普通高中课程标准实验教科书

配粤教版

物理（必修2）实验册

广东基础教育课程资源研究开发中心
物理实验册编写组　编

广东教育出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

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：必修2/广东基础教育课程资源研究开发中心物理实验册编写组编. —2版. —广州：广东教育出版社，2005. 9
配粤教版
ISBN 7-5406-5598-4

Ⅰ. 普… Ⅱ. ①广… ②物… Ⅲ. 物理课-高中-教学参考资料 Ⅳ. G634.73

中国版本图书馆CIP数据核字（2004）第093404号

广东教育出版社出版发行
（广州市环市东路472号12-15楼）
邮政编码：510075
网址：http://www.gjs.cn
广东新华发行集团股份有限公司经销
广东广彩印务有限公司印刷
（佛山市南海区盐步镇河东管理区）
787毫米×1092毫米 16开本 4.25印张 90 000字
2004年9月第1版
2005年9月第2版 2006年7月第5次印刷
ISBN 7-5406-5598-4/G·4964
定价：4.85元
质量监督电话：020-87613102 购书咨询电话：020-34120440

编写说明

《物理实验册》丛书是根据《普通高中物理课程标准（实验）》的要求，配合广东教育出版社出版的普通高中课程标准物理教科书的内容来编写，这套丛书按高中物理课程结构的12个模块编排，共分12册. 本册《物理实验册（必修2）》供使用粤教版《普通高中课程标准实验教科书·物理（必修2）》的高中学生使用.

本实验册学生实验包括验证性（或测定性）实验和探究性实验，以及课外小实验. 前两类实验，要求学生在课前完成预习，课堂上完成实验操作，课后完成实验报告. 最后一类实验是课外完成的实验，应鼓励学生尽量多做.

对于验证性实验，每个实验涉及下列内容：实验目的、实验器材和装置、实验原理、实验设计（思路与方法）、实验步骤、实验数据记录与分析、问题与讨论等. 这样安排的目的，一是训练学生的基本实验技能，二是使学生熟悉科学实验的主要过程. 为了调动学生做好这类实验的积极性，本书对于此类实验，一般都空出一些操作步骤或实验过程的某一环节，留给学生去设计.

对于探究性实验，每个实验涉及下列内容：提出问题、实验器材和装置、实验设计和步骤、实验结果与分析、结论与解释等. 鉴于高一学生的实验探究能力还较弱，为了降低这类实验的难度，本书对这类实验直接给出了要探究的问题、实验器材和装置、实验设计和步骤，实验结果与分析、结论与解释则由学生完成.

对于课外小实验，每个实验涉及下列内容：实验任务、实验方法、实验器材和要求. 本书安排的这类实验用到的器材，一般比较易得，实验的趣味性、探究性也较强. 为了加强学生实验能力的培养，特别是探究能力的培养，本书中安排了较多的课外小实验.

由于课程标准没有对实验的具体做法、使用的器材等作出硬性的规定. 因此本实验册对每个实验都提供了多种实验方法，其中一些是取材较易，采用传统器材就可以完成；其中一些要采用现代传感技术、数据采集器和计算机才可以完成. 这样做的目的，一是满足课程标准的要求；二是开阔学生的视野；三是满足不同层次的学校、不同学生的需要；四是为老师提供丰富的实验资源.

本书安排的实验内容较多，教师应根据课程标准和本校的实际，有选择地使用.

这套《物理实验册》丛书主编保宗悌，副主编布正明、王笑君.

本册主编张军朋、姚跃涌. 编写人员：张军朋、陈信余、邹旭光、李卫红、艾连娣. 本册统稿、修改：张军朋. 审稿：布正明.

因时间仓促，难免有错误和疏漏，恳切希望老师们对本书的编写提出宝贵意见，以便于今后的修订.

广东基础教育课程资源研究开发中心物理实验册编写组

目　录

与高中物理课程有关的几个实验问题 …… 1

实验一　研究平抛运动的规律 …… 14

◎实验方法（一）　用小球研究平抛运动的规律 …… 14

◎实验方法（二）　用水流研究平抛运动的规律 …… 16

◎实验方法（三）　用 DIS 研究平抛运动规律 …… 17

◎小实验 1　探究曲线运动的速度方向 …… 19

◎小实验 2　探究互成角度的运动合成 …… 21

◎小实验 3　探究抛射距离与哪些因素有关 …… 22

◎小实验 4　斜面上的抛体运动 …… 23

实验二　研究向心力与哪些因素有关 …… 25

◎实验方法（一）　探究向心力与哪些因素有关 …… 25

◎实验方法（二）　验证匀速圆周运动的向心力公式 …… 27

◎实验方法（三）　用 DIS 验证匀速圆周运动的向心力公式 …… 30

◎小实验 1　用圆锥摆验证向心力的公式 …… 33

◎小实验 2　能碰飞火柴盒吗？ …… 34

◎小实验 3　估测自行车拐弯时受到的向心力 …… 35

◎小实验 4　观察运动物体经过凹凸桥中点时的压力 …… 36

实验三　探究恒力做功与物体动能变化的关系 …… 38

◎实验方法（一）　用打点计时器探究恒力做功与物体动能变化的关系 …… 38

◎实验方法（二）　用气垫导轨探究恒力做功与物体动能变化的关系 …… 40

◎实验方法（三）　用 DIS 探究恒力做功与物体动能变化的关系 …… 42

◎小实验 1　估测自行车受到的阻力 …… 43

需要全本请访问 www.ertongbook.com

◎小实验2　估测人在某种运动中的功率 …… 44
◎小实验3　测定运动小车的动能 …… 44

实验四　验证机械能守恒定律 …… 47
◎实验方法（一）　用打点计时器验证机械能守恒定律 …… 47
◎实验方法（二）　用气垫导轨验证机械能守恒定律 …… 49
◎实验方法（三）　研究摆动过程中的能量转化 …… 50
◎实验方法（四）　用DIS研究动能和重力势能转化中所遵循的规律 …… 52
◎小实验1　用DIS研究机械能与内能之间的转化 …… 53
◎小实验2　观察动能与势能的相互转化 …… 55
◎小实验3　研究玩具电机的能量转化 …… 57

与高中物理课程有关的几个实验问题

一、为什么要做实验?

物理实验在物理学的建立和发展中一直起着十分重要的作用. 从人们认识客观事物的规律来看，总是先从实验事实出发，经过分析和归纳，上升为理论，然后再回到实践中去指导实践，并接受实践的检验，所以物理实验是物理学的基础. 已经建立起来的物理规律，如果和新的实验事实发生矛盾，就必须对原来的规律加以修正或改造. 这样物理学就有了新的发展，正因为物理实验这样重要，所以在高中物理课程中，在学习物理理论的同时，还要做一些物理实验. 可以说要学好物理就要做好实验. 有句话说得好："我听说的，容易忘记；我看到的，容易记住；我亲手做过的，就能很好地理解."

物理实验是用实验的方法去探究物理学的规律. 物理实验课的一个重要特点就是实践性. 做实验的时候，要充分考虑到各种实际情况，得出的结论，要尽量符合实际. 同学们在物理 1 中学过质点的概念；在研究物体的运动规律时，常常假设是没有摩擦的. 这种经过抽象的、理想化了的模型，对于理论研究无疑是重要的，但是在做实验的时候，情况就不同了. 你到哪里去找真正的质点、没有摩擦的运动呢? 目前学生在做实验时，普遍存在着"凑数据"，甚至弄虚作假的现象，除了学习态度或者说做人的态度有问题外，还有另一层次的问题，即对科学理论与实际事物的关系的认识有偏差. 多年来，我们的科学课程在学生中形成了绝对化和脱离实际的倾向. 例如，研究物体的加速度与它所受力的大小的关系时，实际测量总会有误差，所绘的 $a-F$ 曲线总不会精确地过原点. 于是我们就盼望无限制地提高测量的精确度，在力求完美地过原点而又无法做到的情况下，难免想到一两个坏主意. 如果我们认识到，任何测量的精度都是有限的，当我们提高测量精度后，对于是否过原点这个问题又有更高的标准来衡量，我们的心里就会比较坦然. 当然，这样做有两个前提，一是实验的确是认真做的，另一个是，我们对科学理论的产生方式有正确的认识. 从实验结果到科学理论的诞生，中间不是单纯的逻辑关系和简单的归纳关系. 如果我们做了很多次实验，每次都几乎过了原点，那么，我们为什么不能得出这样的结论：在没有任何误差的情况下，$a-F$ 曲线将是一条准确地经过原点的直线? 我们有什么理由拒绝这样简明而美好的结论呢?

实践性的另一个含义是做实验必须进行实际的操作，光说不做是不行的. 有的同学认为，只要把实验原理、仪器装置、实验方法看明白就行了，不必动手测量和计算，或者只粗略地测量和估算一下，就算完成了实验，他们对实际的操作和计算缺乏兴趣，认为这并不重要. 要知道如果不去仔细地调整实验装置，不去仔细地进行测量和计算，就不能了解实验的微妙之处，就不能体验到实验中所蕴含的科学思想和方法. 这些同学往往眼高手低，"一看就懂，一做就错". 这也反映了他们对实验课的特点还缺乏认识.

在了解了物理实验课的特点之后，我们做实验的目的是什么呢?

1. 激发学习物理的兴趣，体验科学工作的乐趣.

我们每个人都是天生的科学家，我们生来对周围的事物，组成这个世界的一切物质和对其他有生命的东西都具有好奇心.

同学们好奇心强，好动手，对于实验活动有很浓兴趣，在物理学习中，完成一些课程所规定的学生实验和其他实践活动，能激发和维持学生对本学科的兴趣. 可是，事情并不那么简单. 许多同学在刚刚接触课堂实验的时候，确实会表现出浓厚的兴趣，但是来自许多国家的信息表明，随着年龄的增长和学习的深入，许多学生会厌烦重复性的、枯燥的操作. 特别是有些实验结果很容易猜到时，比较聪明的同学就会问："为什么不把结论直接告诉我们，而要花费那么多时间去做实验?"

如果我们所做的实验太多是"菜谱式"验证性实验，同学们的这种反感情绪就更大. 如果同学们在做实验时，经常问问自己，通过这个实验，我会学到什么？在进行操作之前，想一想，将会发生什么现象？如何如实地记录实验现象和实验数据？如何从观察到的现象和观测到的数据中得出结论？如何将实验中发生的现象和其中包含的科学原理联系起来？实验的结果是否证实了自己当初的猜想？完成实验后，再问问自己，如果我再做这个实验，改变一下其中的实验条件，又会出现什么现象？等等. 当同学们这样来完成实验，而不是机械地按照规定的步骤进行操作时，通过实验不仅可以满足同学们的操作兴趣，更进一步激发了思维兴趣，同时也感受到科学工作的乐趣.

2. 培养基本实验技能，增强社会的适应性.

科学活动需要许多专门的技能，这些技能包括：使用仪器、测量、观察、收集数据并进行数据处理、从数据推出结论、安全操作等等. 这些基本的实验技能是我们学习物理的基础.

我们生活在一个被科学和技术支配的世界里，在商场里、在乘坐的交通工具里、在家中、在我们的周围……科学无处不在. 这些基本的实验技能也是我们适应现代技术化社会所必需的. 虽然在我们未来的职业生涯中，可能用不到这些具体的技能，但是，当我们在物理实验中掌握了这些技能后，当在生活中、在工作中遇到某种新技能需要学习时，我们就多了几分自信和勇气. 物理实验不仅能使我们"心灵"，更使我们"手巧".

但是我们也不能简单地认为，只要同学们参加了实验活动，实验技能就会自然而然地得到提高.

国外的一项调查研究表明，许多参加了学校组织的各项实验活动的学生，在中学毕业时，仍然不会使用简单的仪器和进行简单的测量，不会进行观察和对现象作出解释，不会设计和实施简单的研究题目. 加强实验活动的学校尚且如此，其他学校的毕业生的情况就可想而知. 有一点十分清楚，那就是，如果我们要想真正提高实验技能，就必须亲身经历实验的全过程，唯有如此，才能真正地提高实验技能，尤其是操作技能.

3. 经历科学的过程，学习科学研究的工作方法，树立科学的价值观.

物理学是以实验为基础的科学. 实验在物理学研究中的作用在于形成、发展和检验物理理论，并使物理理论在实践中得到应用. 在物理学习中，实验的作用在于为学生创造适于探究的物理情境，在自主探究中，获取物理知识、训练技能，提高能力，体验科学方法，培养科学的态度和价值观.

物理课程中的科学探究最多的是通过实验来进行的探究活动. 本书有许多探究性实验，这些实验要求同学们以实验室的活动为手段，通过探究，自己去设计实验，选择仪器，收集实验数据，归纳总结规律.

过去的学生实验只限于教科书规定的几个实验，本书根据探究活动的需要，为同学们尽可能多地提供了多种实验探究活动，不再局限于教科书上的几个实验.

科学探究是每一个学生都必须参与的学习活动，必须人人动脑思考、动手操作. 过去，有些地方学生做实验时，往往全班同学同时做同样的实验，限于仪器的数量和经费的考虑，一个实验小组有的多达十几人，实验时往往只有少数人动手，大多数学生是旁观者，女学生动手的机会就更少了.

改变这种状况的办法一方面要进一步充实仪器设备，改变使用的模式，提高实验仪器的利用率. 例如，各活动小组的探究课题可以不一样；可以根据不同的探究课题做不同的实验；可以将实验活动延伸到课外，甚至家庭. 另一方面，充分利用我们身边的物品和器具. 例如，我们可以用塑料可乐瓶做非常有趣的水悬球、水火箭的实验，令人深思的超、失重实验，气体突然膨胀致冷的实验，气体体积与压强关系应用的实验，龙卷风的模拟实验，可以制作洗衣机甩干机的模型、利用毛细现象原理的自动饮水鸟的模型，还可以做静电起电盘和静电放电旋转轮等等. 用日常器材做实验，具有简便、直观、原理单一等优点，更有利于同学动手，发展学生的实验技能，培养创新意识.

事实上，当我们能用一些日常器材去认识科学，我们就会发现科学其实并不那么深奥. 如果我们能用身边的“简单材料”去做科学实验的话，物理学就会显得有趣、奇妙和易懂了.

我们提倡用日常器材做实验，决不是权宜之计. 即使是发达国家，在实验条件相当优越的情况下，仍然鼓励学生用身边的各种器材完成各种实验活动.“坛坛罐罐当仪器，拼拼凑凑做实验”，仍然是我们在物理学习中应当坚持、鼓励和提倡的基本原则.

本书也介绍了用传感器和计算机进行的物理实验，其目的是让同学们在实验室中接触现代科技.

实验本身是一个严格的科学过程，要想获得实验的成功，必须一丝不苟，来不得半点虚假，并且必须把各项活动安排得井井有条. 在实验过程中也不总是一帆风顺的，更需要大家的团结合作才能完成实验任务. 如果同学们通过做实验，逐渐形成这样一种思维的习惯：判断一个结论或一种观点的正确与否主要不是看谁更权威，也不是看谁说得有理，而是看谁的观点和意见与事实一致. 而这一点，较之于掌握一些具体的知识和技能更为重要. 它不仅对于科学研究至关重要，而且是做人的一条准则.

尽管物理课程中的实验，不同于科学家所从事的科学实验，但也需要同学们经历科学家进行实验研究时类似的过程，如需要提出问题，作出假设，设计实验，进行实验操作，收集数据，进行数据处理，得出结论等. 也许有的同学会说，让我们中学生去做科学家的工作是否有些脱离实际？当然，不能要求大家去做科学家的工作，但我们确实可以找一些简单的实践性问题，完成这些问题并不需要高深的科学知识，但这些问题的结论是未知的，学生必须按照与真正科学研究相似的方法才能得到结论，也许只有这样的实验活动才能使学生学会科学的工作方法. 本书中就包括了许多这样的实验课题.

4. 学好物理知识，促进对科学知识的理解.

在学习物理过程中，要形成概念，认识物理规律，首先必须要有一定的感性认识. 这种感性认识可以来源于我们的生活环境，也可以来源于实验提供的物理事实. 通常，从生活中得到的感性材料多来自复杂的运动形态，力、热、电、光现象交织在一起，本质、非本质的因素交融在一起，因此，仅通过这种途径建立概念和认识规律时会遇到很大的困难. 运用实验则可以提供精心选择的、简化和纯化的素材，它能够使大家对物理事实获得明确具体的认识. 例如，人们生活在空气的海洋里，却很难感受到大气压的作用，做一

个覆杯实验或马德堡半球实验，大气压存在的事实就呈现在我们面前；又如同学们在学习摩擦力时，对滑动摩擦力和静摩擦力的方向常常难于辨认，其主要原因是进行抽象思维活动时，头脑中缺少表象的支持，如果应用图示的方法做一下实验，摩擦力的方向就会生动地呈现在你的面前.

二、怎样做好物理实验？

实验是物理学的基础和最重要的研究方法. 在学习物理时，物理实验与物理理论同是物理课程的不可分割的重要组成部分. 要学好物理课程，首先要做好物理实验，那么在高中，我们怎样才能做好物理实验呢？

1. 要认真学好历史上的著名实验. 学习这些历史上著名实验的实验方法、实验原理和实验装置，可以启发我们的思路，使我们在进行实验时可以进行借鉴，吸取其精华，并认识到对现象的认真观察和科学归纳的重要性.

2. 正确观察演示实验. 课堂上的演示实验，是教师进行操作，引导我们正确观察、从实验中分析总结得出规律的实验. 这时我们虽然没有机会动手，但在实验的过程中，可以充分地看和听，还可以充分地思考. 观察演示实验，首先要认真听清老师关于为什么要做这个实验和怎样安排实验的讲解，明确实验目的，知道要考虑哪些因素，排除什么干扰，用什么仪器，它们的作用如何，等等. 在演示的过程中，要看清每个步骤的目的、操作过程、现象变化过程、怎样做可以获得成功、怎样将导致失败等等. 总之，看演示实验，要认真观察和思考，把注意力放在观察和思考实验目的、原理、装置、实验操作步骤和变化过程上，而不能单看实验结果，更不能只觉得好看、好玩就心满意足了.

3. 认真动手做好实验. 教学中安排的学生实验，是极为宝贵的学习机会. 百闻不如一见，更不如一做，要真正掌握实验技能，必须通过自己的实践. 怎样动手做好实验呢？要抓住三个环节，做到“六要六不要”.

这三个环节是：

一是做好预习. 实验之前要把书上的实验内容仔细阅读一遍，弄明白这次实验的目的要求：这个实验要我们做什么？是探究还是验证某个规律？是测量某个物理量还是依据某个物理规律进行制作或设计？

除此之外，还要弄明白实验原理. 不论做哪一类实验，都要搞清楚实验依据的物理知识. 对于常用的实验器材，还要搞清楚它的工作原理. 如在力学实验中，我们经常要用到“打点计时器”，在第一次使用前，要仔细阅读使用说明书或课本中的介绍，结合实物弄清它的结构、各部分的功能、使用注意事项. 使用新器材时，一定要记住在没有弄清它的结构原理和操作规则之前，决不能进行实际操作.

本书中有的实验给出了实验步骤，有的没有给出. 不管哪一种情况，在具体操作前，弄清楚先做什么，后做什么，必要时把没有给出的步骤写出来是非常重要的. 只有这样你才能对实验的设计思想和方法有更深的理解，对实验中可能出现的问题及原因，做到心中有数等等. 最好事先准备一个实验记录本，预先写好实验原理、实验步骤、画好实验装置简图、数据记录表格及实验中需注意的问题，以备上课时使用.

二是做好实验. 首先要了解仪器装置的性能、规格、使用方法和操作规则，在这之前，不要乱动仪器. 调整仪器装置时，要注意满足测量公式所要求的条件. 在整个实验过程中，要手脑并用. 一方面，要多动脑筋，头脑里要有明确的物理图像，对实验所依据的原理有比较透彻的理解，对实验中出现的各种现象要仔细地观测，想一想是否合乎物理

规律，有没有道理. 在进行某一操作之前，先想一想可能出现什么结果，然后再看看是否与预期的相符合. 不要机械地按书上或老师要求的实验步骤一步一步做完了就算了事. 实验过程中思想状态是积极主动的，还是消极被动的，对收获的大小影响极大. 另一方面要注意培养和锻炼自己的动手能力.

实验操作要做到准确、熟练、快速. 如在力学实验中如何调水平、调铅直；在电学实验中，如何连接电路；在光学实验中如何调节共轴等，都是一些很基本的操作，都应该熟练掌握. 动手能力还表现在能否及时发现并排除实验中可能遇到的某些故障. 仪器装置的小毛病，可以在老师指导下自己动手解决. 要注意老师是如何判断仪器故障，如何修复仪器的（指可能当场修复的情况）. 实验中还要记录好原始数据（即在测量时直接从仪器上读出来的数据），要一边测量，一边及时记录. 要记得准确、清楚、有次序.

三是写好实验报告. 实验报告是对实验的全面总结，一般包括：实验目的、仪器用具、实验原理与步骤、数据及结果、结论与讨论等内容. 准确地、清楚地、完整而简明地表述实验报告中各部分内容，是实验素养的基本要求.

在抓好三个环节的同时，在实验过程中铭记下面的“六要六不要”也是非常重要的.

一要预习，明确实验目的、原理、步骤，做到胸有全局. 不要心中无数，实验中手忙脚乱，实验后对实验结果茫茫然.

二要理解仪器性能及使用注意事项，爱护仪器. 不要随意玩弄，任意乱用.

三要仔细观察实验现象及变化过程细节，透过现象看本质. 不要粗心大意看热闹.

四要操作规范，养成良好的实验素养，这是获得准确的实验结果和取得实验成功的保证. 不要随心所欲、胡乱操作甚至损坏仪器.

五要既动手又动脑，不但在操作上下功夫，而且积极动脑深入思考为什么要这样做，不要光做不思考.

六要认真处理实验数据，分析实验结果，找出产生误差的原因，写好实验报告. 不要潦草马虎，为了得到满意结果而拼凑数据.

4. 掌握实验操作的基本要领.

（1）观察与了解：这是所有实验的第一环节，包括对实验器材的选取，器材的使用规则，器材的使用范围，以及器材的精确度等，要有一个详尽的了解. 例如：测量教室的长度，我们是选用米尺还是选用皮尺呢？因为测量工具的米尺和皮尺，最显著的特点是它们的测量范围——量程不同. 如果用米尺就必须采用重复测量的方法，即使方法和操作都正确，但仍加大了实验的误差，而皮尺可以一次性测量，有效地减小了误差. 使用前，我们还要“看”它零刻度的位置，零刻度是否磨损，以及它的分度值. 这些因素直接关系到我们是否操作恰当，读数是否准确的问题.

（2）调整或调节：它是进行实验的一个准备阶段，调整或调节的正确与否对实验的成功有决定性的作用. 对部分需要“调”的实验仪器，应注重怎样正确的“调”. 例如：托盘天平的调平衡，首要条件是要将托盘天平放在水平桌面上，然后才能调平，在调平的过程中，双眼紧盯指针，轻轻旋动平衡螺母，使指针指在分度盘的中间（如不能达到目的，则需移动，并记下游码的位置）. 在此过程中，不能用力太猛，否则易于损坏刀刃，减少托盘天平的灵敏度，加大实验的误差，而且每一次进行上一步的调节，都应在天平的指针静止以后才能进行.

在电流表或电压表的机械调零上，由于电流表或电压表长期的使用，使指针不能准

需要全本请访问 www.ertongbook.com

确地指回零刻度处，一般我们都采取机械调零的办法：先找到刻度盘中下部找到调零的螺丝，用平字起，慢慢旋动，使指针指回零刻度处，操作的过程中，眼睛应始终盯住刻度盘，旋动的手腕要用力均匀.

（3）做实验：它是同学们实际动手操作参与实践的具体过程. 每一种仪器，都有它的使用规则和要求，我们应严格地按照它的规则要求进行操作. 特别是在做一些带危险性的或损坏性的实验时，应先通过教师的检查，避免一些不必要的损坏和意外. 在用电流表测量电路电流的连接电路时，开关应断开，电流表应与被测部分串联，要保证电流必须从电流表的正极流入负极流出，被测电流不超过电流表的量程（在不能确定的情况下，可以采用点触或试触的方法），不能将电流表不经过用电器而直接接在电源的两端. 当然，我们可以事先将电路图画好，然后按电路图连接达到操作时降低难度的目的. 这个过程中必须得到教师的检查同意以后，方可闭合开关进行实验. 否则一旦电流表的正负接线柱接反或电路中发生了短路现象，很容易烧坏电流表.

在用酒精灯做加热实验时，就应特别注意酒精灯的正确使用. 酒精灯作为一种加热工作，它的构造限定了它的使用方法，不允许用酒精灯去引燃另一盏酒精灯，使用完以后，不能用嘴去吹灭酒精灯，而应用灯帽盖灭，操作过程如果不当或不慎，使洒出的酒精燃烧，不可用水浇（因为酒精的密度小于水的密度，燃烧着的酒精易漂浮在水面上，随水流动，容易发生火灾），而用湿抹布盖灭（隔绝空气的办法）等.

（4）读数与记录：在实验中，正确的读取和记录数据，它包括：读取的姿势（例：刻度尺数值的读取时，眼睛应水平垂直或竖直垂直刻度）；读取的方法（估读到分度值的下一位）和准确的记录（数字与单位要准确）. 在读取和记录数据时，也应尊重实验事实，而不能任意加大或减小实验数据，有意迎合实验的真实结果，应着力培养学生实事求是的科学态度.

（5）交流与总结：对于记录的数据，由于操作者不同，实验器材的不同，操作方法的不同等因素，可能导致同一实验结果的不同. 我们应及时加以总结和分析. 分析哪些是错误导致的结果，哪些是误差造成的原因，与同学一起共同探求对实验器材和实验方法的改进.

（6）整理：实验器材的适当选取，实验过程的正确操作，实验数据的准确读取、记录和分析，并不意味着实验的完整结束. 实验后器材的归类、整理是各类实验的收尾工作，也是一个不可忽视的工作，它是培养学生爱护仪器，培养学生有始有终的科学态度的重要内容.

三、测量误差

1. 什么是误差？

在物理实验中，对于待测物理量的测量分为两类：直接测量和间接测量. 直接测量可以由仪器直接读出测量的结果. 例如用刻度尺、游标卡尺、秒表、天平、直流电流表等进行的测量就是直接测量. 间接测量则是不能直接用仪器把待测量的大小测出来，而要依据待测量与某几个直接测量的函数关系求出待测量. 例如重力加速度，可通过测量单摆的摆长和周期，再由单摆周期公式算出，这种类型的测量就是间接测量. 每一个物理量都是客观存在，在一定的条件下具有不以人的意志为转移的客观大小，人们将它称为该物理量的真值. 进行测量是想要获得待测量的真值. 然而测量要依据一定的理论或方法，使用一定的仪器，在一定的环境中，由具体的人进行. 由于实验理论上存在着近似性，方法上难

以十分完善，实验仪器灵敏度和分辨能力的局限性，周围环境不稳定等因素的影响，待测量的真值是不可能测得的，测量结果和被测量真值之间总会存在或多或少的偏差，这种偏差就叫做测量值的误差.

设被测量的真值为 N'，测得值为 N，则测量误差 $\Delta'N$ 为 $\Delta'N=N-N'$.

误差存在于一切测量之中，而且贯穿测量过程的始终. 每使用一种仪器，进行一次测量，都会产生误差，没有误差的测量结果是不存在的. 在误差必然存在的情况下，测量的任务是：

(1) 设法将测得值中的误差减至最小.

(2) 求出在测量的条件下，被测量的最近真值（最佳值）.

(3) 估计最近真值的可靠程度（接近真值的程度）. 因此要研究误差的性质和来源，以便采取适当的措施，达到最好的结果.

2. 偶然误差、系统误差和个人误差

按照习惯的分类，根据误差的性质，可以把测量误差分为偶然误差、系统误差和个人误差三种.

(1) 偶然误差.

在测量时，即使进行了精心的观测，仍然会存在一定的误差. 由于偶然的或不确定的因素所造成的每一次测量值的无规则变化（涨落），叫做偶然误差，或随机误差. 产生偶然误差的原因很多，例如：观测时目的物对得不准，读数不准确，周围环境的偶然变化或电源电压的波动等因素的影响，难以确定某个因素产生的具体影响的大小.

偶然误差的存在使每次测量值偏大或偏小是不定的，但它并非毫无规律，它的规律性是在多次重复同一测量时，测量结果偏大和偏小的机会比较接近. 在一定的测量条件下，可以用增加测量次数，取平均值的办法来减少偶然误差. 即可取算术平均值作为直接测量的最接近的真值（最佳值）.

(2) 系统误差.

在相同条件下，多次测量同一物理量，测量值对真值的偏离（包括大小和方向）总是相同的. 这类误差称为系统误差.

系统误差的来源有以下方面：

一是仪器误差. 这是由于仪器本身的缺陷或没有按规定条件使用仪器而造成的. 如仪器的零点不准，仪器未调整好，外界环境（光线、温度、湿度、电磁场等）对测量仪器的影响等所产生的误差.

二是理论误差（方法误差）. 这是由于测量所依据的理论公式本身的近似性，或实验条件不能达到理论公式所规定的要求，或者是实验方法本身不完善所带来的误差. 例如，单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 成立的条件是摆角趋于零，而在利用这一公式测量重力加速度时，摆角趋于零的条件是不可能实现的. 热学实验中没有考虑散热所导致的热量损失，伏安法测电阻时没有考虑电表内阻对实验结果的影响等.

三是个人误差. 这是由于观测者个人感官和运动器官的反应或习惯不同而产生的误差，它因人而异，并与观测者当时的精神状态有关.

系统误差有些是定值的，如仪器的零点不准，有些是积累性的，如用受热膨胀的钢质米尺测量时，读数就小于其真实长度. 系统误差的出现一般都有较明确的原因，但需要

对具体问题进行认真细致的分析，要设法找出其主要原因，然后采取措施消除它的影响或者是对测量结果进行修正.

需要注意的是，系统误差总是使测量结果偏向一边，或者偏大，或者偏小，因此，多次测量求平均值并不能消除系统误差.

高中阶段的学生实验中，教师安排实验时要注意减小系统误差的影响，对于存在有零点值的仪器，要指导学生进行校准或者对结果进行修正. 但是中学阶段的实验是学习性质的实验，不必在提高测量的精确度方面下过多的功夫，一般的实验误差能控制在5%以内就行了，少数实验，例如热学实验、测定万有引力的实验，误差还会更大一些. 同一条件下的实际测量次数也不必过多，学生实验中多数只要求测4~6次.

3. 测量的精密度、准确度和精确度.

这是人们在测量中常常容易混淆的三个名词，虽然它们都是评价测量结果好坏的，但含义有较大的差别.

（1）测量的精密度高，是指偶然误差较小，这时测量数据比较集中，但系统误差的大小并不明确.

（2）测量的准确度高，是指系统误差较小，这时测量数据的平均值偏离真值较少，但数据分散的情况，即偶然误差的大小不明确.

（3）测量精确度（也常简称精度）高，是指偶然误差与系统误差都比较小，这时测量数据比较集中在真值附近.

4. 绝对误差和相对误差.

根据误差的表述不同，可将误差分为绝对误差和相对误差.

绝对误差是测量值与真值之差的绝对值. 绝对误差=测量值-真实值. 它反映了测量值与真值偏离的大小.

$$\text{相对误差}=\frac{\text{绝对误差}}{\text{真值}}\times 100\%$$

在绝对误差相同的条件下，被测量的量越大，相对误差越小. 可见在相同的条件下，为了提高测量的准确程度，应该考虑尽量减小相对误差. 这是在设计实验条件时必须考虑的重要问题. 例如，在用打点计时器测量平均速度时，要选择长一些的位移；用停表测量摆的振动周期时，应当累计测量的几十次振动的时间.

四、有效数字

1. 有效数字的概念.

我们把测量中能够直接读出的数字加上有可能估读出的数字统称为测量结果的有效数字，前者称为可靠数字，后者称为不可靠数字. 这里所说的有可能估读出的数字是指例如刻度尺、温度计、指针式电表等直读式的仪器，可以而且要求估读的最小刻度以下的一位数字. 有效数字的位数与十进制单位的变换无关，即与小数点的位置无关，用以表示小数点位置的0不是有效数字；同样，由于单位变换在由测量所得到的数字后面的0也不是有效数字. 例如，某次测量长度的结果是750 cm，有效数字是3位，在单位变换时也可写成0.0750 m，或75 000 μm，仍然只有3位有效数字. 为了避免混乱，物理实验和数据处理中采用科学计数法，就是任何数值都只写出有效数字，而数量级则用10的幂数表示，例如上述数字可以写成7.50×10^{-2} m或750×10^{4} μm.

2. 尾数的舍入法则——尾数凑成偶数.

现在通用的尾数舍入法则是：尾数小于 5 则舍，大于 5 则入，等于 5 则把尾数凑成偶数. 例如 3.205 取三位有效数字为 3.20，而 3.215 取三位有效数字则为 3.22. 这种法则与老的四舍五入的法则相比，对于大量尾数分布几率相同的数据来说，如果采用四舍五入法则总是入的几率大于舍的几率，新的法则入和舍的几率则是一样的.

五、如何分析处理数据?

1. 记录数据的表格.

用表格记录数据是处理实验数据的基本方法. 在用表格记录数据时，应注意以下问题：

(1) 表格可以横向设计，也可以竖向设计. 当可能有附加数据而准备添加时，竖向设计更方便. 表格应有简明的标题. 当表格较多时应在标题前注明表 1、表 2 等，以使行文中表述方便，并减少搞错数据的机会.

(2) 表头设计应先考虑自变量，再考虑因变量. 表头栏内的内容应包括：物理量名称、代号、单位. 单位一般放在括号内. 当数据用科学计数法表示时，10^n 要与单位一起写在括号内.

(3) 如果表内数据是测量数据与某一已知数据的计算结果，该已知数据应在表格标题与表格之间写出，如表 1.

表 1　悬挂重物后弹簧的伸长

弹簧原长 L_0=27.10 cm

重物质量 m (kg)	弹簧长度 L (cm)	伸长增加 ΔL (cm)
0.49	30.82	3.72
0.98	34.33	7.23
1.47	37.41	10.31

(4) 在相同条件下，同一物理量多次测量的数据处理，可参见表 2，平均值应紧随在取平均值的数据之后.

表 2　竖直弹簧上的质量与振动周期

质量 m (kg)	20 次振动的时间 $20T$ (s)				20 次振动时间的平均值 $20T$ (s)
0.200	16.82	16.62	16.73	16.79	16.74
0.300	20.41	20.66	20.47	20.70	20.56

2. 数据的图线处理.

用图线处理实验数据，不仅可以直观地给出各量之间的关系，推断物理规律的数学表达式，以及表现不同关系之间的变化点，还可以帮助发现和验证一些有疑问的数据. 以下是绘制图线需要注意的一些问题和技巧.

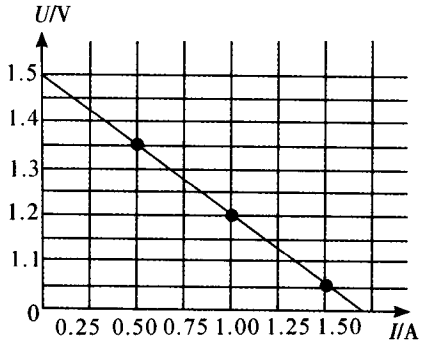
(1) 作图一定要用坐标纸和刻度清晰的透明尺. 因为作图的目的不仅要进行定性的分析，还要进行定量的计算，求出有关结果. 不用坐标纸等专用材料和器材，就难以保证结果的精确度.

(2) 坐标纸的大小和坐标轴的比例选取要合适，以区分不同数据的坐标位置，以便用图线的形状充分展现数据间的关系. 原则上实验数据中的可靠数字在图中也是可靠的.

要使图线比较对称分布在图纸中，不要缩在一边或一角．要画出坐标轴的方向，标明坐标轴所代表的物理量及单位．作为坐标轴标度的选取，应尽可能使坐标纸上所取的最小分度与测量的准确程度相一致，使图线与横轴间的夹角控制在30°～60°之间，图线切忌过于平坦或陡峭．将坐标轴均匀标度，标明数值．坐标轴起点的取值要视需要而定，不一定是零点．例如：在做“测电源的电动势和内电阻”的实验中，改变滑动变阻器的阻值，用电流表和电压表测出了如下一组数据：

实验次数	电流强度（A）	电压（V）
1	0.50	1.35
2	0.75	1.28
3	1.00	1.20
4	1.25	1.12
5	1.50	1.05

根据这组数据作 U—I 图线时，若纵坐标的原点就从电压为零开始的话，则图线很难协调分布，且这样计算出来的电动势 ε 和内阻 r 的误差会较大．为此，可把纵轴的原点设定为电压 U=1.0 V，所作图线如图1所示．根据这一图线可以较准确地得出：电动势 ε=1.50 V，内电阻 r=0.30 Ω．



（3）根据测量数据，用“+”在图中标出各点的坐标，使与数据对应的坐标准确地落在“+”的中心．再根据各点的分布情况，用直尺或曲线尺连成光滑的直线或曲线，使各数据点对于所连成的图线有对称的分布．标点和连线都要细而清晰．

（4）如果利用所做的直线求斜率，注意选点的间距要大一些，以减小计算误差．在图上合适的地方标上图名．要用尖铅笔作图，以便作必要的修改．有关的计算不要写在图纸上，要保持图面的整洁、清晰、美观．

（5）一般说来，画图象时以横坐标代表自变量，纵坐标代表因变量，但如果选用这种坐标轴所作图线为曲线时，则应尽可能考虑“化曲为直”，因为直线比曲线能更直观地反映物理规律．如在研究拉力 F 一定，加速度 a 与小车质量 M 的关系时，若取横坐标表示小车质量 M，纵坐标表示小车的加速度 a，画出的 a—M 关系图象是一条曲线，很难看出 a 和 M 的定量关系，而改用横坐标表示 $1/M$ 来作图，则不难得出图线是一条直线，从而直观地提示出 a 与 $1/M$ 成正比，即 a 与 M 成反比的关系．

六、高中物理实验学生应切实注意的问题

1. 均衡地安排好各类实验内容，突出实验课的重点.

必修模块中的物理实验，是对高中学生最基本的实验要求. 要把与主要物理原理和定律有关的探究性实验，以及包含有基本实验方法的实验，进行基本实验技能训练的实验作为实验教学的重点. 在条件允许的情况下，尽量多开一些实验，以保证基本的技能有一定的重复性，实验方法和仪器的多样性. 在安排实验内容时，要把每个实验的具体目的和要求与总的实验教学的目的和要求一致起来.

2. 加强实验的基本训练.

加强实验基本训练的主要要求是：

(1) 基本测量方法的训练. 在高中物理实验中，基本物理量的测量占有相当的比例，如长度，时间（包括时空定位、周期、频率等），质量，速度，加速度，各种力（如摩擦力、表面张力、库仑力、洛伦兹力等），电阻，电压，电流（强度），折射率，焦距，波长，等等. 围绕这些物理量的测量，应对学生进行一些基本的测量方法的实验训练.

(2) 基本实验仪器使用的训练. 高中物理实验中所用的仪器有许多是基本的测量仪器，学会使用这些仪器，不仅是进一步学习和深造的需要，也是工作和生活的需要. 如刻度尺、秒表、天平、打点计时器、电阻箱、滑动变阻器、电流表、电压表、多用电表、示波器、光具座、分光镜等都是一些基本仪器.

(3) 动手能力和手脑并用能力的训练. 实验中要尽可能让学生自己安装实验装置，调试仪器，独立完成实验. 例如像单摆这样类型的实验，对于训练学生的这种能力就很有好处.

(4) 正确记录实验数据、分析处理实验结果和书写实验报告的训练. 教师在教学中不能忽视这种训练，因为这种能力的培养，也和其他能力的培养一样，要靠长期的积累和努力才能形成.

3. 提高科学探究的质量，关注科学探究学习目标的达成.

通过初中课程的学习，同学们对科学探究的过程有了一定的体验，并具有了初步的科学探究能力. 高中阶段的物理课，应该在这个基础上更加关注学生在科学探究过程中的学习质量，进一步加深对科学探究的理解，提高科学探究的能力.

例如，在匀变速直线运动的教学中，教师可以让学生提出自己的实验方案来验证对自由落体运动快慢的猜想，提高制定科学探究计划的能力；可以用打点计时器研究自由落体运动，在获得知识的同时提高对实验数据的处理能力；在指导学生收集信息和分析、处理信息时，教师不要预先设定表格，让学生“照方抓药”. 在收集信息时，要注意培养学生客观的思维品质，不要只把注意力集中在与探究假设相符的物理事实上，同样需要观察和收集那些与预期结果相矛盾的信息. 在通过一定的科学探究之后，应该让学生学会依照物理事实运用逻辑判断来确立物理量之间的因果关系，树立把物理事实作为证据的观念，形成根据证据、逻辑和现有知识进行科学解释的思维方法.

在教学中应重视学生对科学解释的评估. 为此，可以让学生提出并比较不同的解释，看看所收集的证据究竟更支持哪种解释. 学生之间的公开讨论、评议是提高评估能力的有效方法. 关于科学探究的交流和表达，教学中应该让学生从以下两个方面关注自己表达能力的提高：一是交流内容的组织，包括课题的提出、探究计划框架、信息收集过程和数据整理、基本论点和对论点的解释、存在的问题和新发现等，应学会根据课题特点有所

需要全本请访问 www.ertongbook.com