度读出封闭气体的体积  $V$ ,并记录气体的压强  $p$ 。缓慢推、拉活塞改变气体体积(注意:不要握住注射器有气体的部分),重复实验,记录多组  $p-V$  数据。作图并分析所得的  $p-V$  图像,归纳实验结论。

#### 实验报告

##### 实验名称

探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系

##### 实验目的

- (1) 学习用压强传感器测量气体压强。
- (2) 运用控制变量法设计实验方案。
- (3) 探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系。

##### 实验原理

运用控制变量法,保持气体的质量和温度不变,通过改变气体的体积改变其压强。

测出气体不同的体积  $V$  及其对应的压强  $p$ ,采用作图的方法研究  $p$  与  $V$  是否存在反比关系。

## 实验器材

注射器、压强传感器、数据采集器、计算机等。

## 实验方法与步骤

本实验步骤如下：

## 实验数据记录

表 11-1

室温  $t = \underline{\hspace{2cm}}$  °C

实验序号	1	2	3	4	5	6
$V / \text{mL}$						
$p / \text{kPa}$						

## 实验数据处理

选择合适的坐标系描点作图(将实验图像贴在下面)。

## 结果分析与实验结论

## 讨论与思考

- (1) 各组就实验数据进行交流,比较实验结果的异同并分析其原因。
- (2) 压强传感器和注射器连接处的软管内存在气体,若实验时这部分气体的体积未被计入,分析体积的偏差对实验结果可能产生的影响,并提出减小误差的方法。
- (3) 交流讨论实验中还有哪些产生误差的原因,并提出减小误差的方法。

### 3 自主活动 观察肥皂膜和棉线的变化



#### 活动指导

活动目的：

通过观察肥皂膜被刺破前后肥皂膜和棉线的变化，了解液面对边缘有吸引力，定性判断该吸引力的方向。

实验使用的装置如图 11-2 所示，实验时的具体操作如下：

图(a)中的棉线两端分别系在铁丝环的两侧，棉线略松弛。将铁丝环浸入肥皂液中再轻轻提起来，使环内结成肥皂薄膜。用热针刺破棉线一侧的薄膜，观察发生的现象。

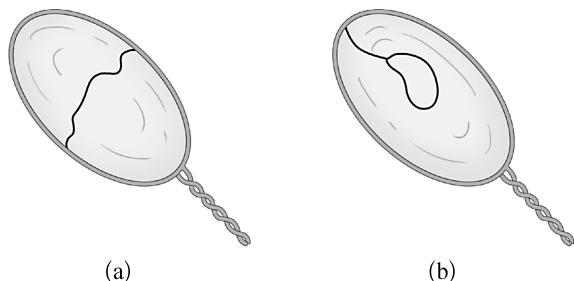


图 11-2

图(b)中的棉线一端系在铁丝环上，另一端系成一个圈，棉线仍略松弛。再次使铁丝环内结成肥皂薄膜，用热针刺破棉线圈内的薄膜，观察发生的现象。



#### 思考

两次实验中，肥皂膜和棉线的变化有什么共同点？根据实验现象能得出什么结论？

## 自主活动 观察浸润和不浸润现象



### 活动指导

活动目的：

观察水与不同材质的固体接触后,会发生浸润或不浸润现象。

实验时的具体操作如下：

将洁净的玻璃片和石蜡块分别浸入水中后取出,观察玻璃片和石蜡的表面是否都被水浸湿。



### 思考

(1) 根据实验现象,尝试界定“浸润”和“不浸润”。

(2) 某同学根据上述实验现象得出结论“液体与固体接触时,是否发生浸润由固体的性质决定”,评价这位同学所作的论证。

## 5 自主活动 观察毛细现象



### 活动指导

活动目的：

观察不同材料、不同内径的管插入水中出现的毛细现象，归纳管内外水面高低与材料、管内径的定性关系。

如图 11-3 所示，实验时的具体操作如下：

活动时需要用到两个盛有水的水槽、三根内径不同的细玻璃管和三根内径不同的塑料吸管。

活动时分别将三根内径不同的细玻璃管和三根内径不同的塑料吸管垂直插入两个水槽中。观察并比较水槽中六根管的水面，以及管内、外水面的高度差及其与管内径的关系。

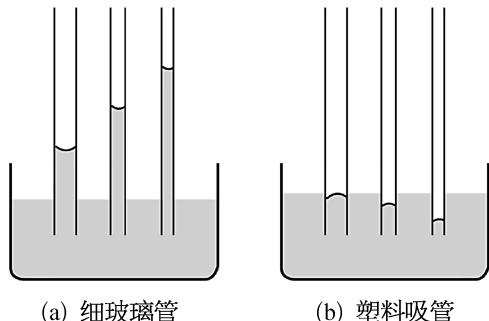


图 11-3



### 思考

根据观察到的现象，可以得出哪些结论？

## 第十二章 热力学定律



### 自主活动 观察温差发电现象



#### 活动指导

活动目的：

观察温差发电现象，思考使小电扇运转的电能的来源。

实验时的具体操作如下：

活动采用如图 12-1 所示的装置，中间隔开的容器两侧分别盛有热水和冷水。由 P 型半导体和 N 型半导体连接而成的温差发电片与小电扇构成回路，在温差发电片两侧分别固定导热金属支架。

活动时，将金属支架分别插入两侧的冷水和热水中，电扇就会不停地运转。



#### 思考

尝试在两侧盛放温度相同的水，观察小电扇是否会运转。分析使小电扇运转的电能的来源。

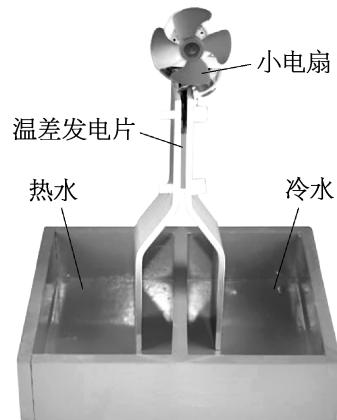


图 12-1

## 2 自主活动 做功改变气体内能



### 活动指导

活动目的：

观察压缩气体能够使气体内能增大的现象。

实验时的具体操作如下：

采用如图 12-2 所示的压缩空气引火仪进行实验。取少许干燥的硝化棉用镊子把棉花拉松后放入一个厚壁玻璃筒里。将活塞放入玻璃筒的上口，迅速地压下活塞。观察并解释玻璃筒内发生的现象。

实验中的硝化棉可用普通脱脂棉花代替。使用脱脂棉花时，可先快速压下、拉起活塞数次作预热，再迅速压下活塞。



### 思考

活动中观察到哪些现象？如何解释观察到的现象？

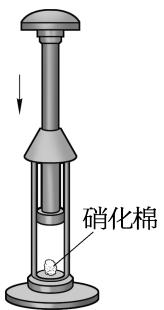


图 12-2

### 3 学期活动 研究“饮水鸟”的原理 并制作一个“饮水鸟”玩具



#### 活动内容与要求

图 12-3 所示为“饮水鸟”玩具。两玻璃球由细玻璃管相连，盛有一定量的高挥发性化学试剂的下球作为鸟身；上球连同尖嘴被吸水布包起来作为鸟头。整个装置架在支架上，可绕支点转动。在鸟的前方放一杯水，保证它俯下身子时尖嘴能接触水面“喝”到水。轻按鸟头，让它“喝”一口水，饮水鸟就会直立、抬头，并不断地自动点头喝水。

这是一个制作类活动，本活动要求：

- (1) 查阅相关资料，了解“饮水鸟”的工作原理。
- (2) 制作一个“饮水鸟”玩具，并撰写研究报告。



图 12-3



#### 活动指导

- (1) 以小组为单位(不超过 4 人)开展研究活动，成员有明确的分工。
- (2) 查阅相关资料，了解“饮水鸟”的工作原理。
- (3) 收集所需的材料或器材，制作“饮水鸟”玩具：① 制作支架和设置转轴时，须仔细调整重心至合适位置后再固定；② 可以使用小烧瓶等作为鸟身，组装时须确保连接处密封；③ 若无法得到高挥发性化学试剂，也可以设计制作其他类型的“饮水鸟”并分析其原理(如毛细现象等)。
- (4) 撰写研究报告，其中应包括：① 小组成员及分工介绍；② “饮水鸟”的工作原理，有必要的推理过程和图示；③ 所制作“饮水鸟”玩具的结构图和实物照片、用到的材料或器材；④ 研究体会，可以是经验，也可以是不足。
- (5) 以小组为单位在班级中介绍研究成果、展示制作成品。
- (6) 制作过程中注意安全。如需使用化学品，应在教师指导下完成。



#### 参考资料

网上搜索“饮水鸟制作”相关的资料，借鉴制作方法，了解注意事项。



## 评价量表

表 12-1

评价指标	表现标准	表现水平(参阅操作说明)	
		自评	他评
物理观念	能结合查阅的资料,用热力学定律解释“饮水鸟”的工作原理		
科学思维	能建立“饮水鸟”的结构模型		
	能准确、清晰地阐述“饮水鸟”的工作原理		
科学探究	能制订可行的设计方案,写出关键的制作流程		
	能完成“饮水鸟”玩具的制作		
	能用规范的物理语言、图表撰写研究报告		
	能准确清晰地向他人介绍小组的研究成果		
科学态度 与责任	在合作中尊重他人、帮助他人		
	乐于承担责任,积极参与研究和制作		
	能遵守实验室规则,在教师指导下使用危险物品		
操作 说明	对照表现标准,根据符合程度进行表现水平评价,“5”表示完全符合,“4”表示大部分符合,“3”表示基本符合,“2”表示少量符合,“1”表示基本不符合		

## 第十三章 原子结构

### 自主活动 观察磁场中的阴极射线



#### 活动指导

活动目的：

通过观察阴极射线在磁场中的偏转，分析其偏转的原因。

实验时的具体操作如下：

活动采用如图 13-1 所示的阴极射线管，将其接在高压电源两端，管内会出现亮迹。将条形磁体靠近阴极射线管，观察亮迹的变化。

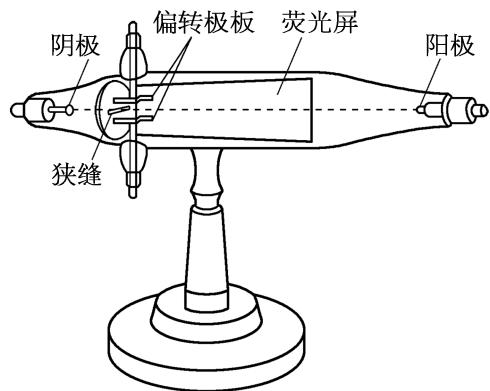


图 13-1



#### 思考

活动中观察到哪些现象？这些现象能否佐证阴极射线是一种带负电的粒子流？

## 第十五章 原子核

### 学期活动 研究“啤酒泡”的“半衰期”



#### 活动内容与要求

大量“啤酒泡”的不断爆裂、减少可以模拟放射性元素的衰变,为模拟衰变规律提供安全的环境。通过对“啤酒泡”数量随时间变化的统计规律的研究,可以获得对半衰期的直观感受。

这是一个探究性活动,本活动要求:

- (1) 设计方案,收集并记录静置于杯中的啤酒液面上方“啤酒泡”数量随时间变化的有关数据;
- (2) 撰写研究报告。



#### 活动指导

- (1) 以小组为单位(不超过4人)开展研究活动,成员有明确的分工。
- (2) 明确需要测量的物理量,制订实验方案。
- (3) 选择合适的测量工具,获取实验数据。(提示:可将啤酒装于量筒等容器中测量啤酒泡的体积;啤酒泡体积随时间的变化可通过拍摄较长时间内容器中啤酒泡“衰减”的视频获取。)
- (4) 用图像处理获得的数据,得出实验结论。(提示:若啤酒泡体积 $V$ 随时间 $t$ 的变化关系与放射性元素的衰变规律相同,则应满足 $V=Ce^{-kt}$ ,其中 $C$ 和 $k$ 为常数。)
- (5) 撰写研究报告,其中应包括:
  - ① 小组成员及分工介绍;
  - ② 实验原理、器材、步骤等;
  - ③ 完整的原始实验数据;
  - ④ 必要的数据分析过程;
  - ⑤ 实验结果与放射性元素衰变规律的比较,如啤酒泡的爆裂过程是否存在固定的“半衰期”等。



## 参考资料

网上搜索“啤酒泡衰减”相关的资料,了解啤酒泡体积与时间的关系。



## 评价量表

表 15-1

评价指标	表现标准	表现水平(参阅操作说明)	
		自评	他评
物理观念	能用衰变规律和半衰期概念描述啤酒泡的数量随时间的变化		
科学思维	能根据实验结果评价用啤酒泡模拟放射性元素衰变的科学性		
科学探究	能确定需要测量的物理量,制订可行的实验方案		
	能选择合适的工具获取数据		
	能选择合适的坐标系描点作图,获得啤酒泡的数量随时间变化的函数关系,计算啤酒泡爆裂的“半衰期”		
	能用准确的物理语言撰写完整的报告		
科学态度与责任	在合作中尊重他人、帮助他人		
	能保留完整的原始数据		
操作说明	对照表现标准,根据符合程度进行表现水平评价,“5”表示完全符合,“4”表示大部分符合,“3”表示基本符合,“2”表示少量符合,“1”表示基本不符合		

## 说      明

本书根据教育部颁布的《普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)》和高中物理教科书编写,经上海市中小学教材审查委员会审查准予使用。

编写过程中,上海市中小学(幼儿园)课程改革委员会专家工作委员会、上海市教育委员会教学研究室、上海市课程方案教育教学研究基地、上海市心理教育教学研究基地、上海市基础教育教材建设研究基地、上海市物理教育教学研究基地(上海高校“立德树人”人文社会科学重点研究基地)及基地所在单位复旦大学给予了大力支持。马世红、王祖源、陆昉、陈树德、蒋平、冀敏在本书编写的各个阶段审阅了书稿。在此一并表示感谢!

欢迎广大师生来电来函指出书中的差错和不足,提出宝贵意见。出版社电话:021-64848025。

**声明** 按照《中华人民共和国著作权法》第二十五条有关规定,我们已尽量寻找著作权人支付报酬。著作权人如有关于支付报酬事宜可及时与出版社联系。

经上海市中小学教材审查委员会审查  
准予使用 准用号 II - GB - 2022033



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5478-6044-1

A standard linear barcode representing the book's ISBN.

9 787547 860441 >

定价：5.85 元