

普通高中课程标准实验教科书(配人教版)

物理实验册

选修3-5

广东省教学教材研究室 编



班级: _____

姓名: _____

广东科技出版社

普通高中课程标准实验教科书（配人教版）

物理实验册

选修 3-5

广东省教学教材研究室 编

广东科技出版社

·广 州·

图书在版编目 (CIP) 数据

普通高中课程标准实验教科书物理实验册. 3-5: 选修/广东省教学教材研究室编. —广州: 广东科技出版社, 2006.4

配人教版

ISBN 7-5359-3444-7

I. 普… II. 广… III. 物理课—实验—高中—教学参考资料 IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 003660 号

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

E - mail: gdkjzbb@21cn.com

http: //www. gdstp. com. cn

经 销: 广东新华发行集团股份有限公司

排 版: 广东科电有限公司

印 刷: 广东省肇庆市科建印刷有限公司

(广东省肇庆市星湖大道 邮码: 526060)

规 格: 787mm × 1 092mm 1/16 印张 4.5 字数 90 千

版 次: 2006 年 4 月第 1 版

2006 年 4 月第 1 次印刷

定 价: 3.05 元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

编 者 的 话

本实验册是根据《普通高中物理课程标准（实验）》的要求，配合普通高中课程标准实验教科书物理（选修3-5）的内容来编写的。

本实验的编写体例有两种形式：其一是探究性实验形式；其二是测量或验证性实验形式。前者一般设置有“提出问题”、“参考器材”、“探究过程”、“启发联想”等栏目；后者一般设置有“预备知识”、“实验目的”、“实验过程”、“启发联想”等栏目。两种体例编写的实验最后都编有“课外实验”和“课外知识”，供学生课后选用。

在本书中，“提出问题”栏目为学生创设一个探究前的物理情景，激发学生的探究意识和创新思维。“参考器材”栏目一般列出较多的实验器材（非全部要采用）供学生选择：对于较容易的实验或能用多种器材完成同一个实验的，则全部以填空的形式让学生选择器材；对于有一定难度的实验，则给出部分器材，让学生选择填写还需要的器材。“探究过程”栏目里，一般编排有“猜想与假设”、“设计与提示”、“操作与记录”、“分析与结论”、“评价与交流”等项目内容。

本书有些实验，根据实验器材取材的难易，编写了两种不同的实验方法：一种是取材较易的，采用传统器材的方法；另一种是采用较为现代化器材的方法，以满足不同层次学校的需要。

本书还编写了“实验综合测试”，分正卷和复卷两种，以供学生自我测评，达到巩固提高的目的。

本书中标有“*”号的实验，供学生选做。

本书由姚跃涌主编，编写的人员有吴少辉、陈再潮、陈汉光。全书由吴少辉统稿，姚跃涌审稿。

本书的编写力图体现高中物理课程的基本理念和主要特点，加强新课程三维目标的实施，加强科学探究和实验能力的培养，有利于学生的自主学习。希望本书能达到我们的愿望。欢迎老师和同学们对本书的编写提出宝贵意见，以便今后修订。

广东省教学教材研究室

2006年3月

目 录

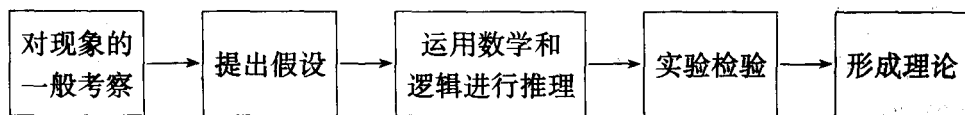
怎样做好物理实验	(1)
科学探究及物理实验能力的基本要求	(5)
实验一 探究碰撞中不变的量	(7)
实验二 验证动量定理	(14)
实验三 验证动量守恒定律	(19)
实验四 探究光的衍射	(27)
实验五 用双缝干涉测光的波长	(35)
实验六 研究光的偏振	(39)
*实验七 研究材料的放射性	(43)
实验综合测试	(50)
实验综合测试参考答案	(58)
附录 中学物理实验常用测量仪器	(60)

怎样做好物理实验

物理学中，概念的形成、规律的发现、理论的建立，都有赖于实验，其正确性要不断经受实验的检验。历史上和现实中有无数事例表明，物理学离不开实验。

一、为什么学习物理要做实验

伽利略研究运动学的方法就是把实验和数学结合在一起，既注重逻辑推理，又依靠实验检验，这样就构成了一套完整的科学研究方法。如果用程序表示，伽利略的方法大致如下：



伽利略把实验与逻辑推理和谐地结合在一起，有力地推动了科学的发展。正如他在《两门新科学》中所说的那样：“我们可以说，大门已经向新方法打开，这种将带来大量奇妙成果的新方法，在未来的年代里定会博得许多人的重视。”

从伽利略开创科学实验的先河，把实验的方法引入科学研究，到法拉第发现电磁感应定律，麦克斯韦在此基础上建立了完整的电磁场理论，预言了电磁波的存在，最后被赫兹用实验证明了电磁波的存在。今天电磁波已经深入到我们生活的各个角落，以前所未有的速度和规模改变着我们的生活。同样在粒子物理领域，物理学家们曾经认为粒子经历的各种过程中宇称都是守恒的，1956年，杨振宁和李政道通过理论分析，认为一个过程中如果只有强相互作用和电磁相互作用，宇称的确守恒；但如果是弱相互作用的过程，例如发射 β 射线的过程，宇称并不守恒。这个论断引起了物理学家们的广泛注意。1956年后期至1957年初，吴健雄和她的同事们一起设计了实验，证明了这个过程中宇称的确不守恒。

物理学的发展就是理论的猜想和实验的证实或否定过程。

中学里的实验说不上推动物理学的发展，但中学生还是要做实验的。虽然学校里的物理实验比较简单，但是它们却已经包括了科学实验的大多数要

素。学习科学的方法，不仅在物理学习中有用，在今后认识不同领域的事物时都将受益。另外，“事实胜于雄辩，真理源于实践。实事求是，尊重事实。”这是一种“价值观”，培养这种价值观是更重要的。它不仅对于科学研究至关重要，而且是做人的一条准则。

本书除了介绍使用一般实验器材完成物理实验外，还介绍了用传感器和计算机进行的物理实验（用*号标示）。如果学校有条件的话，同学们最好能够亲自做一下，如果熟悉了这些仪器设备的使用方法，它们就不那么神秘莫测了。现代社会是技术化的社会，各种现代技术深入我们工作生活的方方面面，当同学们长大后参加工作时，就会体会到工作生活处处可做“物理实验”。

二、中学生如何做好物理实验

要做好物理实验，实验之前首先要明确实验目的。这个实验我们要做什么？是探究某个未知的规律还是验证某个已知的规律，或者是测量某个物理量？还要明确实验的原理。不论做哪一类物理实验，都要搞清楚实验所根据的物理知识。

其次，要记住实验首先是“实”。一切必须真实，实验中观察到的现象、测量的数据、得出的结论，很可能跟预期不一样、跟其他同学不一样、与已有的知识不一样。这时，要记住：实事求是，尊重事实。出现了这种情况，首先要检查一下，实验设计是不是有问题？操作有没有失误？出现了这种情况是好事，也许能帮助你找出学习中的弱点，不管是理论学习上的还是实验上的，甚至可能导致新的发现。大可不必因为数据与书本不一致而苦恼，更不能随意更改记录“凑数”。我们的责任是忠实地记录一切原始数据。

实验结果重要，但经历实验的过程、体会实验的方法、接受科学价值观的熏陶、熟悉技术化的环境，要比实验的结果更重要。

三、物理实验数据的分析与处理

1. 列表法

直接从仪器上读出未经任何处理的实验测量数据，是获得实验结果的依据。正确完整地记录原始数据是完成实验的重要保证。在记录数据时，把实验数据列成表格形式，可以简单而明确地表示出有关物理量之间的关系，便于分析和发现数据的规律，有助于检验规律，所以列表法是一种重要的实验数据处理方法。

用列表法处理数据时应注意以下几点：

- (1) 合理设计表格，以便于看出相关物理量之间的对应关系。
- (2) 在表的栏目中要注明代表各物理量的符号和单位。
- (3) 表中所列数据要正确反映测量结果的有效数字。
- (4) 非本实验得到的已知数据或查表得到的单项数据应列在表格的上部。

2. 逐差法

我们将记录的多组数据进行处理求相关物理量时，常用求平均值的方法。但是这种方法不够好，因为在数据处理过程中，上述大量的数据相互抵消，实际只用到了头尾两个数据，其他的数据都没有起作用，失去了多次测量数据中偶然误差相抵消的作用，求得的结果误差较大。为了克服这样的弊端，我们选用特定的数据处理方法，这种方法就叫逐差法。用这种方法处理数据，利用的数据多，可以减少测量中因偶然误差带来的影响。

3. 图象法

用图象法处理数据时应注意以下几点：

(1) 正确选取坐标比例。坐标比例的选取原则是：数据中准确的数位在图上还是准确的，数据中估读的数位在图上还是估读的。坐标比例选取得太小会使数据的精度降低，反之则会人为夸大数据的精度。另外如绘制的是直线，则最好使其倾斜角度在 $30^\circ \sim 60^\circ$ 之间，因此还要合理选取坐标单位。

(2) 坐标轴上必须标明轴的名称、单位以及整数标度。但横、纵坐标的标度不一定从零开始，应使数据在坐标纸上能分布在较大的区域中。

(3) 实验数据点可以用“×”、“·”等符号表示，使交叉点和中心点对应在准确位置上。

(4) 坐标上标注的数据点都包含有误差，因此描出的数据点往往会不在同一光滑曲线（或直线）上。为了尽可能减少误差，使所绘得的曲线更接近于物理量之间的真实关系。在连线过程中，应尽量使尽可能多的点在曲线上，并使不在曲线上的点尽可能平均地分布在曲线两侧，同时如有明显偏离的点应略去不计。

图象法处理数据具有可以直观地反映规律、减少偶然误差带来的影响、可外推某些规律等优点。它不但可以依据已有的规律从图线上求得要测的物理量，还可以根据图线的形状和变化趋势，分析研究物理量之间存在的规律。图象法处理数据在科学研究中有着非常重要的作用。

在用图象法处理实验数据时，物理量之间可能是各种各样的函数关系，

其中一次线性函数关系最容易绘制和进行图线处理，所以我们往往通过进行适当的坐标变换，将曲线变成直线，这一工作俗称为曲线化直线。比如，已知物理量 y 和物理量 x 之间的函数关系为 $y = k/x$ ，我们要验证物理量 y 、 x 之间的这种关系，如果画出了 x 与 y 之间的函数关系图线，则应该用双曲线进行拟合，才能验证。但用双曲线进行拟合又非常困难。如果我们画出 y 与 $\frac{1}{x}$ 的图线关系，则只要判断所得图线是否是过坐标原点的直线，即可验证，而判断一条图线是否是直线则容易多了。

四、测量误差和有效数字

在一定的条件下，任何一个物理量的大小都是客观存在的，这个客观存在的值称为真值。在测量过程中我们总是希望能测得物理量的真值，但是在实验测量中，由于测量总是依据一定的理论和方法，使用一定的仪器，在一定的环境中进行，由于实验理论、实验仪器、人的实验技能和判断力等因素的影响，使测量值与真值之间总存在着差异，这种差异称为测量误差。测量误差可分为偶然误差和系统误差。

系统误差的特点是在多次重复同一实验时，误差总是同样地偏大或偏小。偶然误差则表现为有时偏大，有时偏小，并且偏大和偏小的机会相同。减小偶然误差的方法，可以多进行几次测量，求几次测量值的平均值，这个平均值比某一次测得的数值更接近于真值。

由于物理量的测量中总是存在误差，所以测量的结果只能是一个近似数。在测量中进行读数时只能准确地读到仪器的最小分度值，然后在最小分度值以下再估读一位数字。从仪器刻度读出的最小分度的整数部分是准确的数字，称为可靠数字，而在最小分度以下估读的一位数字为不可靠数字。这种测量结果中带有不可靠数字的近似数字，叫做有效数字。

科学探究及物理实验能力的基本要求

物理学是一门以实验为基础的自然科学。在高中物理课程的各个模块中都安排了一些典型的科学探究或物理实验。高中学生应该在科学探究和物理实验中达到以下要求。

科学探究要素	对科学探究及物理实验能力的基本要求
提出问题	能发现与物理学有关的问题 从物理学的角度较明确地表述这些问题 认识到发现问题和提出问题的意义
猜想与假设	对解决问题的方式和问题答案提出假设 对物理实验结果进行预测 认识到猜想与假设的重要性
制定计划与设计实验	知道实验目的和已有条件，制定实验方案 尝试选择实验方法及所需要的装置与器材 考虑实验的变量及其控制方法 认识到制定计划的作用
进行实验与收集证据	用多种方式收集数据 按说明书进行实验操作，会使用基本的实验仪器 如实记录实验数据，知道重复收集实验数据的意义 具有安全操作意识 认识到科学收集实验数据的重要性
分析与论证	对实验数据进行分析处理 尝试根据实验现象和数据得出结论 对实验结果进行解释和描述 认识到在实验中进行分析论证是很重要的

续表

科学探究要素	对科学探究及物理实验能力的基本要求
评估	尝试分析假设与实验结果间的差异 注意探究活动中未解决的矛盾，发现新的问题 吸取经验教训，改进探究方案 认识到评估的意义
交流与合作	能写出实验探究报告 在合作中注意既坚持原则又尊重他人 有合作精神 认识到交流与合作的重要性

实验一 探究碰撞中不变的量

提出问题

碰撞是在日常生活中很常见的现象，如妙趣横生的台球之间的碰撞，游乐园的碰碰车之间的碰撞等。我们知道，两个物体碰撞前后的速度都会发生变化，物体的质量不同时速度变化情况也不一样。那么，两个物体碰撞前后会不会有什么物理量不变呢？

参考器材

表 1-1 所给的器材中，你若需要请在器材后面打“√”。若还不够，在空格处写上需要的器材名称。

表 1-1		器 材 名 称			
气垫导轨		细线		白纸	
光电计时器		天平和砝码		弹簧片	
滑块		配重块			

探究过程

【探究思路】

通过对两个物体在碰撞过程中的研究，探究相互作用的物体系统碰撞前后有什么物理量是不变的。

【猜想和假设】

- (1) 两物体在碰撞的过程中，碰撞前后总动量是否不变。
- (2) 两物体在碰撞的过程中，碰撞前后总动能是否不变。
- (3) 两物体在碰撞的过程中，也许两个物体的速度与自己质量的比值之总和保持不变。

【设计与提示】

如图 1-1 所示是滑块在气垫导轨上滑动碰撞的装置，利用气垫导轨能够

保证两个滑块的碰撞是一维的。利用与之配套的光电计时装置可以迅速测量出两个滑块碰撞前后的速度，通过测量，比较两滑块碰撞前后质量与速度乘积之和是不是不变。

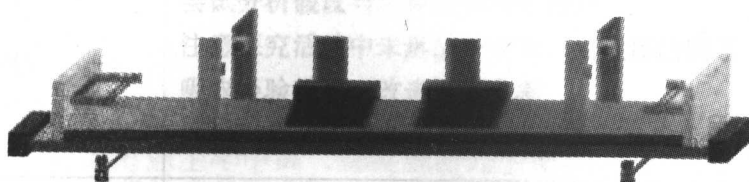


图 1-1

【操作与记录】

方案一：

- (1) 如图 1-1，调节气垫导轨使之处于水平状态，并使光电计时器系统正常工作。
- (2) 测出滑块的长度 L 。
- (3) 在两滑块相碰的碰撞端装上弹性碰撞架，如图 1-2 所示。
- (4) 把滑块放于气垫导轨上，并配上相同的配重块，此时两滑块（包括配重块）质量可认为相同（即 $m_1 = m_2 = m$ ）。



图 1-2

- (5) 让滑块 2（质量为 m_2 ）处于静止状态（ $v_2 = 0$ ），用滑块 1（质量为 m_1 ）与之碰撞，忽略碰撞过程的能量损失，则可认为碰后 m_1 静止，记下两滑块通过光电门的时间 t_1 和 t_2 ，记于表 1-2 中。

- (6) 计算滑块 1 碰前的速度 v_1 ，滑块 2 碰后的速度 v_2' ，比较 $m_1 v_1$ 和 $m_2 v_2'$ 的大小。

表 1-2

实验数据

$m_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$ $m_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$ $L = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$

滑块 1		滑块 2		碰前动量		碰后动量	
t_1	v_1	t_2	v_2'	$m_1 v_1$	$m_2 v_2$	$m_1 v_1'$	$m_2 v_2'$
					0	0	

结论：

方案二：

(1) 用细线将弹簧片拉成弓形，放置于质量不等的两滑块之间，用细线把两滑块拉紧并使它们静止，如图 1-3 所示。

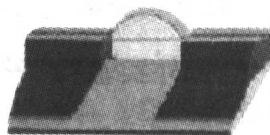


图 1-3

(2) 烧断细线，弹簧片将两滑块弹开后落下，两滑块向相反方向运动，记下两滑块通过光电门的时间 t_1 和 t_2 。

(3) 用天平测出滑块 1 和滑块 2 的质量 m_1 和 m_2 ，用刻度尺测出滑块的长度 L ，记于表 1-3 中。

(4) 计算两滑块相互作用前、后的总动量，比较其总动量是否变化。

表 1-3

实验数据

$m_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$ $m_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$ $L = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$

滑块 1		滑块 2		相互作用前动量		相互作用后动量	
t_1	v_1	t_2	v_2	滑块 1	滑块 2	$m_1 v_1$	$m_2 v_2$
				0	0		

结论：

方案三：

(1) 在两个滑块碰撞端分别装上撞针和橡皮泥或尼龙搭扣（也叫魔术贴），如图 1-4 所示。

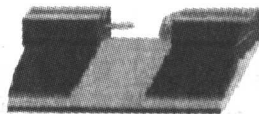


图 1-4

(2) 滑块 1（质量为 m_1 ）发射后经过第一道光电门，测得经历的时间 t_1 ，让滑块 1 在第一道光电门与第二道光电门之间与静止的滑块 2（质量为 m_2 ）相碰，碰后两滑块连在一起向右运动，测得其通过第二道光电门的时间 t_2 。

(3) 计算相互碰撞前两滑块的总动量和相互碰撞后两滑块的总动量；比较其总动量是否变化。

表 1-4

实验数据

$m_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$ $m_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$ $L = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$

滑块 1		滑块 1 + 滑块 2		碰前动量		碰后动量
t_1	v_1	t_2	v_2'	$m_1 v_1$	$m_2 v_2$	$(m_1 + m_2) v_2'$
					0	

结论：

启发联想

【课外实验】

弹子摆球的碰撞

取两只大小相同的玻璃弹子（或者青霉素小瓶），用胶布把细线的一端贴在弹子上做成摆球，再取一个文具夹，用胶布垫适当厚的木片或纸片贴在大衣柜的玻璃镜上，然后把两根摆线夹在文具夹上，并且保持悬点间的距离等于小球直径，两摆长相等。

实验时，将一个摆拉开一定的偏角，然后释放，如图 1-5 所示，观察两摆球碰撞后动静交替和上升的高度，你能用动量守恒和能量守恒定律来加以解释吗？

如果在其中的一个弹子面上涂一点乳胶，或橡皮泥，重复上述实验，可以看到完全非弹性碰撞的情况。如略去乳胶的质量，碰撞前一个小球拉开的高度为 h_1 ，碰撞后两小球上升的高度为 h_2 ，实验的结果应该是 $h_1 \approx 4h_2$ 。你能推导出这一关系式吗？

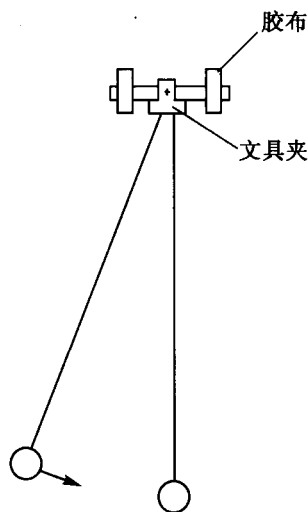


图 1-5

硬币碰撞

用碰撞实验验证动量守恒定律，关键在于如何间接测出碰撞前后的速度。如果让质量为 m 的硬币在水平玻璃板上滑动，初速度为 v_0 ，由于摩擦力 f 的作用，经过距离 s 后停止下来，则： $fs = \frac{1}{2}mv_0^2$ ，又： $f = \mu mg$

所以： $\mu mg = \frac{1}{2}mv_0^2$ ，即： $v_0 = \sqrt{2\mu gs}$ 。

当 μmg 恒定时， v_0 正比于 $\sqrt{s}$ ，若取 $s = 1\text{cm}$ 时的速度作为单位，那么速度在数值上就等于 $\sqrt{s}$ （ s 以 cm 为单位），因此，可通过测量在摩擦力作用下前进的距离来表示速度的大小，这是下面实验的出发点。

所需的器材如下：玻璃台面，硬币（贰分 2 只，壹分 3 只），硬币发射架，直尺等。

硬币发射架的结构如图 1-6 所示，由

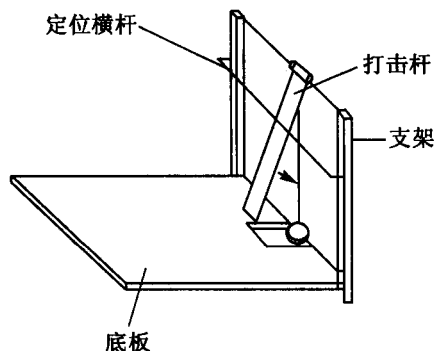


图 1-6

底板，支架和打击杆组成。底板上开有一槽，槽宽略大于贰分硬币的直径。

1. 正碰实验

(1) 把硬币发射架放在玻璃台板上，在槽口外中心线上放一只贰分硬币，再把一只贰分硬币放入槽口，将打击杆偏离平衡位置靠在支架的定位横杆上，释放打击杆将硬币发射出去。正碰以后两硬币的速度发生交换，即原来运动的静止了，原来静止的运动了。

(2) 将贰分硬币放入发射槽口，释放打击杆，重复多次测出硬币中心从槽口外 O 点到静止点的距离平均值 $\overline{OA}$ ，如图 1-7 (a) 所示。再把一只壹分硬币放在 O 点前，使其圆心 O' 在发射线上，且 $OO' = R + r$ (R 、 r 分别为大小硬币的半径)。然后重新发射贰分硬币，碰撞后分别测出两硬币前进的距离 OB 和 $O'C$ ，如图 1-7 (b) 所示。已知贰分硬币的质量 $m_1 = 1.10\text{g}$ ，

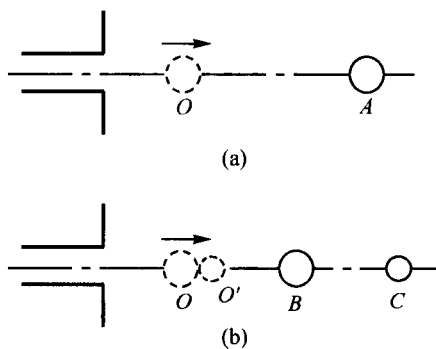


图 1-7

壹分硬币的质量 $m_2 = 0.65\text{g}$ ，则碰撞前系统的动量： $m_1 v_1 = m_1 \sqrt{\overline{OA}}$

碰撞后系统的动量：

$m_1 v_1' + m_2 v_2' = m_1 \sqrt{OB} + m_2 \sqrt{O'C}$ ，将测出的数值代入上两式中，即可验证是否满足动量守恒定律。

(3) 若取两只贰分硬币作为发射和被碰物体，在它们的边缘上涂少许糝糊或乳胶，然后让它们发生正碰，碰撞后两硬币粘合在一起，测量的结果将近似满足 $\overline{OA} = 4 \overline{OB}$ 。

2. 斜碰实验

取两只贰分硬币实验，首先与上述方法相似测出 $\overline{OA}$ ，然后把另一只硬币放在 O' 点，使 $OO' = 2R$ ，且略偏于发射线。重新发射测出两硬币斜碰后静止的位置 B 、 C ，然后在 OB 线上截取 $OM = \sqrt{O'B}$ ，在 OC 线上截取 $ON = \sqrt{OC}$ ，以 OM 和 ON 为边作平行四边

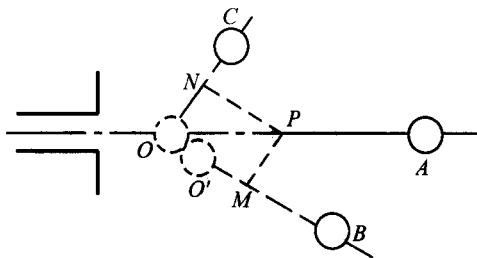


图 1-8

形，如果满足动量守恒定律，则平行四边形的对角线 OP 与 $\sqrt{\overline{OA}}$ 相等，且重合在一条线上，如图 1-8。

如果没有发射架，可以用两根塑料直尺平行地放在玻璃台板上，使其间距等于贰分硬币的直径。把硬币放在两尺之间，用手指或铅笔弹击硬币，与另一贰分硬币发生斜碰以后，测出 $O'B$ 和 OC ，以 O 点为一顶点，沿它们飞行的方向分别取和为边长作平行四边形，其对角线应在发射线上。

【课外知识】

实验与观察的针锋相对——亚里士多德与伽利略的论战

亚里士多德是古希腊著名的科学家，由于时代的局限和科学条件的限制，提出了许多观点，当时被人们认为是正确的、后来又被科学实验否定，意大利科学家伽利略就是敢于挑战所谓权威的众多人之一，从下面提供的两个例子中我们就可以看到科学与谬误针锋相对斗争的一个侧面。

1. 关于运动与力

(1) 亚里士多德。观察现象：马用力拉车，车前进；马停止用力，车就停止。结论：力是维持物体运动状态的原因。

解释：物体受到力的作用，才能运动；不受力，物体就静止不动。

(2) 伽利略。理想实验：小球沿一个斜面的某一固定高度从静止开始滚下，然后沿与之对接的另一个斜面上升，如果没有摩擦力，小球上升的高度与小球原来静止时的高度相同。

结论：力不是维持物体运动状态的原因。

解释：在水平面上运动的小球，之所以会停下来，是因为受到摩擦阻力的缘故；若没有摩擦力，一旦物体具有某一速度，物体将保持这个速度继续运动下去。

正确结论：力是改变物体运动状态的原因。

(3) 现代验证实验：气垫导轨模拟实验，在无摩擦的条件下，物体的运动与是否受力无关。

2. 关于自由落体运动

(1) 亚里士多德。观察现象：石头与小木片从同一高度从静止开始下落，结果石头先落到地面。

结论：物体下落的快慢是由它们的质量大小决定，物体质量越大，下落得越快。

解释：物体的运动速率同物体所含的物质多少成正比，由于质量大的物体比质量小的物体含的物质多，所以质量大的物体要先落地，即速度与质量成正比。