

主编 卜祥林 分册主编 于连杰

普通高中课程标准

实验探究报告册

高一分册

物理 ① 必修



华文出版社

实验探究报告册

分册主编 于连杰

化文出版社

科学出版社 北京

图书在版编目 (CIP) 数据

普通高中课程标准实验探究报告册. 高一分册. 物理①必修.
卜祥林主编; 于连杰分册主编. —北京: 华文出版社,
2008. 2
ISBN 978-7-5075-2133-7/G · 385

I. 普… II. ①卜…②于… III. 物理课—高中—实验报
告 IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 184092 号

华文出版社出版

(邮编 100055 北京市宣武区广安门外大街 305 号 8 区 2 号楼)

网络实名名称: 华文出版社

电子信箱: hwcbs@263.net

电话: 010-58336270 58336202

新华书店经销

大厂回族自治县彩虹印刷有限公司印刷

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张: 38.5 字数: 580 千字

2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷

定价: 41.90 元

前言

随着我国新一轮课程改革的实施,科学探究已作为科学课程的一个重要理念写入课程标准。物理、化学、生物学科是普通高中科学教育领域的重要组成部分,是科学探究的重要载体。它肩负着提高学生的科学素养、人文精神、创新意识和实践能力,促进学生的全面发展,培养符合时代需要的高素质人才的重任。

物理、化学、生物均是以实验为基础的学科,实验是教学活动的重要内容。普通高中课程标准在必修和选修模块中对实验都提出了明确要求。学生实验是探究并获取知识与应用知识过程中的一个有机组成部分。完成一个实验是对学生的能力、心理、意志品质的全面锻炼,在完成实验探究和解决问题的过程中取得的实践经验和亲身体会,包括克服困难、交流合作、预测实验结果、检验信息的科学性、反思和评估过程、总结和分析实验结论,有利于培养学生正确的物质观、宇宙观和崇尚科学、崇尚理性、崇尚实践、追求真理的辩证唯物主义世界观。

《实验探究报告册》丛书遵循新课程标准,以进一步提高学生科学素养和终身学习能力为宗旨,立足于课程内容和课程资源的创新。栏目版块设置贴近学生、贴近生活,不拘泥于必修课、选修课相关教材体系的约束,精选了富有典型性、时代性、趣味性的探究活动,有利于学生发现问题、提出问题和解决问题,并为师生留有一定的个性化开发、选择及创造的空间;凸显了学生学习方式的转变,把已有知识作为工具和手段,引导学生围绕知识资源进行实验探究、调查访问、查阅资料、交流讨论,让学生体验科学探索的曲折和艰辛,汲取前辈科学家的思维和研究方法,体验知识原创过程、感受知识生成的激动和欢欣,在真实的探究活动过程中,形成科学的价值观和实事求是的科学态度,掌握科学的研究方法,增强学生的合作精神、创新能力、实践能力和综合素质;着眼于 STS 教育的基础性、综合性、开放性、动态性、实践性以及与人文的融合特征,注重开发学生的多元智能,增强学生的社会责任感,达到学以致用目的。

《实验探究报告册》丛书与普通高中课程标准实验教科书配套使用。各学科的编写在纵向结构上力求做到与节(课)、章(单元)、学期、学年教学同步;在横向结构上根据不同学科内容的需要安排了实验目的、实验原理、实验步骤、材料用具、活动提示、实验结论、交流与分析、活动与探究、实验习题、兴趣资料、背景知识、学以致用、探究评价、巩固与提高等栏目版块。

科学探究活动对于教师和学生来说,是一件新事物;对于编者来说也不是一件轻松的事情,它是对必修和选修课模块内容深度、广度的一个延展过程。因此本套丛书呈现给大

家的只是打开科学探究活动的一扇门，希望广大教师根据学生的具体情况和教学需要做出适当的裁剪和补充。

本套丛书编者殚精竭虑，力求完美体现上述编写初衷，但由于编写时间仓促，资料短缺，不足之处，恳请广大师生、读者使用时提出批评、建议和意见，以便修订再版时改正。

本套丛书出版过程中，得到人民教育出版社、中国人民大学附属中学、北京市一零一中学和黑龙江省牡丹江市第一高级中学等单位的专家、教师的指导和帮助，谨借本套丛书出版之际深表谢意。

编者

2008年1月

《实验探究报告册》

编委会

总 主 编：卜祥林

副 主 编：王尔兰

编 委：李艺龙 张玉梅 赵江丽 弥春燕

于连杰 卜祥林 王尔兰

物理分册

主 编：于连杰

本册编者：韩勇慧 于连杰 王红星 栗欣莹 王庆海

策 划：北京中育书情文化工作室

目 录

误差和有效数字的基本知识	(1)
探究活动一 用打点计时器测速度	(5)
探究活动二 探究小车速度随时间变化的规律	(13)
探究活动三 探究求合力的方法	(20)
探究活动四 探究加速度与力、质量的关系	(25)
选做实验一 测定匀变速直线运动的加速度	(35)
选做实验二 用打点计时器测重力加速度	(42)
选做实验三 探索弹力和弹簧伸长的关系	(46)
参考答案	(52)

误差和有效数字的基本知识

通过我们的学习知道，物理学是一门实验学科，物理概念的建立及规律的发现都以实验为基础，以实验为依据。在实验中我们必须记录实验各环节的操作过程和实验结论、现象数据等，其中数据的处理与分析是物理实验中关键的环节。我们在高中阶段的实验就有许多的数据及处理分析，在数据的处理过程中发现规律、验证事实等。在实验前就数据处理中的误差和有效数字的基础知识介绍给大家，希望大家灵活运用。

一、系统误差和偶然误差

任何实验测量结果不可能是绝对准确的。例如，用刻度尺测长度，用天平称质量，用温度计测温度，用电流表和电压表测电流或电压，测量出来的数值跟被测物理量的真实值都不可能完全一致，它们之间的差异叫做误差。按误差的来源，可分为系统误差和偶然误差两种。

系统误差是由于仪器本身不精确、或实验方法粗略、或实验原理不完善而产生的。系统误差的特点是在多次重做同一实验时，误差总是同样地偏大或偏小，不会出现这几次偏大另几次偏小的情况。要减小系统误差，必须提高测量仪器的精度，改进实验方法，设计在原理上更为完善的实验。

偶然误差是由各种偶然因素对实验者、测量仪器、被测物理量的影响而产生的。偶然误差有时偏大有时偏小，并且偏大和偏小的机会相同。因此我们可以多进行几次测量来减小偶然误差。各次测得的数值的平均值就比一次测得的数值更接近于真实值。

二、绝对误差和相对误差

假设用米尺测一段铜线的直径，读数为 1.2 mm 。由于米尺的精确度，只能估计到分度值 (1 mm) 的十分之一，由于估读是不准确的，产生的误差可能为 0.2 mm ，甚至更大。假设这次测量误差是 0.2 mm ，误差与测量值之比为： $0.2\text{ mm}/1.2\text{ mm}=17\%$ 。

如果把铜线密绕在木棒上，共 10 圈，测量这 10 圈的直径之和，为 12.3 mm 。由于用的同一条米尺，还可以估计到 1 mm 的十分之一，即误差还可以认为是 0.2 mm 。但是这个误差与测量值之比变为： $0.2\text{ mm}/12.3\text{ mm}=1.6\%$ 。

我们把上面的 0.2 mm 的误差，看成测量值与被测物体真实值之间的误差，这个误差叫做绝对误差。但物体的真实值我们又不知道，因此在实际测量过程中往往采取多次测量，取平均值，这个平均值可看成是真实值。

我们把绝对误差和测量值的比叫做相对误差，则上面算得的比值 17% 和 1.6% 都是相对误差。

通过上面的计算可以看出，在相同的测量条件下，为了提高测量的精确度，应该尽量

减小相对误差。例如，测量运动物体的平均速度时，要选择长一些的位移；测量来回运动物体的周期时，应当累计多次振动的时间，然后除以振动次数等方法去减小相对误差。又如我们在今后的学习过程中还可能用到不同精度的尺测量物体长度，那时我们会看到随着测量仪器的精度的提高，相对误差会越来越小。

三、关于有效数字

物理实验总是有误差的，所得的结果是近似数。例如，用带有毫米刻度的直尺测得课本的长度是 18.42 cm，其中最末一位数字 2 是估计出来的，是不可靠数字，但是仍有意义，仍要写出来。这种带有一位不可靠数字的近似数字，叫做有效数字。

在有效数字中，数 2.7、2.70、2.700 的含义是不同的，它们分别代表二位、三位和四位有效数字。数 2.7 表示最末一位数字 7 是不可靠的，而数 2.70 和 2.700 则表示最末一位数字 0 是不可靠的。因此，小数最后的零是有意义的，不能随便舍去或添加。但是，小数的第一个非零的数字前面的 0 是用来表示小数点的位置的，不是有效数字。例如，0.92、0.085、0.006 3 都是两位有效数字。大的数目，如 365 000，如果不全是有效数字，就不要这样写。可以写成有一位整数的小数和 10 的乘方的积的形式。如果是三位有效数字，就写成 3.65×10^5 ，如果是四位有效数字，就写成 3.650×10^5 。

许多物理量是从直接测量结果计算出来的。测量结果既然是用有效数字表示的，在计算中就要遵守有效数字的规则：

①不可靠数字与别的数字相加减，相乘除，所得的结果也是不可靠的。

②最后的计算结果只能保留一位不可靠数字，但在计算过程中，可以保留两位不可靠数字，最后再四舍五入。

例：(画横线的数字表示不可靠数字)

$$(1) 13.0\bar{5} + 309.\bar{3} = 322.\bar{3}\bar{5} = 322.\bar{4}$$

$$(2) 121.\bar{8}\bar{4} - 37.\bar{1} = 84.\bar{7}\bar{4} = 84.\bar{7}$$

$$(3) 14.2\bar{1} \times 4.5\bar{2} = 64.\bar{2}\bar{3} = 64.\bar{2} \quad (\text{见附 3})$$

$$(4) 18.25\bar{8} \div 1.\bar{6} = 11.\bar{4} = 11 \quad (\text{见附 3})$$

应注意的是，物体的个数、实验的次数等是准确数。

有效数字的规则相当复杂，不要求高中学生掌握。高中物理实验中求几次测量的平均值时，可按前面教学建议中的意见处理，一般计算题中保留 2 位或 3 位数字即可。

附：1. 视觉误差

图 0-1、图 0-2 中的两条直线 AB 、 CD 哪条长？

图 0-3 中的 AB 长还是 AC 长？

图 0-4 中 AB 、 CD 、 EF 三条直线中哪条最长？哪条最短？

图 0-5 中直线 MN 、 PQ 上端距离和下端距离相等吗？

图 0-6 中的 MN 、 PQ 是直线吗？

图 0-7 中方框的 4 条边是直线吗？

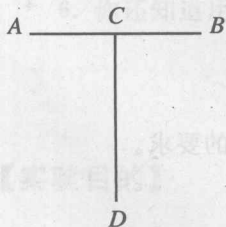


图0-1

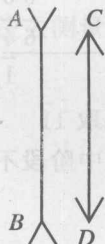


图0-2

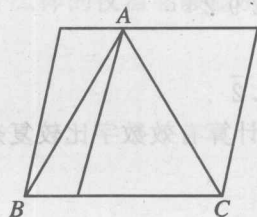


图0-3

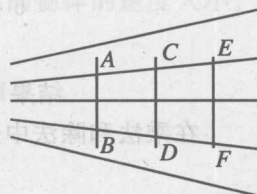


图0-4



图0-5

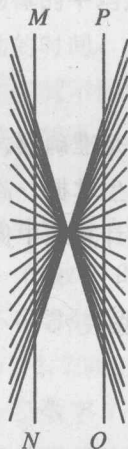


图0-6

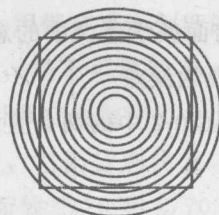


图0-7

上面这些例子都先自己目测，而后用尺量，得出结论：视觉并不总是可靠的。

2. 我国几种硬币的规格

一元币为钢芯镀镍，直径 25.00 mm，边厚 1.85 mm，单枚质量 6.05 g。

五角币为黄铜合金，直径 20.50 mm，边厚 1.65 mm，单枚质量 3.80 g。

一角币为铝合金，直径 22.50 mm，边厚 2.40 mm，单枚质量 2.20 g。

(根据《法制日报》1992 年 5 月 29 日)

用你身边的测量仪器实际测量一下，看一看测量值与规格值的差异。如果减小误差，应该采用怎样的方法来测量。

3. 乘法和除法有效数字的处理举例

$$\begin{array}{r}
 14.2\bar{1} \\
 \times 4.5\bar{2} \\
 \hline
 2842 \\
 7105 \\
 \hline
 5684 \\
 \hline
 64.2292
 \end{array}$$

结果取 $64.\bar{2}$

$$\begin{array}{r}
 1\bar{1}.4 \\
 1.6\sqrt{18.2\bar{5}} \\
 \hline
 16 \\
 \hline
 22 \\
 \hline
 16 \\
 \hline
 65 \\
 \hline
 64 \\
 \hline
 1
 \end{array}$$

结果取 $1\bar{1}$

在乘法和除法中这样计算有效数字比较复杂，在高中阶段不做过高的要求。

探究活动一 用打点计时器测速度

【预习思考】

1. 电磁打点计时器的主要组成部分有哪些？它的基本工作原理是什么？工作电压、频率如何？

2. 电火花计时器的主要结构和工作原理如何？工作电压、频率如何？

3. 对比两种计时器，它们的主要区别有哪些？相同点有哪些？以及电火花计时器同电磁打点计时器相比的优越性在哪些方面？

4. 打点计时器除了计时之外还有哪些主要用途？

5. 你知道或平时生活中你遇到利用图象的方法反映事物变化规律的吗？它们的两个坐标轴的意义如何。

6. 你还知道用哪些方法去测量速度，什么样的仪器能够显示运行的物体的速度大小。

【实验目的】

练习使用打点计时器，学习利用打点计时器打上点的纸带研究物体的运动。

【实验器具】

打点计时器及纸带 两根导线 交流电源 刻度尺 坐标纸

【实验原理】

一、电磁打点计时器

此打点计时器是一种使用低压交流电源的计时仪器，它的工作电压在 10 V 以下。当电源频率为 $f=50\text{ Hz}$ 时，它每隔 0.02 s 打一次点。当拖着纸带运动时，打点计时器便在纸带上打出一系列点迹。这些点既记录了运动物体的位移，又记录了发生这些位移所用的时间。这就给我们定量研究物体运动的情况提供了方便和可能。它的结构如图 1-1 所示。

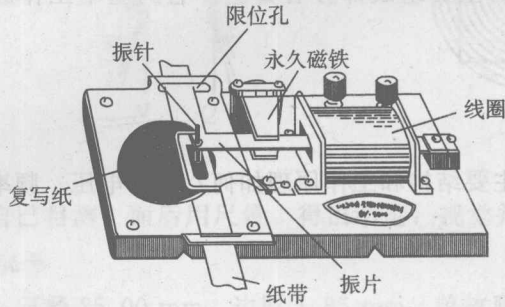


图 1-1

二、电火花计时器

电火花计时器是利用火花放电，在纸带上打出小孔而显示点迹的计时仪器，它的构造如图 1-2 所示，它的工作电压为 220 V。当电源频率为 $f=50\text{ Hz}$ 时，它每隔 0.02 s 打一次点。接通电源按下脉冲输出开关，计时器发出的电流经接正负极的放电针、墨粉纸盘到接负极的纸盘轴，产生电火花，从而在运动的纸带上打出一行点迹。这种计时器工作时的优点是：纸带运动阻力小，实验误差小。

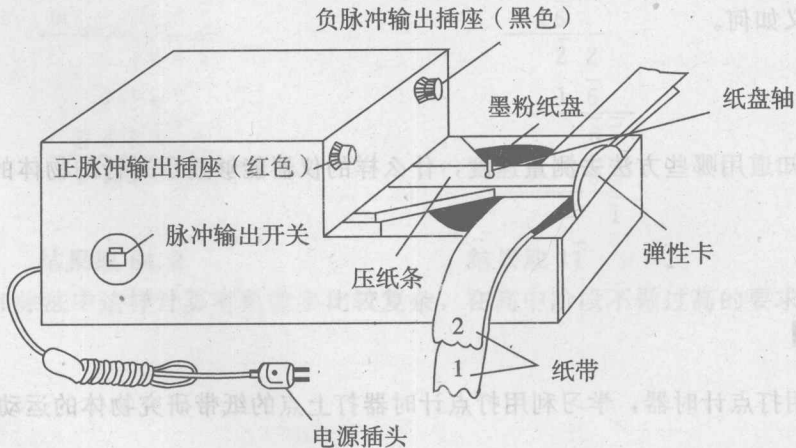


图 1-2

三、用打点计时器测量瞬时速度

按实际大小画出的一条纸带（如图 1-3 所示）。在打出 D 、 G 这两个点的时间间隔中，纸带运动的平均速度是 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 。在我们不要求很精确的情况下，用这个平均速度可粗略地代表 E 点的瞬时速度。如果把包含 E 点在内的间隔取得小一些，如图 1-4 所示的 DF ，那么根据 D 、 F 两点间的位移 Δx 和时间 Δt ，算出纸带在这两点间的平均速度 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ，用这个平均速度代表纸带经过 E 点时的瞬时速度。这比上面的求法更准确。通过对以上计算 E 点的瞬时速度的比较， D 、 F 两点离 E 越近算出的平均值越接近 E 点的瞬时速度。然而 D 、 F 两点距离过小则测量误差增大，应该在实验中根据实际情况选取这两个点。

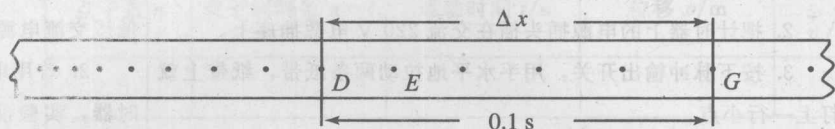


图 1-3

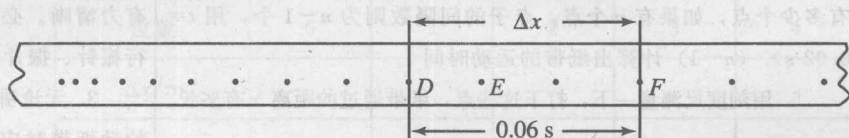


图 1-4

四、用图象表示速度

许多变化过程，通过用图象去反映其变化规律（如股票的涨跌等），这种方法能够直观地反映事物的变化情况，这是一种表示变化规律的好方法。

物体的运动也可以用图象描述，以速度 v 为纵轴、时间 t 为横轴在方格纸上建立直角坐标系。根据前面记录的数据描点，从这些点的走向能够大致看出纸带速度的变化规律。为了更清晰些，用一条平滑曲线来“拟合”坐标系中描出的点，曲线反映的规律应该与实际情况更接近。这种描述速度 v 与时间 t 关系的图象，叫做速度-时间图象或 $v-t$ 图象。

【实验报告】

天气：

气温：

气压：

姓 名		小组成员	
实验时间		实验地点	
实验题目			
实验目的			

实验原理	
实验器具	
实验步骤	步 骤
	一、电火花计时器 1. 把电火花计时器固定在桌子上, 检查墨粉纸是否已经正确地套在纸盘轴上, 检查两条白纸带是否已经正确地穿好。墨粉纸盘是否夹在两条纸带之间。 2. 把计时器上的电源插头插在交流 220 V 电源插座上。 3. 按下脉冲输出开关, 用手水平地拉动两条纸带, 纸带上就打上一行小点。 4. 取下纸带, 从能看得清楚的某个点开始, 数一数纸带上共有多少个点, 如果有 n 个点, 点子的间隔数则为 $n-1$ 个, 用 $t=0.02\text{ s} \times (n-1)$ 计算出纸带的运动时间 t。 5. 用刻度尺测量一下, 打下这些点, 纸带通过的距离 x 有多长。 6. 利用公式 $\bar{v}=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 计算出纸带在这段时间内的平均速度。把测量和计算结果填入表中。 二、电磁打点计时器 1. 把电磁打点计时器固定在桌子上, 让纸带穿过两个限位孔, 压在复写纸下面。 2. 把电磁打点计时器的两个接线柱用导线分别与 10 V 以下的低压交流电源的接线柱相连接。 3. 打开电源开关, 用手水平拉动纸带, 纸带上就打上一行小点。 4、5、6 同上。 三、用打点计时器测量瞬时速度 1. 在打好的纸带中选择点迹比较理想的一条来实际测量自己拉纸带的速度。
	1. 明确计时器所需电源情况: 电火花计时器为 220 V。电磁打点计时器为 10 V 以下的低压交流电源。 2. 若用电磁打点计时器, 实验前需检查振针是否稳定, 打点是否有力清晰。必要时要进行振针、振片的调整。 3. 无论哪种计时器拉动纸带时应是先开启电源, 待频率稳定后再拉动纸带。 4. 拉动纸带要平稳, 尽可能减小与其他部位的接触或摩擦, 且速度要适中, 不易太快也不易过慢。 5. 打完每张纸带及时关闭打点计时器。
	2. 在纸带上用数字 0、1、2……5 标出“测量点”, 每个测量点间隔 0.1 s, 即每 5 个点标一个测量点。 3. 测量包含这个点的一段位移 Δx, 同时记录对应的时间 Δt, 填入表格中。 4. 算出 0、1、2……与各点附近的平均速度, 把它当做计时器打下这些点时的瞬时速度, 抄入表格中, 点 0 作为计时的开始, $t=0$。 6. 测量 Δx 时, 两个测量点间距不宜太近, 以免测量误差过大。

续表

实 验 步 骤	步 骤				注意事项		
实 验 步 骤	四、用图象表示速度 1. 在方格纸上建立直角坐标系。以 v 为纵轴，时间 t 为横轴，规定两轴的标度。 2. 在坐标系中把步骤三中的实测数据描点。 3. 用一条平滑曲线来“拟合”坐标系中描出的点。				7. 坐标系建立要大方、美观，两轴标度不相同。 8. 点迹不宜过大，尽可能用平滑曲线拟合各点。		
	测量平均速度						
实 验 记 录 及 数 据 处 理	点子数 n	点子间隔数 $n-1$	运动时间 t/s	位移 x/m	平均速度 $\bar{v}/(m \cdot s^{-1})$		
	手拉纸带在几段时间中的位移和平均速度						
	位置	0	1	2	3	4	5
	$\Delta x/m$						
	$\Delta t/s$						
	$v/(m \cdot s^{-1})$						
	手拉纸带在几个时刻的瞬时速度						
	位置	0	1	2	3	4	5
	t/s	0					
	$v/(m \cdot s^{-1})$						
	用图象表示速度						
	坐标纸粘贴处						

续表

实验结论	
交流与 分析	

【活动与探究】

1. 在实验室里，利用打点计时器来研究物体的运动。在所有的操作符合实验要求的情况下，仍然出现了较明显的偏差，那么出现这种问题可能在哪里？属于何种误差？如何去减小或避免？

2. 在“用打点计时器测速度”这个实验中，拉动纸带运动的速度不可以太慢，为什么？

3. 在实验室中我们利用打点计时器研究直线物体的运动情况。若走出实验室，我们也可以利用打点计时器去研究物体运动，或者是利用这种研究方法（例如，闪光照相时，在底片多次成像）去研究更多物体的运动。自己设计实验研究几种不同运动的情况，例如，可以研究一下卷帘门的运动情况；自由下落的重锤的运动情况等。

4. 有条件的同学，利用气垫导轨和数字计时器来研究物体的运动。

【实验习题】

1. 电磁打点计时器和电火花计时器都是使用_____（填“交流”或“直流”）电源的_____仪器。工作电压分别是_____和_____。当电源频率为 50 Hz 时，它每隔