

普通高中教科书

WULI

# 物理

## 实验与活动部分

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  
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 臻 严 明  
编写人员：（以姓氏笔画为序）

马世红 王肇铭 朱 臻 严 明 李希凡 李沐东  
杨鸣华 杨 炯 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 金波艳 施 成  
封面设计：房惠平

普通高中教科书 物理实验与活动部分 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 上海中华印刷有限公司  
版 次 2021 年 8 月第 1 版  
印 次 2025 年 8 月第 7 次  
开 本 890 毫米×1240 毫米 1/16  
印 张 6.75  
字 数 138 千字  
书 号 ISBN 978 - 7 - 5478 - 4994 - 1/G · 991  
定 价 6.75 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

物理实验的目的、作用与要求 .....	1
测量与数据处理 .....	4

## 必修 第一册

<b>第一章 运动的描述</b> .....	8
1 自主活动 用分体式位移传感器测量位移 .....	8
2 学生实验 测量做直线运动物体的瞬时速度 .....	11
3 自主活动 测量小车的加速度 .....	15
<b>第二章 匀变速直线运动</b> .....	17
1 自主活动 研究篮球的自由下落 .....	17
2 学期活动 了解伽利略的科学贡献 .....	19
<b>第三章 相互作用与力的平衡</b> .....	22
1 自主活动 观察桌面的微小形变 .....	22
2 学生实验 探究弹簧弹力与形变量的关系 .....	24
3 自主活动 测量静摩擦力的大小 .....	27
4 学生实验 探究两个互成角度的力的合成规律 .....	29
5 自主活动 钩码对笔尖拉力的作用效果 .....	32
6 自主活动 验证三个共点力平衡的条件 .....	33
<b>第四章 牛顿运动定律</b> .....	34
1 自主活动 观察滑块在气垫导轨上的运动 .....	34

2	学生实验	探究加速度与物体受力、物体质量的关系 .....	36
3	学期活动	设计并制作一个能动态显示加速度大小的加速度计 .....	41
4	学期活动	研究发生超重和失重现象的条件 .....	43

## 必修 第二册

第五章	曲线运动	45
1	自主活动 观察墨水的径迹	45
2	自主活动 改变乒乓球的运动方向	46
3	学生实验 探究平抛运动的特点	47
4	自主活动 探究向心力的作用效果	51
5	学生实验 探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系	52
6	学期活动 研究自行车中的圆周运动	58
第七章	机械能守恒定律	60
1	自主活动 探究重力势能的影响因素	60
2	学生实验 验证机械能守恒定律	61
3	学期活动 解释交通法规中汽车刹车距离与车速之间的关系	65
第八章	牛顿力学的局限性与相对论初步	67
	学期活动 了解相对论的发展历史和爱因斯坦的科学思想	67

## 必修 第三册

第九章	静电场	69
1	自主活动 检测物体是否带电	69
2	自主活动 模拟静电场的电场线	71
3	自主活动 带电粒子在电场中的偏转	72
4	学生实验 观察电容器的充、放电现象	74
5	自主活动 体验静电复印	78

6	学期活动	自动体外除颤器 .....	79
<b>第十章</b>	<b>电路及其应用</b> .....		82
1	自主活动	温度对导体电阻的影响 .....	82
2	学生实验	长度测量及其测量工具的选用 .....	84
3	学生实验	测量金属丝的电阻率 .....	86
4	学生实验	用多用电表测量电学中的物理量 .....	88
5	自主活动	研究水果电池的外电压变化 .....	90
6	学生实验	测量电源的电动势和内阻 .....	91
<b>第十一章</b>	<b>电磁场与电磁波初步</b> .....		94
1	自主活动	研究通电螺线管内部的磁感应强度 .....	94
2	自主活动	产生感应电流的条件 .....	96
<b>第十二章</b>	<b>能源与可持续发展</b> .....		97
1	自主活动	多米诺骨牌 .....	97
2	学期活动	关于能源的研究 .....	98



## 二 物理实验的目的、作用与要求

### 一、物理实验的目的

实验作为中学物理课堂教学活动中的一个实践环节,有以下三方面的目的。

1. 学会对实验现象的观察分析和对物理量的测量方法,初步掌握物理实验的基本知识、基本方法和基本技能,能运用物理学原理、物理实验方法初步探究物理现象和规律,加深对物理学基本规律的理解。

2. 培养科学态度和科学精神,包括:理论联系实际的科学态度;实事求是的思想品质;严肃认真的学习态度;不怕困难,主动进取的探索精神;遵守操作规程,爱护财物的优良习惯;以及在实验过程中同学之间相互协作,共同探究的协同意识。

3. 获得开展实验研究的初步能力。包括:自学能力——能够自行阅读本书或参考资料,正确理解实验内容,在实验前做好准备;动手实践能力——能够借助本书和实验仪器设备说明书,正确调整和使用常用的实验器材;思维判断能力——能够运用物理学理论,对实验现象进行初步的分析和判断;书写表达能力——能够正确记录实验过程中的主要现象、收集和处理实验数据、绘制图表,说明实验结果,撰写合格的实验报告;简单的设计能力(开展探究活动的前提)——能够根据实验课题内容(或学期活动)的要求,确定实验方案和条件,合理选择实验器材,拟定具体的实验步骤。

### 二、物理实验的作用

在科学发展的历程中,实验及科学的实验方法发挥了不可替代的作用。意大利物理学家伽利略,首先把科学的实验方法引入到物理学研究中来,从而使物理学走上了真正的科学道路。例如,在他所设计的斜面实验中,就蕴藏着极为丰富的科学思想。首先,他在斜面实验中有意识地忽略了空气阻力的影响,以便抓住问题的本质,撇开一些次要的因素,这正是科学实验不同于自然观察之处。其次,他还变更实验条件(如改变斜面的倾角),观测实验结果的变化,这是科学实验区别于自然观察的又一特点。他选择斜面做实验,是为了延长物体的下滑时间,以适应当时的测量条件。这种实验构思极为巧妙,使原来在自由落体运动中难以测量的量(时间)变得容易测量。另外,他在实验的基础上,充分运用推理概括的方法,得到了超越实验本身的、更为普遍的规律,即在光滑的水平平面上,物体的运动是匀速直线运



动,因为这里并不存在引起运动变化的原因;他根据实验结果,通过推理分析,得出“各种物体在竖直方向自由下落均做匀加速直线运动,且它们的加速度相同”的结论。这种卓越的实验思想和实验方法即使对当前的物理实验仍有着重要的启示。

在学习物理的过程中,实验和探究活动始终穿插其间。通过观察现象、提出问题、制定方案、实践操作、交流总结等一系列的实验环节,逐步加深对物理规律的认识,掌握物理学的分析方法,形成物理学的思考方式。

物理实验大致包括以下几个环节:① 确定课题(提出问题);② 确定方案;③ 选择与准备仪器;④ 拟定实验步骤;⑤ 动手实践——严格操作,仔细观察,积极思考,分析判断;⑥ 综合分析,思考,总结;⑦ 撰写实验报告(论文)。

教科书中的实验分为课堂实验(包括演示实验、自主活动中的实验)和课标规定的学生实验。课堂实验的作用是通过现象观察、实验测量、了解概念与规律的形成(或发生)过程引入所学知识、了解测量方法、感受物理规律;学生实验的作用是通过实验掌握测量方法,验证、探究物理规律。

### 三、学生实验的基本要求

为了通过实验使观察思考、分析判断、动手实践、交流表达等能力得到训练和提高,在实验过程中应关注如下要点:

1. 实验前,首先要了解实验原理,熟悉所使用的仪器、设备、量具等实验器材的性能以及正确的操作规程,切忌盲目操作;其次,要全面地思考实验操作步骤,以便合理地实施实验操作,不要急于动手,因为任何失误都可能使整个实验前功尽弃。

2. 实验中,要注意对现象的观察,尤其是对所谓的“反常”现象要仔细观察分析。不要单纯地追求“方便快捷”,要养成对观察到的现象和测得的数据随时进行判断的习惯,以便及时判断正在进行的实验过程是否正常、合理。在观察、测量时,必须做到规范操作、正确读数,实事求是地记录实验现象和数据。要学会及时排除实验过程中出现的故障。

3. 实验后,将测得的数据、所得的结论与老师、同学交流,对不合理的或错误的实验结果,经过分析后还要补做或重做。实验完成后要整理实验仪器、设备,最后撰写实验报告。

实验报告是实验结果的书面呈现,也是完成实验后所作的简明总结。撰写实验报告也是培养交流、表达能力的重要环节。实验报告中应该有清晰的思路表达、齐全的实验数据、图表,而且要有科学的结论。实验报告需写在本书中相应的位置,书写应注意字迹整洁。报告的内容一般应该包括:实验名称,实验目的,实验原理,实验器材、实验方法与步骤,实验数据记录,实验数据处理、结果分析与实验结论,以及讨论与思考等部分。本着循序渐进的原则,本书中的实验报告开始时仅需填写“实验数据记录”和“讨论与思考”部分,随着课程的推进,实验报告中需自行填写的部分将逐步增加。经过高中三年的学习,应学会自行撰写一份完整的实验报告。

实验报告中各部分写法的具体要求如下:

- (1) “实验名称”和“实验目的”一般应与教科书中的一致；
- (2) “实验原理”应该在对原理理解的基础上用自己的语言进行表述,要简明扼要,图(原理图、电路图、光路图)文并茂,并列出测量和计算所依据的公式；
- (3) “实验器材”是对实验所用的主要仪器、设备的简要说明；
- (4) “实验方法与步骤”要说明关键的调整方法和测量技巧；
- (5) “实验数据记录”一般要求以列表的形式来反映完整而清晰的原始测量数据；
- (6) “实验数据处理”要求写出数据处理的主要方法或过程,用数值、图线等形式予以反映；
- (7) “结果分析与实验结论”需要对数据处理所得结果做出分析,用简洁的语言给出实验的主要结论；
- (8) “讨论与思考”的要求是,除对书中所列问题做出回答外,还可以对观察到的实验现象、结论和误差原因进行分析,也可以对实验方案做出讨论和评述并提出改进意见。

## 二 测量与数据处理

### 一、测量与误差

在探索物质世界时,科学家们设法寻求物理量之间的关系。做物理实验必须要进行各种物理量的测量。测量分为两种:由仪器直接读出测量结果的叫直接测量;由直接测量结果经过公式计算才能得出结果的叫间接测量。每一个待测物理量在一定条件下所具有的客观实在值,称为该物理量的真值。当我们进行测量时,由于理论的近似性、实验仪器分辨率或灵敏度的局限性、环境条件的不稳定性等因素的影响,测量结果总不可能绝对准确。我们的测量值同待测物理量的真值之间总会存在某种差异,这种差异就称为测量误差。

由测量所得的一切数据,都毫无例外地包含有一定的测量误差。没有误差的测量结果是不存在的。随着科学技术水平的不断提高,测量误差可以被控制得越来越小,但是却永远不会降低到零。

产生测量误差的原因是来自测量仪器的有限精度和无法精确读取超出仪器分度值的数值。例如,如果我们使用分度值为 0.1 cm 的刻度尺测量物体的宽度,其结果可以精确到刻度尺的分度值,即 1 mm 左右。虽然这个值的一半也可以是有用的,但是我们很难在两刻度线之间进行估值,从而得到精确的数值。此外,刻度尺本身也可能存在刻度不够准确等缺陷。

为使测量结果尽可能接近真值,通常采取多次测量的方法,即在保持实验条件不变的情况下,重复测量某一个物理量的数值,然后取所有测量值的算术平均值,并认为该算术平均值是比任何一个实际测量值都接近真值的测量结果。从原则上说,测量值越多,所得到的平均值就越逼近真值。

### 二、有效数字

任何一个物理量的测量结果既然都包含误差,那么该物理量的数值位数就不应该无限地延续下去。通常测量结果只写到开始有误差的那一位数,即把测量结果中可靠的几位数字加上有误差的末位数字称为测量结果的有效数字。或者说,有效数字中最后一位数字是不确定的。可见有效数字是表示误差的一种粗略方法。

有效数字的位数与小数点的位置无关,如 1.23 与 123 都是三位有效数字。关于“0”是不是有效数字,可以这样来判别:从左往右数,以第一个不为零的数字为标准,它左边的“0”不是有效数

字,它右边的“0”是有效数字。例如,0.012 3 是三位有效数字,0.012 30 是四位有效数字。也就是说,当“0”只是用来表示小数点的位置时,它便不是有效数字,反之它便是有效数字。作为有效数字的“0”,不可以省略不写。例如,不能将 1.350 0 cm 写作 1.35 cm。因为它们准确程度是不同的。有效数字位数的多少,大致反映误差的大小。有效数字位数越多,则误差越小,测量结果的准确度越高。

有效数字的运算需遵循一定的规则。例如,2.2+0.214 3,可以认为第一个数的误差在 0.1 这位上,它远大于第二个数的误差,结果就不应该写成 2.414 3,而应写成 2.4。

对于加减类型的运算,运算结果的末位应与具有最大误差位的数值的末位取齐。例如,432.3+0.126 3- 2≈430。对于乘除类型的运算,运算结果的有效数字位数应与有效数字位数最少的对象(数值)相同。例如, $\frac{48 \times 3.234\ 5}{1.73^2} \approx 52$ 。

### 三、数据处理的基本方法

开展科学实验的目的是找出事物的内在规律性、检验某种理论的正确性,或者作为以后实践工作的一个依据。因而对实验测量收集的大量数据资料必须进行正确的处理,数据处理是指对实验所得数据的加工过程,这里介绍两种常用的数据处理方法。

#### 1. 列表法

在记录和处理数据时,将原始数据列成表格形式,既有条不紊,又简明扼要。它有助于表示出相关物理量之间的关系,便于随时对比、检查测量与运算结果是否合理,以减少或避免错误出现。同时,便于发现问题,有助于找出有关物理量之间规律性的联系,找出经验公式等。对于初学者而言,要设计出项目清楚、行列分明的表格来,虽不是很难,但需要不断地训练,逐渐形成良好的习惯。

数据在列表处理时,应该遵循下列原则:

(1) 列入表格中的数据主要应是原始测量数据,在需要时也可以是基于原始数据获得的中间结果;将处理过程中的一些中间结果列入表中,可以从对比中发现是否有误,利于计算和分析。

(2) 最好采用竖式表格记录实验数据,即按列记录不同待测量在不同次测量时的测量结果。其优点是容易看出在重复测量某一物理量时,发生变化的数位。

(3) 各项目(纵或横)均应标明符号所代表的物理意义,并写明单位。单位或测量值的数量级要写在标题栏内,不要重复记在每个测量值的后面。

(4) 表中数据要正确反映测量结果的有效数字。

(5) 对于两个待测量间存在一定函数关系的数据表,则应按照自变量由小到大或由大到小的顺序排列。

(6) 为了清楚地说明表格的意义,还应为表格加上名称及编号。

例如,在用伏安法测电池电动势和内阻的实验中,一位同学记录了 6 组数据(表 1)。

表 1 电流  $I$  与电压  $U$  关系

实验序号	$I/A$	$U/V$
1	0.12	1.37
2	0.20	1.32
3	0.31	1.25
4	0.32	1.19
5	0.44	1.13
6	0.57	1.05

## 2. 作图法

在物理实验中,为了清晰、形象地看到物理量之间的对应关系,或方便地比较不同的物理特性,常用作图法来直观地显示,有时作直线拟合,有时还要作曲线拟合。

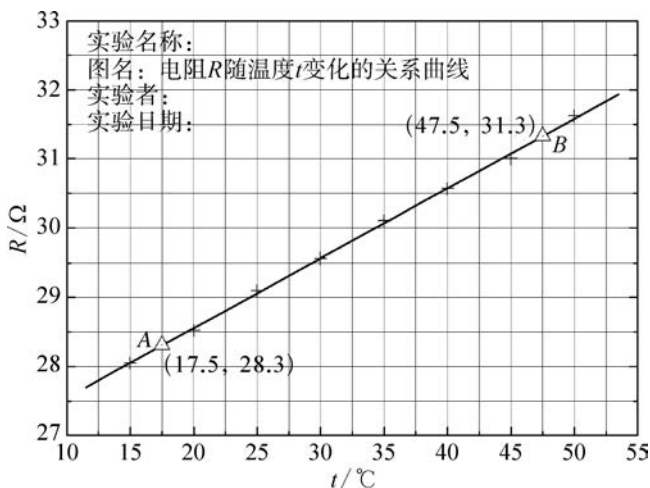


图 1

作图法是研究物理量之间变化规律的重要手段,也是物理实验课堂教学训练环节的基本内容之一。下面以图 1 为例介绍实验作图应遵守的规则。

(1) 作图用纸一般应采用标准坐标纸。取横坐标代表自变量,取纵坐标代表因变量。根据自变量(及因变量)的最低值与最高值,选取合适的作图标度比例,使图线能够大致占据整张坐标纸。坐标轴起点的取值视需要而定,其标度值不一定从零开始。每一坐标轴要标明物理量的名称及单位。

(2) 坐标轴标度值的大小应能反映物理量的有效数字。相邻标度线间的量值变化应以不用计算便能确定各点的坐标为原则,通常只用 1、2、5 及其十进倍率进行分度,一般不用 3、7 等进行分度。

(3) 用“+”或“ $\odot$ ”等符号来表示测量的数据点,使与数据对应的坐标点准确地落在符号的中心。在同一坐标系内作多条曲线时,不同的数据组应使用不同的符号来表示数据点,并在图中适当位置说明不同符号的意义。

(4) 根据数据点的分布情况,用直尺或曲线板连成光滑的直线或曲线,并使数据点匀称分布在拟合图线的两侧。数据点符号和图线务必粗细合适且清晰分明。

(5) 在作图纸上合适的地方写上实验名称、图名、实验者姓名、日期。一般应使用铅笔作图,便于在必要时进行修改。

利用已经作好的图线,可以求得待测量或得出经验方程(公式)。如当图线为直线时,可以在图线上求出斜率和截距,进而得出相应的线性方程。在利用所作出的直线求斜率时,所取点的位置应靠近直线的两端(即选点的间距尽量大些),以减小计算误差,为计算方便起见,可选取横坐标为整数。取点的符号应有别于测量数据点的符号,如可以用“ $\triangle$ ”,并在其旁标出其坐标值。

以上规则是针对手工作图的,也可以借助计算机用制图软件作图,此时有些规则(如数据点在符号的中心,线条匀、细、光滑,书写端正等)是自动满足的。虽然计算机可以任意取比例,使曲线(或直线)占满图纸,但相邻标度线间的量值变化仍应取 1、2、5 及其十进倍率等为佳,因为只有这样,才方便使用者读图。

通过作图得到两个物理量间关系的图线后,可做进一步处理。

若在直角坐标纸上得到的图线为直线,并设直线的方程为  $y = kx + b$ ,可用如下步骤求



直线的斜率、截距和线性关系式。

① 在直线上选两点  $A(x_1, y_1)$  和  $B(x_2, y_2)$ 。为了减小误差,  $A$ 、 $B$  两点应相隔远一些, 但仍要在实验范围之内, 并且  $A$ 、 $B$  两点一般不选实验点。用与表示实验点不同的符号将  $A$ 、 $B$  两点在直线上标出, 并在旁边标明其坐标值。

② 将  $A$ 、 $B$  两点的坐标值分别代入直线方程  $y = kx + b$ , 可解得斜率

$$k = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

③ 如果横坐标的起点为零, 则直线的截距可从图中直接读出; 如果横坐标的起点不为零, 则可用下式计算直线的截距:

$$b = \frac{x_2 y_1 - x_1 y_2}{x_2 - x_1}$$

④ 将求得的  $k$ 、 $b$  的数值代入方程  $y = kx + b$  中, 就得到线性关系式。

在实际测量中, 许多物理量之间的关系并不都是线性的, 通常不能根据曲线的形状直接判断物理量之间的函数关系, 但可以通过适当的方法把曲线变换成直线。把曲线转化为直线不仅仅是为了容易描绘, 更重要的是可以利用直线的斜率和截距得到所需要的实验结果。

例如, 玻意耳定律  $pV = C$ , 式中  $C$  为常量, 可变换成  $p = \frac{C}{V}$ ,  $p$  是  $\frac{1}{V}$  的线性函数, 斜率为  $C$ ; 匀变速直线运动的位移  $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ , 式中  $v_0$ ,  $a$  为常量, 可变换成  $\frac{x}{t} = \frac{a}{2} \cdot t + v_0$ ,  $\frac{x}{t}$  为  $t$  的线性函数, 斜率为  $\frac{a}{2}$ , 截距为  $v_0$ 。

常见函数关系的处理方法如下:

$y^2 = 2px$ , 式中  $p$  为常量, 可变换成  $y = \pm \sqrt{2p} x^{\frac{1}{2}}$ ,  $y$  为  $x^{\frac{1}{2}}$  的线性函数, 斜率为  $\pm \sqrt{2p}$ 。

$y = ab^x$ , 式中  $a$ ,  $b$  为常量, 可变换成  $\lg y = (\lg b)x + \lg a$ ,  $\lg y$  为  $x$  的线性函数, 斜率为  $\lg b$ , 截距为  $\lg a$ 。

$y = ax^b$ , 式中  $a$ ,  $b$  为常量, 可变换成  $\lg y = b \lg x + \lg a$ ,  $\lg y$  为  $\lg x$  的线性函数, 斜率为  $b$ , 截距为  $\lg a$ 。

$y = \frac{x}{a + bx}$ , 式中  $a$ ,  $b$  为常量, 可变换成  $\frac{1}{y} = a \cdot \frac{1}{x} + b$ ,  $\frac{1}{y}$  为  $\frac{1}{x}$  的线性函数, 斜率为  $a$ , 截距为  $b$ 。

## 第一章 运动的描述



### 自主活动 用分体式位移传感器测量位移



#### 活动指导

活动目的：

- (1) 学习使用位移传感器，知道显示实验数据的方式。
- (2) 利用分体式位移传感器测量位移。

在实验前应先阅读必修第一册教材第9页的“拓展视野”栏目，了解分体式位移传感器的基本工作原理。

分体式位移传感器由“发射器”和“接收器”两部分构成，如图1-1所示，必须成对使用。发射器内部有超声波发射器和红外线发射器；接收器内有超声波接收器和接收红外线的光敏器件，以及计算时间的单片机。传感器所测量的距离是发射器端面到接收器端面之间的距离 $x$ 。

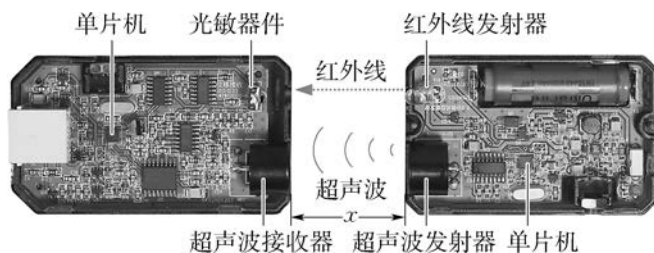


图 1-1

开始实验前，先将接收器的引出线接入数据采集器，并将数据采集器与装有软件的计算机连接。

实验时的具体操作如下：

- (1) 开启发射器电源。
- (2) 打开软件，计算机自动识别传感器。
- (3) 开始采集数据。一手持接收器保持静止，另一手持发射器由近及远缓慢移动。在移

动过程中,应注意使发射器的发射孔与接收器的接收孔始终对齐,完成一次测量。

在数据采集的过程中,软件会自动记录发射器与接收器端面之间在不同时刻  $t$  的距离,并根据需要以不同的方式显示数据。可以是数字显示、图线显示、数据表显示或由数据表绘出  $x-t$  图像,如图 1-2 所示。

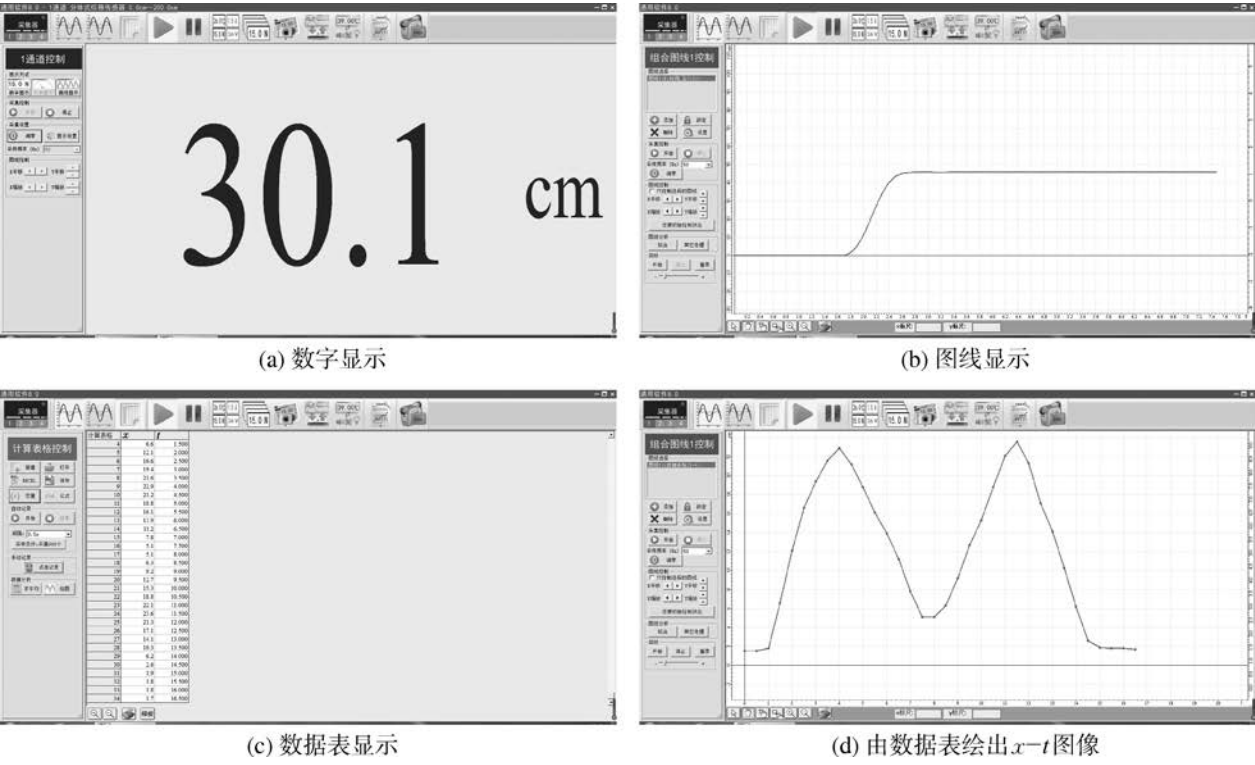


图 1-2

**思考**

如何根据  $x-t$  图像判断发射器是否在做匀速直线运动?

**\*阅读材料**

**传感器与 DIS 实验**

在高中物理实验中,经常会利用传感器来测量某些物理量。传感器是指一类利用一定的物理规律,依据特定的标准,通过敏感元件把待测物理量转换为与之相应电信号的测量器



件。不同类别的传感器可以将距离、速度、力、温度、磁感应强度等物理量及其变化转换成电流、电压及其变化,用相应电信号的变化反映对各种物理量的感知。通过对电信号的放大、转换、传输、编码、读取,就可以被计算机处理或显示。由数据采集、处理和显示三个部分所构成的实验测量系统称为数字化信息系统(Digital Information System,DIS)。DIS实验是指运用数字化信息技术手段的实验。

高中物理中常用的传感器有:力、位移、温度、光、压强、电压、电流、磁感应强度等传感器。不同传感器的测量范围(量程)和分辨率(分辨能力)各不相同,因此,在使用时需要选择合适的传感器或测量范围。高中物理实验常用各类传感器的指标如表1-1所示。

表 1-1

名 称	测 量 范 围	分 辨 率	对应传统仪器
力传感器	-20~20 N	0.1 N	测力计
压强传感器	0~300 kPa	0.1 kPa	压强计
磁感应强度传感器	-15~15 mT	0.1 mT	无
温度传感器	-20~130℃	0.1℃	温度计
光电门传感器	/	0.01 ms	数字毫秒计或停表
位移传感器	0~200 cm	1 mm	打点计时器
声传感器	20 Hz~20 kHz	/	无
电压传感器	-20~20 V	10 mV	电压表
电流传感器	-2~2 A	10 mA	电流表
微电流传感器	-1~1 $\mu$ A	/	灵敏电流计

分体式位移传感器使用注意事项:

- (1) 传感器的测量范围: 0~200 cm。
- (2) 测量过程中,发射孔与接收孔必须正对,两者之间不得有物体遮挡。
- (3) 发射器与接收器之间避免气流扰动(空调、电风扇、气垫导轨等)。
- (4) 分组实验时,相邻的位移传感器同时工作,可能会产生超声波干扰。因此,要采取拉开各组的距离、调整器材方向或对传感器进行隔离等措施消除干扰。
- (5) 物体快速运动时,可能使测量误差增大。
- (6) 实验完毕,关闭发射器的电源。传感器长期不用时,取出发射器内的电池。

## 2 学生实验 测量做直线运动物体的瞬时速度



### 实验指导

#### 1. 实验说明

光电门传感器是高中物理实验中常用的一种传感器,可以测量物体通过光电门的时间,并进而得到物体运动的速度、加速度大小。

如图 1-3(a)所示,光电门传感器为门式结构。传感器两臂上有 A、B 两孔,A 孔内的发光管发射红外线,B 孔内的光电管接收红外线。

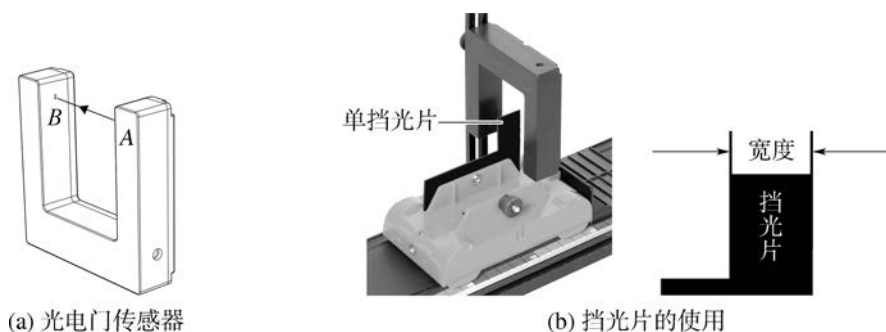


图 1-3

为了测量物体的运动速度,可在物体上安装挡光片,如图 1-3(b)所示,测量从开始挡光到挡光结束的时间差,根据已知的挡光片宽度(物体在挡光时间内通过的位移大小  $\Delta x$ )和挡光片通过光电门的时间  $\Delta t$ ,即可得出挡光片通过光电门的平均速度  $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ,挡光片足够小时,所测得的平均速度就近似等于挡光片前缘恰好使光电门传感器开始计时时的瞬时速度。

#### 2. 实验操作

##### ► 组装实验装置

将光电门传感器固定在有一定倾角的轨道上,传感器连接数据采集器,数据采集器与装有软件的计算机连接,在小车上固定挡光片,使挡光片的前缘率先进入光电门。调节光电门的高低位置,使小车通过光电门传感器时,挡光片能顺利挡光,同时不会碰到光电门传感器。实验时,组装成如图 1-4 所示的实验装置。



图 1-4

## ► 进行实验与数据采集

(1) 将宽度为 6 cm 的挡光片固定到小车上,让小车从轨道顶端由静止自由下滑,无阻挡地通过光电门。

(2) 运行软件,将装有宽度为 6 cm 挡光片的小车从轨道顶端由静止自由释放,软件记录挡光的时间  $\Delta t$ ;根据挡光片的宽度 0.06 m 计算出小车通过光电门时的平均速度;让小车从轨道的不同位置自由下滑,多次实验,观察实验获得的平均速度大小。

(3) 逐次将宽度为 4 cm、2 cm、1 cm 的挡光片固定到小车上,更换挡光片时,保持挡光片前沿的位置不变。让小车从轨道某一确定位置由静止自由下滑,软件记录挡光的时间,根据挡光片的宽度 0.04 m、0.02 m、0.01 m 分别计算出小车通过光电门时的平均速度,如图 1-5 所示。



图 1-5

以下介绍另一种软件采集和处理数据的方法。

(1) 运行软件,让小车从轨道某一确定位置由静止开始下滑。挡光片通过光电门时,计算机自动记录挡光时间  $\Delta t$ ,根据挡光片的宽度,得到并显示平均速度  $\bar{v}$  的大小。

(2) 调换较小宽度的挡光片,重复步骤(1)。获得如图 1-6 所示数据。

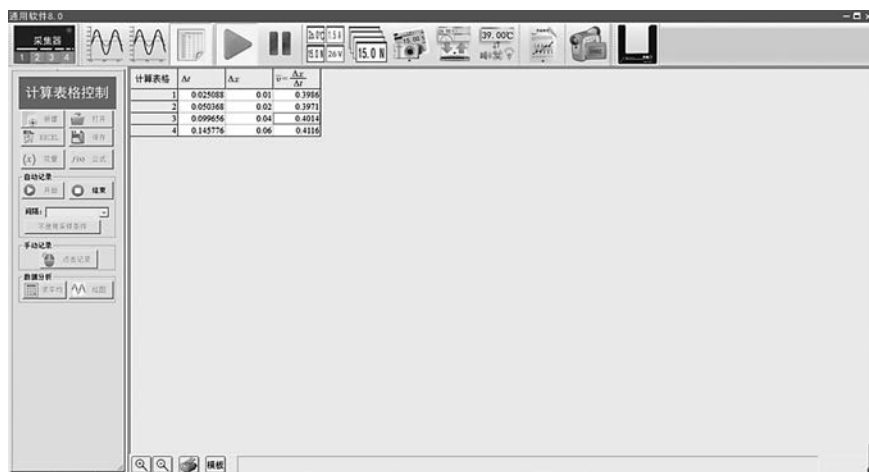


图 1-6



## \*阅读材料

### 光电门传感器

光电门传感器是根据光电效应,利用光电转换元件将光信号转换成电信号的器件。当A、B孔间无挡光物体时,传感器逻辑状态为1;A、B孔间有挡光物体时,传感器逻辑状态为0。这样就把有无挡光物体转换成不同的数字输出信号。

计算机软件内设置计时器,当传感器的逻辑状态为0,即物体开始挡光时,计时器开始计时;当传感器的逻辑状态变为1,即物体结束挡光时,计时器停止计时。这样就可测量出物体通过光电门的时间。

### 实验报告

#### 实验名称

测量做直线运动物体的瞬时速度

#### 实验目的

- (1) 学习使用光电门传感器。
- (2) 测量沿斜面下滑物体的瞬时速度。
- (3) 体会无限逼近的思想。

#### 实验原理

瞬时速度表示运动物体通过某位置或某时刻的运动快慢,在测量瞬时速度时,可以用极短时间(或极短位移)内的平均速度来近似表示。

将光电门传感器固定在需要测量速度的位置,用光电门传感器测量已知宽度的挡光片通过光电门的挡光时间 $\Delta t$ ,由 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 获得小车通过光电门传感器时的平均速度。挡光片宽度足够小时,所测得的平均速度就近似等于挡光片前缘恰好使光电门传感器开始计时时的瞬时速度。

#### 实验器材

力学轨道及附件、光电门传感器、数据采集器、计算机、小车、挡光片。

#### 实验方法与步骤

在每次实验中使小车都从轨道的同一位置由静止释放,保证小车经过光电门传感器位置时速度相同。实验中,选择不同宽度的挡光片,从宽变窄逐次实验,测得相应的实验数据。

本实验的主要步骤如下:

(1) 将光电门传感器固定在力学轨道上的适当位置,并与数据采集器及计算机建立连接,组装成如图 1-4 所示实验装置。

(2) 在小车上固定宽度为 0.06 m 的挡光片,将小车从轨道的高处由静止释放,小车顺利通过光电门传感器实现挡光。记录挡光时间。

(3) 依次更换宽度为 0.04 m、0.02 m、0.01 m 的挡光片,每次从轨道同一位置由静止释放小车,记录挡光时间。

#### 实验数据记录

表 1-2

实验序号	挡光时间内的位移 $\Delta x/\text{m}$	挡光时间 $\Delta t/\text{s}$	平均速度 $\bar{v}/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
1			
2			
3			
4			

#### 结果分析与实验结论

通过计算平均速度的大小可得:随着挡光片宽度的减小,小车的平均速度将\_\_\_\_\_。挡光片宽度越小,测量得到的平均速度越接近挡光片通过光电门时小车的瞬时速度。

挡光片开始挡光时,小车的瞬时速度  $v = \underline{\hspace{2cm}} \text{m/s}$ 。

#### 讨论与思考

(1) 实验中为何需要减小挡光片的宽度?

(2) 不同组获得的瞬时速度并不相同,与同学一起讨论引起瞬时速度不同的可能原因。

(3) 假如用分体式位移传感器代替光电门传感器做“测量做直线运动物体的瞬时速度”实验,你的实验方案如何设计? 根据方案进行实验。

### 3 自主活动 测量小车的加速度



#### 活动指导

活动目的：

- (1) 学习用位移传感器测量速度、加速度的方法。
- (2) 通过实验理解直线运动的  $v-t$  图像。

在实验前应先阅读必修第一册教材第 19 页的“拓展视野”栏目和教材正文“如何确定运动物体加速度的大小”，了解如何通过  $v-t$  图像得到待测物体运动的加速度。

实验装置如图 1-7 所示。实验时的具体操作如下：

(1) 将分体式位移传感器的接收器固定在有较小倾角的轨道上端，接收器的引出线接入与计算机相连的数据采集器。

(2) 将装有发射器的小车置于接收器的附近，对准发射孔与接收孔，并注意使两者间的连线与轨道平行。

(3) 运行软件，计算机自动识别传感器。稍等片刻后释放小车，软件界面将显示小车运动的  $v-t$  图像(图 1-8)。当小车接近终点时使其停止，并停止记录。

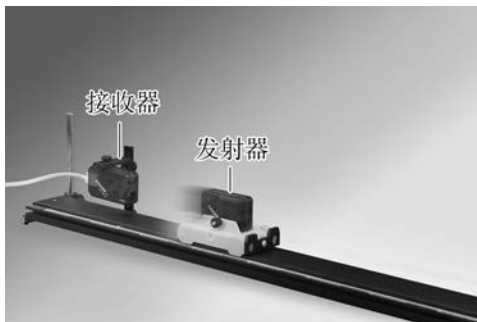


图 1-7

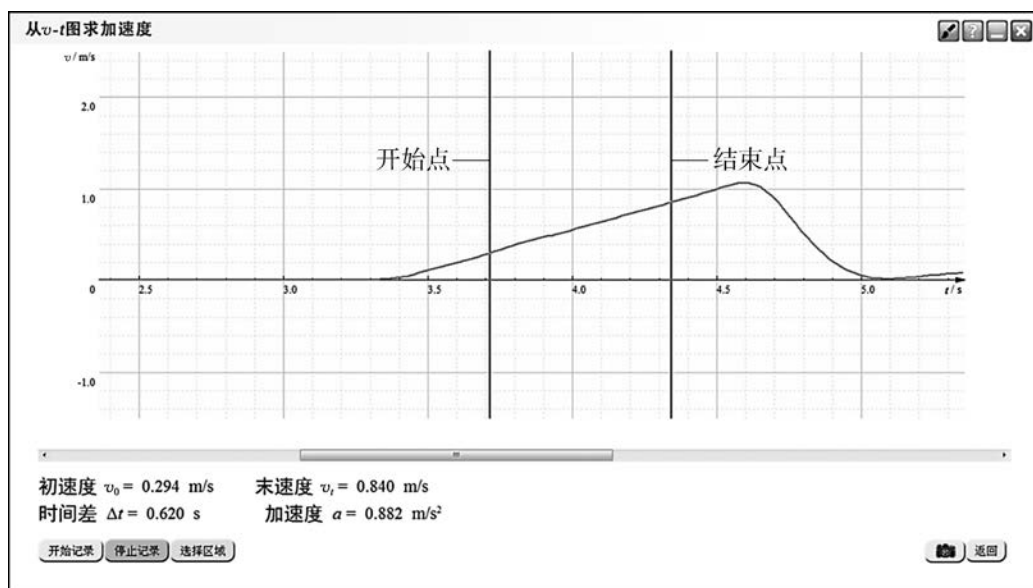


图 1-8

(4) 拖动滚动条,使需要的图线线段出现在窗口中,选择需要分析的一段  $v-t$  图像。选中开始点位置,数据处理区显示对应的初速度  $v_0$  大小,如图 1-8 所示。选中结束点位置,数据处理区将显示对应的末速度  $v_t$  大小和初、末速度的时间差  $\Delta t$ ,以及所选区域的加速度  $a$  大小,如图 1-8 所示,加速度大小  $a = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}^2$ 。

在  $v-t$  图像中改变开始点和结束点位置,观察界面显示的加速度大小,并记录加速度大小  $a = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}^2$ 。可见,选择不同的始末速度,得到的加速度值基本相同。

增大轨道倾角重复测量,得到小车沿不同倾角斜面下滑的加速度值。



### 思考

(1) 思考小车沿斜面下滑的加速度大小随斜面倾角如何变化。

(2) 实验所得的  $v-t$  图像与必修第一册教材第 19 页图 1-29 所示的  $v-t$  图像不同,说明小车沿斜面下滑的运动与汽车加速测试时的运动不同,这两种加速运动的区别在哪里?



## 第二章 匀变速直线运动



### 自主活动 研究篮球的自由下落



#### 活动指导

活动目的：

- (1) 通过实验研究自由下落物体的速度随时间变化的规律。
- (2) 测量自由下落物体的加速度。

方案一：

利用反射式位移传感器获得篮球自由下落的  $v-t$  图像，并测量篮球的加速度，实验装置如图 2-1(a) 所示。

反射式位移传感器如图 2-1(b) 所示，传感器所发射的超声信号经待测物体反射后被传感器接收，传感器内的电子计时器记录发射和接收超声信号的时间差，由此可以获得待测物体的位置。该传感器的测量范围为  $15\sim 600\text{ cm}$ ，被测物体反射面的面积应不小于  $4\text{ cm}^2$ 。

实验时的具体操作如下：

- (1) 实验前，将传感器固定在铁架台上方，并调节超声波发射端的方向，使其竖直向下正对篮球顶端。
- (2) 正确连接传感器、数据采集器和计算机，运行软件。
- (3) 将篮球置于传感器下方附近，由静止释放篮球，完成一次测量。
- (4) 在软件界面选择显示  $v-t$  图像，得到  $v-t$  图像，点击软件相关选项得到篮球下落的加速度。



图 2-1



#### 思考

- (1) 不同物体由静止起下落的规律和加速度是否相同？给出你的解释。



(2) 由反射式位移传感器在某时刻获得的数据是被测物体在哪个时刻与传感器端面之间的距离?

方案二:

利用分体式位移传感器进行测量。实验时的具体操作如下:

(1) 如图 2-2 所示,将接收器的接收端向下并固定于铁架台顶端,通过数据采集器与计算机连接。

(2) 发射器端面向上,置于接收器下方附近,对准位移传感器的发射端与接收端,将减震回收装置置于其下方。

(3) 打开软件后,由静止释放发射器使其自由下落,获得实验曲线,得到加速度的大小。



图 2-2

## 2 学期活动 了解伽利略的科学贡献



### 活动内容与要求

这是一个阅读与综述类的活动,要求在本学期内阅读 3~5 本与主题有关的书籍、相关介绍和评述文章,通过伽利略的科学活动了解他的科学思想以及对科学发展的贡献,在学期结束前通过摘录综合、分析提炼、思考总结等写一篇阅读报告并在班级中交流。

读书报告的具体撰写要求见必修第一册教材第 42 页和下述的参考资料。



### 活动指导

读书报告是读者在阅读过程中,收集、整理与主题相关的各种材料,经过归纳、思考、提炼而完成的文字作品,也是阅读之后的总结、体会、见解和感悟。通过阅读相关材料和撰写读书报告,可以帮助读者记录与复习所学知识、引发思考、加深理解所学知识,同时提高概括、综合、分析和评判的能力。

撰写读书报告的过程实际上是一个阅读、思考、分析、概括和文字表达的过程。大致可以按如下步骤进行:

(1) 阅读相关书籍。根据主题通过图书馆、网络等信息来源查找相关的书籍、文献。在图书馆可以通过书名、作者、关键词或图书分类号等查阅相关图书、期刊内容;网络查找信息通常是通过关键词搜索。

在本活动中,我们可以通过关键词和图书分类号查询。关键词大致有“伽利略”“亚里士多德”“科学历程”“科学进展”“科学的历史”“物理学发展”“物理学史”“科学家传记”等;可供查询的图书分类号大致有 G633.7、G634、K811、K826.11、K833、N02、N09、O4-O9 等。

(2) 在阅读的过程中边读边写,做好读书笔记。读书笔记应记录所阅读的书名与文章的标题、作者,随时摘抄所关心的内容(标注所在章节或页码),记录阅读时的心得、疑问、评价与感悟。

(3) 在充分阅读与思考后,着手撰写读书报告。

### 读书报告格式

#### 报 告 标 题

作者

学校、班级、撰写日期

**摘 要：**(100~150 字,是对报告内容的简单描述)

**关键词：**(3~5 个,是关键内容的提示,每个关键词之间间隔一个字符)

正文(约 3 000 字)……

参考文献：……

**【注】**参考文献可以有不同的种类,如图书、期刊、报刊、论文集、报告、电子资源等。本活动需要阅读和参考的文献类型主要有图书、期刊和电子资源,相应的参考文献格式如下:

图书: [序号(即所阅读的书籍、文献编号,下同)]作者.书名.出版者,出版年: 起止页.

期刊: [序号]作者.标题.刊名,年,卷(期): 起止页.

电子资源: [序号]作者.标题.获取和访问路径.

表 2-1

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	知道伽利略对哪些问题进行了研究		
	了解伽利略的实验研究工作和他对科学的贡献		
科学思维	了解伽利略对前人的哪些观点提出了质疑		
	知道伽利略研究过程中的分析和推理过程		
科学探究	了解伽利略研究问题的实验方法		
	了解伽利略所使用的实验器材		
	了解伽利略根据数据得出的结论		

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	能阅读书籍或资料,摘录有用的信息		
	能清楚标注信息的来源		
	能对信息进行整理、分析和总结		
	能够形成完整的读书报告		
	能对他人报告做出评价		
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			

### 第三章 相互作用与力的平衡

## 自主活动 观察桌面的微小形变



### 活动指导

活动目的：

- (1) 利用光学方法放大并观察桌面的微小形变。
- (2) 感受形变量与物体间相互作用的关系。

当桌面上放置重物时，重物对桌面的压力会导致坚硬的桌面略微向下凹陷，产生形变。这种微小的形变通常不易被肉眼观察到。为显示这种形变，可以用显示微小形变的装置，将微小形变“放大”到可以直接观察出来。实验装置如图 3-1 所示。

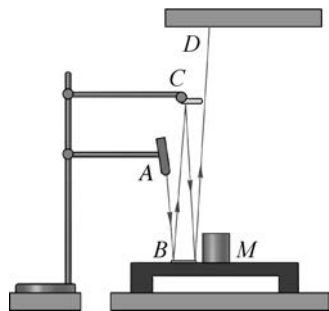


图 3-1

本活动利用光学方法来“放大”微小的形变，其“放大”原理可由图 3-2 所示的简化光路图说明。 $mn$  表示置于水平桌面上的平面反射镜，当桌面产生微小形变时，平面反射镜将随之转过一个微小角度，图中  $MN$  表示桌面产生形变后的反射镜。由光的反射定律和几何关系可知，如果入射光的入射方向固定，当反射镜转过一个微小的角度  $\theta$  (即  $MN$  与  $mn$  间的夹角) 时，反射光线转过的角度为  $2\theta$  (即  $OP$  与  $OQ$  之间的夹角)。当反射光线投射到较远的天花板上时，这个  $2\theta$  的角度变化会使得光斑由  $P$  到  $Q$  移动一个较大的距离，使桌面形变 (即反射镜发生微小转动) 这个肉眼不易观察的现象被直观地显现出来。

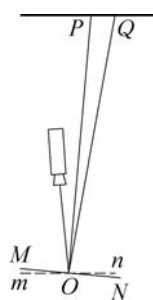


图 3-2

在长度或位置差别甚小的测量中，这是一种简单、有效和直观的方法，称为“光杠杆法”。本实验的装置中利用了两块平行放置的平面反射镜，其目的是使微小角度变化的放大倍数增加，其原因请自行分析。

实验时的具体操作如下：

- (1) 在桌面未放重物时调整激光笔的入射角度，使激光束能经过反射镜  $B$  和  $C$  后反射到达天花板上的  $D$  处。

(2) 将重物轻轻地放在桌面上靠近反射镜  $B$  处,观察天花板上光斑的移动。

(3) 改变重物的质量,观察光斑的移动距离,感受光斑移动距离大小与重物质量之间的定性关系。

**注意:** 由于“光杠杆法”对微小形变的反应十分灵敏,实验时的操作应避免动作过大、过急,应轻放轻拿重物,尽量避免使桌面产生振动。



(1) 由实验观察到的现象可以知道光斑的移动距离与重物的质量之间有什么定性关系?

(2) 通过分析,解释实验装置中激光束要两次经过反射镜  $B$  反射的原因。

## 2 学生实验 探究弹簧弹力与形变量的关系



### 实验指导

#### 1. 实验说明

在本实验中,需先将实验所得数据记录在数据表中,再根据表中的数据绘制图像。将数据绘制图像的一般步骤如下:

- (1) 区分数据中的自变量和因变量。自变量作为横轴( $x$  轴),因变量作为纵轴( $y$  轴)。
- (2) 根据自变量、因变量的数据及变化范围,初步确定纵、横坐标代表的物理量的单位。
- (3) 为了使实验数据点尽可能分布在坐标系的整个区域,在坐标轴上应选择合适的分度值并标注数值,通常标注的数值为 1、2、5、10 的倍数,易于读图。
- (4) 用适当的符号(如“ $\cdot$ ”“ $\times$ ”或“ $\triangle$ ”等)在坐标中标注数据点的位置。
- (5) 用直线或平滑曲线连接数据点。
- (6) 取一个可反映图像内容的图名。

#### 2. 实验操作

- (1) 在铁架台的横杆上固定弹簧和刻度尺,组成实验装置。
- (2) 用直尺测量未挂钩码时弹簧的长度  $x_0$  [图 3-3(a)],并记录在数据表中。

(3) 在弹簧下端挂上钩码,手托钩码慢慢向下移动,直到手离开钩码。在钩码处于静止状态时测量弹簧长度  $x_1$  [图 3-3(b)],并记录在数据表中。

- (4) 改变钩码数量,重复步骤(3)。
- (5) 整理实验器材。

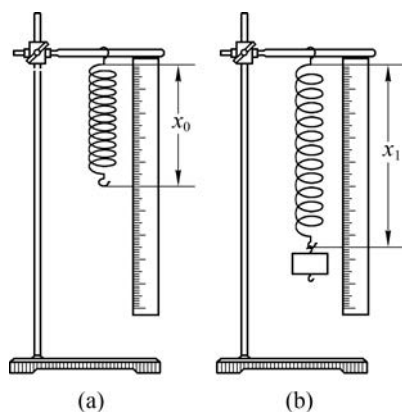


图 3-3

#### 实验报告

##### 实验名称

探究弹簧弹力与形变量的关系

##### 实验目的

通过研究弹簧伸长量与悬挂重物质量的关系得到弹簧弹力与形变量的定量关系。

##### 实验原理

竖直悬挂、处于静止状态的重物,其受力满足二力平衡的条件:重物所受的重力

$G$  与所受的弹簧弹力  $F$  大小相等、方向相反,即  $F=G$ 。由经验可知,悬挂在弹簧下的重物所受的重力越大,弹簧的形变量也越大。可见,随着弹簧形变量增大,弹簧弹力也增大。利用所测得的弹簧弹力  $F$  与弹簧的形变量  $x$  数据,画出  $F-x$  图像并进行分析,可得到弹力与形变量之间的定量关系。

**实验器材**

弹簧、刻度尺、钩码、铁架台及附件。

**实验方法与步骤**

为获得弹簧弹力  $F$  与弹簧形变量  $x$  之间的定量关系,可以改变悬挂在弹簧下端重物的质量,同时测量弹簧的形变量,获得多组数据。

在弹簧处于静止状态时测量其长度;按一定的比例增加钩码的数量;利用图线处理数据,画出拟合直线,从而得到弹簧弹力与相应形变量之间的定量关系。

本实验的主要步骤如下:

- (1) 用实验器材,搭建成如图 3-3(a)所示的实验装置。
- (2) 在弹簧未挂钩码时从直尺读取并记录弹簧 \_\_\_\_\_ 端和 \_\_\_\_\_ 端位置处的示数,记录弹簧原长  $x_0$ 。
- (3) 弹簧下端逐次加挂不同数量的钩码, \_\_\_\_\_ ,并记录数据。
- (4) 整理实验器材。

**实验数据记录**

表 3-1

弹簧原长  $x_0 =$  \_\_\_\_\_ m

实验序号	钩码的质量 $m/\text{kg}$	钩码受到的重力 $G/\text{N}$	悬挂钩码后弹簧的长度 $x_1/\text{m}$	弹簧的形变量 $x/\text{m}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				



### 实验数据处理

以弹簧的弹力  $F$  (与弹簧下端所挂钩码受到的重力大小相等) 为纵轴, 弹簧的形变量  $x$  为横轴建立如图 3-4 所示的坐标系, 在坐标系中描出实验测得的各个数据点, 并根据这些数据点画出  $F-x$  图像。

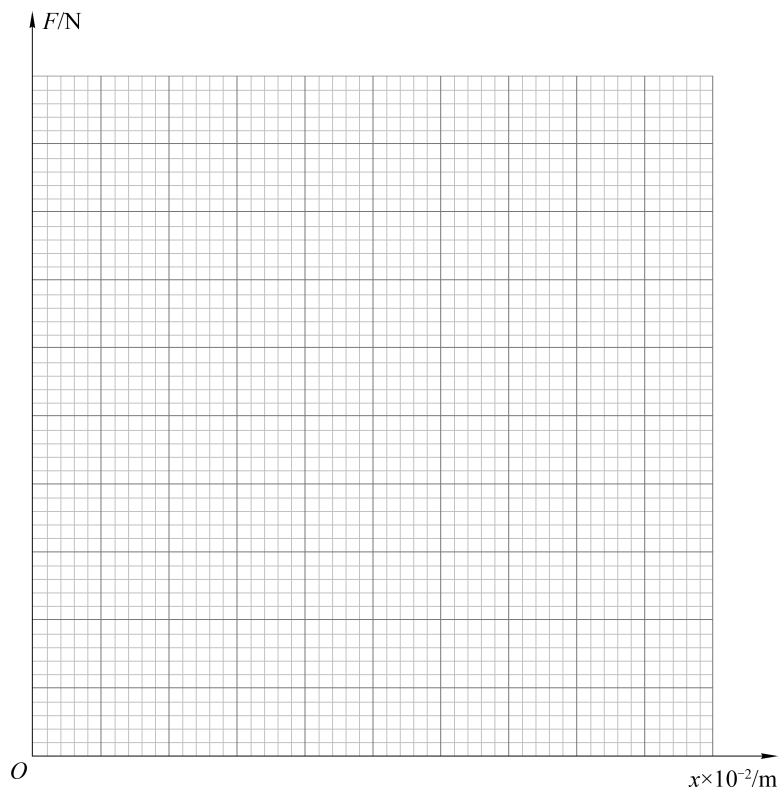


图 3-4

### 结果分析与实验结论

在实验提供的作用力范围内, 弹簧的弹力与形变量的关系为:  $F = \underline{\hspace{2cm}} x$ 。

通过用多组弹簧进行实验, 发现弹簧的弹力都与其形变量成正比, 即:  $F = kx$ , 式中  $k$  为劲度系数。本次实验所用弹簧的劲度系数  $k = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

在弹簧一定的伸长范围内, 弹簧的弹力与其形变量成正比关系, 满足胡克定律。

### 讨论与思考

交流各组得到的  $F-x$  图像, 讨论图像有何不同并分析其原因。

### 3 自主活动 测量静摩擦力的大小



#### 活动指导

活动目的：

- (1) 观察在逐渐增大的外力作用下静摩擦力的变化规律。
- (2) 体验静摩擦力的性质，了解物体运动时摩擦力的特点。

实验装置如图 3-5 所示，为了得到静摩擦力随外力变化的情况，实验以置于水平木板上的木块为研究对象。在逐渐增大的外力作用下，起初木块处于静止状态，当外力达到一定数值后木块开始运动。在木块保持静止的过程中，木块受到细绳拉力和静摩擦力的作用，根据平衡条件，细绳对木块的拉力大小即为木块所受到的静摩擦力大小。实验中，细绳对木块的拉力大小由力传感器测得，力的数值在计算机屏幕上显示。



图 3-5

实验中所用的力传感器如图 3-6 所示。力传感器的敏感元件是悬臂梁，挂钩通过锁紧螺母固定在悬臂梁的下端。挂钩可根据需要调整角度，调整后要再次旋紧螺母。当用外力拉伸或压缩挂钩时，悬臂梁发生形变，形变量的大小反映了外力大小，并通过转换元件将形变量转换为电学量，在计算机屏幕显示出来。在挂钩受到拉力时，力的示数为正，受到压力时示数为负，测量范围为  $-20 \sim 20 \text{ N}$ 。



图 3-6

力传感器的使用要点如下：

- (1) 测量前传感器必须调零。
- (2) 作用力必须与悬臂梁始终保持垂直(即与挂钩轴线方向一致)。
- (3) 避免悬臂梁长时间受力。
- (4) 仪器不使用时，必须取下重物，以免损坏传感器。

实验时的具体操作如下：

- (1) 按图 3-5 所示组装实验器材，运行软件。
- (2) 用细绳连接滑块与力传感器，手持力传感器，使细绳保持水平并与力传感器的悬臂梁垂直。
- (3) 渐渐增大拉力，当木块开始运动后，控制拉力使木块做匀速直线运动，得到拉力(即

摩擦力大小)随时间变化图像。

(4) 在木块上增加重物,重复实验。



(1) 在逐渐增大的外力作用下,木块所受静摩擦力的变化有什么规律?

(2) 木块运动后摩擦力有什么特点?

(3) 木块质量不同对摩擦力有何影响?

## 4 学生实验 探究两个互成角度的力的合成规律



### 实验指导

#### 1. 实验说明

本实验需在已知两条邻边的条件下,利用如图 3-7(a)所示的两块三角板作出平行四边形。

用两块三角板的配合,可以方便地作出离一条直线一定距离的平行线。下面以由直线  $AB$  得到其平行线  $A'B'$  为例,说明具体的作图方法。

如图 3-7(b)所示,将一块三角板的一条直角边与线条  $AB$  对齐,然后使另一块三角板的斜边与第一块三角板的另一条直角边重合;固定第二块三角板,推动第一块三角板沿第二块三角板的斜边移动到所需位置,画出平行线  $A'B'$ 。

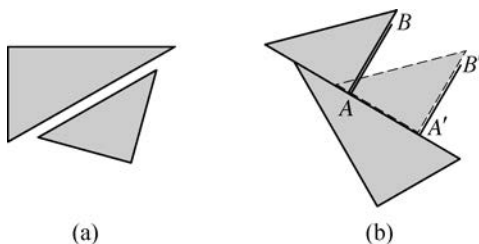


图 3-7



图 3-8

根据上述平行线的画法,在图 3-8 中画出相应的平行四边形。

#### 2. 实验操作

实验装置如图 3-9 所示,实验步骤如下:

(1) 在桌上放一块木板,并在板上用图钉固定一张平整的白纸。

(2) 用图钉把橡皮筋的一端固定在板上的某点,在橡皮筋的另一端拴上带绳套的细绳。

(3) 用两个弹簧测力计分别钩住绳套,互成角度地拉橡皮筋,使橡皮筋与细绳的结点到达某一位置<sup>①</sup>

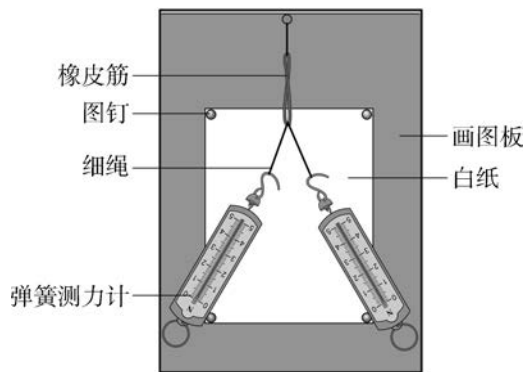


图 3-9

<sup>①</sup> 实验时先试一试: 用一个弹簧测力计拉橡皮筋,使结点拉伸到某位置  $A$  时记下弹簧测力计的读数;然后再一次用弹簧测力计拉橡皮筋,使结点超过位置  $A$  后再减小拉力回到位置  $A$ ,记下此时弹簧测力计的示数。比较两次操作的示数,明确实验时应该如何操作。

$O$ ,在白纸上画出 $O$ 点的位置。读出并记录两个弹簧测力计的示数 $F_1$ 和 $F_2$ ,同时在白纸上画出两根细绳的方向<sup>①</sup>。

(4) 仅用一个弹簧测力计,通过细绳拉橡皮筋使其伸长到原来的位置 $O$ ,读出弹簧测力计的示数 $F'$ ,在白纸上画出细绳的方向。

(5) 按选好的标度,用铅笔和刻度尺作出拉力 $F_1$ 和 $F_2$ 的图示,按同一标度作出拉力 $F'$ 的图示。

(6) 观察 $F'$ 与 $F_1$ 和 $F_2$ 的图示在平面中的几何关系。

(7) 以 $F_1$ 和 $F_2$ 为邻边作出平行四边形对角线,画出合力 $F$ ,分别比较 $F'$ 、 $F$ 的大小和方向。

(8) 改变两个弹簧测力计的拉力方向,重复步骤(3)~(7)。

(9) 整理器材。

## 实验报告

### 实验名称

探究两个互成角度的力的合成规律

### 实验目的

探究两个互成角度的共点力的合成规律,体会等效替代思想。

### 实验原理

本实验用橡皮筋的形变大小反映力的作用效果,用力的图示探究力的合成法则。

### 实验器材

木板、图钉若干、带绳套的细绳、橡皮筋、三角板、弹簧测力计、白纸。

### 实验方法与步骤

固定橡皮筋一端,先用两个弹簧测力计互成角度地拉橡皮筋,使其拉伸到某位置;然后用一个弹簧测力计拉橡皮筋,并拉伸到相同位置。

本实验的主要步骤如下:

(1) 在木板上固定白纸。橡皮筋的一端用图钉固定在木板上某点,另一端拴上带绳套的细绳。

(2) 两位同学合作,用两个弹簧测力计互成角度地在纸面内拉橡皮筋,同时记录两个弹簧测力计的示数和两根细绳的方向及结点位置 $O$ 。

(3) 用\_\_\_\_\_弹簧测力计通过细绳套拉橡皮筋使结点到\_\_\_\_\_,记录弹簧测力计的示数和细绳的方向。

(4) 确定标度,作出三个力的图示。观察这些力的图示的几何关系。

① 细绳方向可在白纸上用直线标示。因为通过两点可以确定一条直线,所以在实验中只需在白纸上标出细绳两端的位置,待所有操作结束后再画出直线。

(5) 整理实验器材。

**实验数据记录**

**表 3-2**

实验序号	$F_1/\text{N}$	$F_2/\text{N}$	$F_1$ 与 $F_2$ 夹角 $\theta$	$F/\text{N}$	$F'/\text{N}$	$F'$ 与 $F$ 夹角 $\theta'$
1						
2						
3						

**实验数据处理**

(可把实验记录纸粘贴在此)

**结果分析与实验结论**

分析力的图示情形, 知其在平面中的图形关系为: 力  $F_1$ 、 $F_2$  与  $F'$  构成平行四边形。

两个互成角度的共点力的合力的大小和方向, 可以通过用\_\_\_\_\_的平行四边形的\_\_\_\_\_来表示。

**讨论与思考**

(1) 在实验中:

① 为使橡皮筋在两次拉伸时形变情况相同, 应如何操作?

② 如何保证带有绳套的细绳与木板表面保持平行?

(2) 某同学为了方便记录细绳的方向, 用手按住结点“O”, 这样操作是否可行, 为什么?

## 5 自主活动 钩码对笔尖拉力的作用效果



### 活动指导

活动目的：

- (1) 体验力的作用效果。
- (2) 感受按力的作用效果分解力。

与力的合成相同,力的分解同样遵循平行四边形定则,即把一个已知力作为平行四边形的对角线,平行四边形的两条邻边就表示已知力的两个分力。如果没有条件限制,一条对角线可以作出无数个不同的平行四边形。在实际处理力的分解问题时,通常可以根据力的作用效果分解力,为此需先根据力的实际作用效果确定分力的方向,然后根据平行四边形定则求出分力的大小。

本活动是一个体验力的作用效果的小实验,实验时的具体操作如下:

如图 3-10 所示,将钩码用细绳固定于铅笔前端的  $O$  处,用另一根细绳的一端固定于  $O$  处,另一端的绳圈套在食指的  $B$  处,并用铅笔后端  $C$  顶住手心。

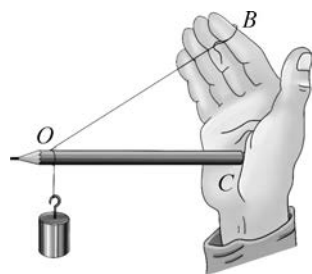


图 3-10

此时可以感觉到细绳  $OB$  对食指的  $B$  处有拉力的作用,铅笔后端  $C$  对手掌有压力的作用。可见钩码通过细绳对  $O$  点的拉力在本实验情况下有两个作用效果:通过细绳  $OB$  对食指的拉力和通过铅笔对手掌的压力。就作用效果而言,铅笔  $O$  点处所受向下的拉力可以用斜向下的力  $F_1$  和水平向右的力  $F_2$  来等效替代。根据力的作用效果,用平行四边形定则画出本实验中的合力和分力。



### 思考

本活动通过体验来感受钩码通过细绳对  $O$  点拉力的作用效果。如何改进实验,通过形变来表现该力的作用效果?

## 6 自主活动 验证三个共点力平衡的条件



### 活动指导

活动目的：

验证三个共点力平衡的条件。

实验装置如图 3-11 所示，实验时的具体操作如下：

(1) 将刻度盘固定在水平桌面上，将三根略长于刻度盘半径的细绳一端均系于金属小圆环上，另一端分别与三个弹簧测力计连接。

(2) 两个同学一组配合将三个弹簧测力计沿三个方向拉开，使三根细绳之间成一定的角度，且小圆环位于刻度盘中心  $O$ ，并保持静止。

(3) 记录三个弹簧测力计的示数及三根细绳之间夹角的角度，通过计算验证三力平衡的条件是合力为零。

本实验中三根细绳之间的夹角可以在  $0^\circ \sim 180^\circ$  取任意值，为方便起见，通常可使三根细绳之间的夹角均为  $120^\circ$ ，或使其中的两根绳之间的夹角成  $90^\circ$ 。



图 3-11



### 思考

(1) 如何根据实验数据通过作图方法验证三个力的合力为零？

(2) 如何根据实验数据通过计算验证三个力的合力为零？



## 第四章 牛顿运动定律



### 自主活动 观察滑块在气垫导轨上的运动



#### 活动指导

活动目的：

- (1) 学习使用气垫导轨。
- (2) 观察物体受到的合力为零时的运动状态。

如图 4-1 所示,气垫导轨是一个钢制三角形空心长导轨,其向上的两个表面均匀分布大量小孔。压缩空气由导轨一端进入导轨内部后,从上表面密集分布的小孔喷出,由于孔径很小,喷出的气流流速很大。当在导轨上表面放置三角形滑块时,在密集高速气流的作用下,滑块被略微抬升离开导轨表面,从而可以基本无摩擦沿导轨左右运动。由于此时在滑块与导轨表面之间存在一层薄薄的空气层,此装置被称为“气垫导轨”。

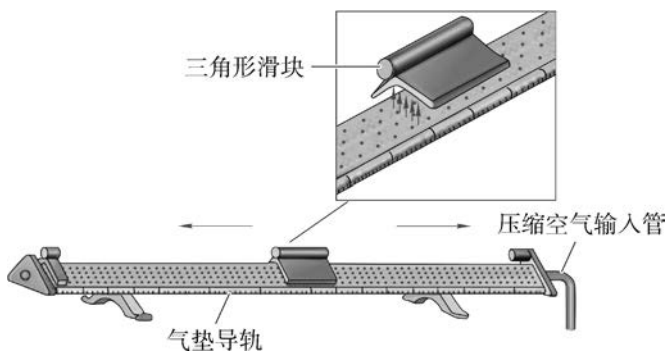


图 4-1

实验时的具体操作如下：

- (1) 调节气垫导轨底座上的四个调节螺丝,使导轨处于水平状态。
- (2) 开启空气压缩机向导轨充气,待从导轨上表面小孔中的出射气流稳定后,将三角形滑块轻轻置于导轨上,此时滑块应处于静止状态。
- (3) 用手轻推滑块,使其沿导轨运动并观察其运动状态。为获得滑块运动情况的具体信息,也可以利用位移传感器获得其  $v-t$  图像并做出判断。



## 思考

(1) 气垫导轨上表面为何要做成两个对称的斜面？其作用是什么？

(2) 轻推滑块后，滑块在气垫导轨上做何运动？解释其原因。

## 2 学生实验 探究加速度与物体受力、物体质量的关系



### 实验指导

本实验需要测量小车沿导轨运动的加速度大小。有多种测量加速度的方法,除位移传感器和频闪照片外,也可以用两个光电门传感器进行实验。

#### 1. 实验说明

利用光电门传感器测量加速度的实验装置如图 4-2 所示。将两个光电门传感器相距一定距离固定在轨道中部附近,并通过数据采集器与计算机连接。

运行软件,在图 4-3 所示的计算表格中,添加初速度  $v_1$ 、末速度  $v_2$  和加速度  $a$  的表达式:  $v_1 = \frac{d}{t_1}$ ;  $v_2 = \frac{d}{t_2}$ ;

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}。$$



图 4-2

开始记录,同时释放小车,使其沿轨道较高端自由下滑。挡光片依次通过两光电门时,计算机会自动记录小车通过两个光电门时的挡光时间  $t_1$ 、 $t_2$ ,并计算得到  $v_1$ 、 $v_2$  和  $a$ 。

计算表格	$t_1$	$t_2$	$\Delta t$	$d$	$v_1 = \frac{d}{t_1}$	$v_2 = \frac{d}{t_2}$	$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$
1	0.06809	0.03169	0.92785	0.020	0.2937	0.6311	0.3636
2	0.04227	0.02735	0.70563	0.020	0.4731	0.7313	0.3659
3	0.06333	0.03112	0.89389	0.020	0.3158	0.6427	0.3657
4	0.03997	0.02672	0.67899	0.020	0.5004	0.7485	0.3654
5	0.03863	0.02638	0.66441	0.020	0.5177	0.7582	0.3620
6	0.07314	0.03201	0.95850	0.020	0.2734	0.6248	0.3666
平均值	0.0542	0.0292	0.8049	0.0200	0.3957	0.6894	0.3649

图 4-3

#### 2. 实验操作

实验一:探究物体质量一定时,加速度  $a$  与物体受力  $F$  的定量关系。

将所给实验器材搭建成如图 4-4 所示的实验装置。本实验中选用位移传感器来测量小车的加速度。注意:连接小车与重物的细绳位于轨道的一段需与轨道保持平行。

调节轨道两端的高低,使小车在不受拉力时可在轨道上做匀速运动。运行软件,将小车置于轨道上并轻推小车,当获得的  $v-t$  图像近似为一条水平直线时,说明小车能在轨道上匀速运动,否则需继续调整轨道两端的高低。

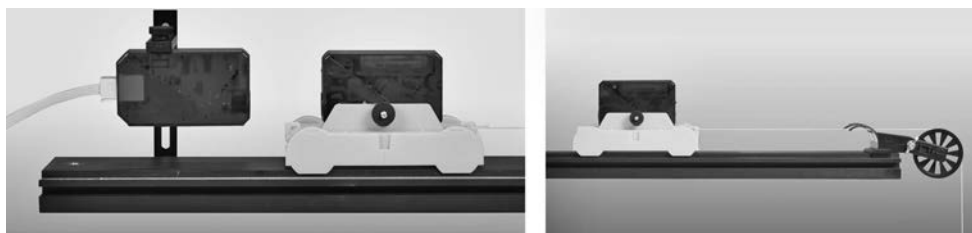


图 4-4

在连接小车的细绳一端挂重物,释放小车使其在拉力作用下运动;小车停止运动后停止记录数据,选择某一直线段作为研究区间,得到加速度大小,如图 4-5 所示。

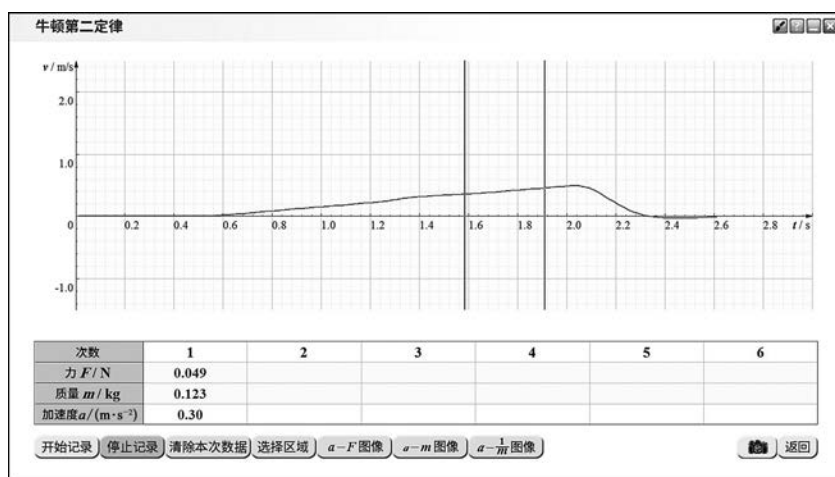


图 4-5

保持小车质量不变,改变重物的质量,以改变小车所受拉力  $F$  的大小。重复实验,得到多组数据。

实验二: 探究物体受力一定时,加速度  $a$  与物体质量  $m$  的定量关系。

实验装置与实验一相同。

释放小车,使其在拉力  $F$  作用下运动,在计算机显示的  $v-t$  图像中选择合适的区域得到加速度的大小,如图 4-6 所示。

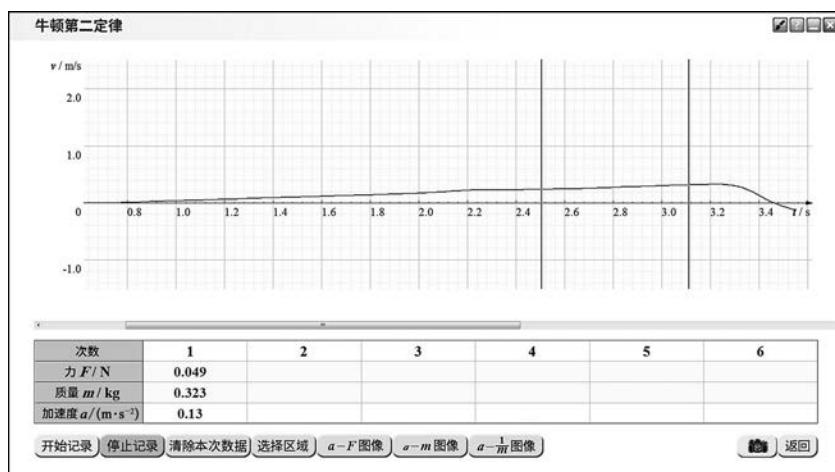


图 4-6

保持小车所受拉力  $F$  不变,添加配重片改变小车的质量,重复上述步骤,得到实验数据。

## 实验报告

### 实验名称

探究加速度与物体受力、物体质量的关系

### 实验目的

应用控制变量的方法进行实验,探究物体加速度与物体受力、物体质量的关系。

### 实验原理

由牛顿第一定律可知,力是使物体运动状态发生改变的原因,而物体运动状态发生改变时,物体就具有了加速度,因此力是使物体产生加速度的原因。

物体的加速度  $a$  与物体受到的力  $F$ 、物体的质量  $m$  均有关。需通过控制变量法研究加速度与物体受力、物体质量之间的定量关系。

### 实验器材

带滑轮的力学轨道及附件、分体式位移传感器、数据采集器、计算机、小车、重物(钩码或回形针等)、配重片、细绳、天平等。

### 实验方法与步骤

悬挂在细线下端的重物在竖直方向运动,当其质量  $m_0$  足够小时,可认为细线中的拉力  $F=m_0g$ ,小车受到的力等于  $m_0g$ 。

运用控制变量法进行实验。先保持小车质量  $m$  不变,改变力  $F$  的大小,探究小车加速度  $a$  与  $F$  的定量关系;再保持力  $F$  不变,改变小车质量  $m$ ,探究小车加速度  $a$  与  $m$  的定量关系;综合两种情况下的实验结果,通过分析即可得出加速度  $a$  与小车所受的力  $F$ 、小车质量  $m$  三者之间的定量关系。

本实验的主要步骤如下:

(1) 搭建图 4-4 所示的实验装置,使细绳与轨道保持平行。

(2) 调节轨道两端的高低,轻推小车(细绳不挂重物时),获得小车在轨道上运动的  $v-t$  图像是一条平行于  $t$  轴的图线。

实验一:探究物体质量一定时,加速度与物体受力的定量关系。

(3) 测量小车质量  $m$  和重物质量  $m_0$ 。

(4) 保持小车质量不变,挂上不同质量的重物,释放小车使其在拉力作用下加速运动,测得小车运动的加速度大小,记录实验数据。

实验二:探究物体受力一定时,加速度与物体质量的定量关系。

(5) 保持重物质量不变,改变小车的质量  $m$  大小(在小车上依次增减配重片)。多次测量并记录数据。

(6) 整理器材。

**实验数据记录**

(1) 保持小车的质量  $m$  不变, 更换不同质量的重物, 分别测量小车所受的拉力  $F$  和相应的加速度  $a$ , 并将数据记录在表 4-1 中。

**表 4-1**

$m = \underline{\hspace{2cm}}$  kg

实验序号	拉力 $F/\text{N}$	加速度 $a/(\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$
1		
2		
3		
4		
5		
6		

(2) 保持重物不变, 即小车所受的拉力不变, 在小车内加减配重片, 记录小车的质量  $m$ , 测量小车的加速度  $a$ , 并将实验数据记录在表 4-2 中。

**表 4-2**

$F = \underline{\hspace{2cm}}$  N

实验序号	质量 $m/\text{kg}$	加速度 $a/(\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$
1		
2		
3		
4		
5		
6		

**实验数据处理**

根据表 4-1 和表 4-2 中的数据在图 4-7 中画出  $a-F$  图像和  $a-m$  图像。

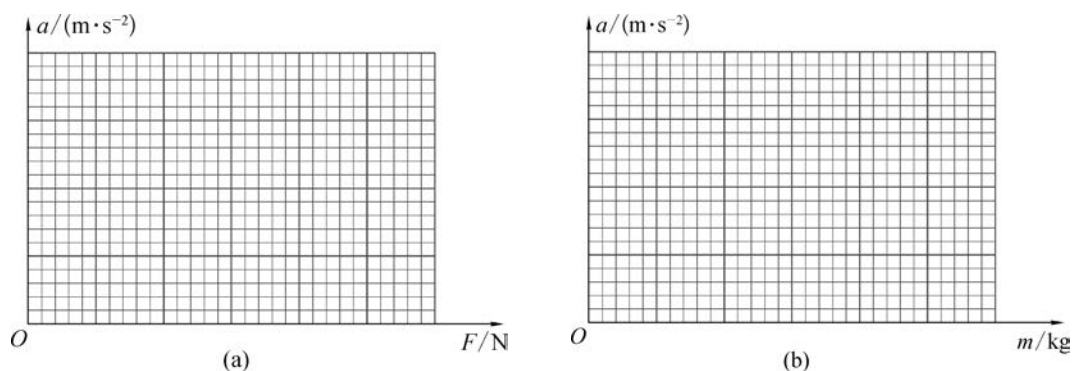


图 4-7

观察实验数据及  $a-m$  图像特征发现,  $a$  与  $m$  可能成反比。尝试在图 4-8 中画出  $a-\frac{1}{m}$  图像。

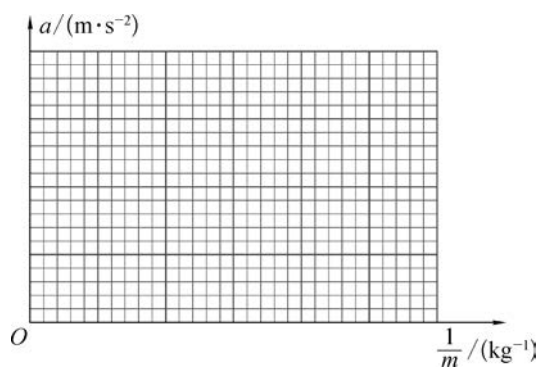


图 4-8

### 结果分析与实验结论

- (1) 小车质量  $m$  一定时, \_\_\_\_\_。
- (2) 小车所受拉力  $F$  一定时, \_\_\_\_\_。

### 讨论与思考

细绳一端系小车,另一端跨过滑轮悬挂重物。在实验中,可认为小车受到的拉力大小等于绳端系着重物受到的重力大小,试进行简单的推理说明这是一种近似。

### 3 学期活动 设计并制作一个能动态显示加速度大小的加速度计



#### 活动内容与要求

这是一个制作类的活动,根据加速度的概念和牛顿运动定律,设计并制作一个可以在交通工具上动态显示加速度大小的仪器。

本活动要求了解加速度的定义及加速度产生的原因。通过定义或产生原因设计测定加速度的方案,并按照设计实际制作加速度计。在制作、改进、完善的过程中记录成功之处、存在的缺陷及改进方法。

加速度计制作的具体要求见必修第一册教材第 98 页。



#### 活动指导

本活动要求通过设计、制作、改进和实际测量等环节完成制作。在各个环节中应关注如下要点:

1. 了解活动的指向。设计、制作的加速度计应能实现两个功能,一是能在动态过程中进行测量,二是能定量显示加速度的大小。
2. 明确所依据的原理,并说明如何根据此物理原理设计加速度计。所制作的加速度计在结构上应科学、合理。
3. 关注各个环节的工作要点。在最后的报告中需要说明加速度计的测量条件,制作和调整的要领,测量数据的记录方式等。



#### 参考资料

1. 必修第一册教材第 101 页图 4-42 就是一种加速度计,可以作为借鉴,并在实践中发挥自己的智慧。
2. 也可以参考必修第一册教材第 49 页至 51 页弹簧形变量与弹簧受力之间的关系、第 95 页有关超重与失重等内容,以启发设计思路。





## 评价量表

表 4-3

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	知道物体运动的加速度与物体受力的关系,理解牛顿运动定律		
	了解加速度产生的原因		
	知道加速度计测量加速度的原理		
科学思维	能说明加速度计刻度的设置原理		
	能对测量方案提出改进的建议		
科学探究	能设计出可行的测量方案,测量方案有创意		
	能从加速度计上动态读出加速度的大小		
	能对测量数据进行验证		
	能清楚地整理出测量方案、测量条件、测量步骤、测量结果等		
	能用规范的物理语言、表格等交流设计、制作和测量的过程		
科学态度与责任	在合作中尊重他人,帮助他人		
	乐于承担任务,积极投入活动		
	活动过程中坚持实事求是		

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



## 学期活动 研究发生超重和失重现象的条件



### 活动内容与要求

这是一个探究类活动。运用本学期有关牛顿运动定律的知识,以及与力和运动相关的物理量的测量方法,观察现象,设计方案,记录数据,总结规律,探究超重和失重现象的条件。探究的过程和结果以研究报告的形式呈现,并在各个小组间相互交流和评价。

本活动要求了解探究过程的一般步骤,通过观察生活中的超重和失重现象,选择合适的测量和记录手段,分析数据,得到结论。还可以在探究之后运用牛顿运动定律作理论解释。鼓励各组之间相互交流,彼此借鉴,提出可以改进和完善之处。

活动的具体要求见必修第一册教材第 98 页。



### 活动指导

本活动要求通过观察现象、设计方案、记录数据、分析结果、总结规律和理论验证等环节完成。在各个环节中应关注如下要点:

1. 明确分工,注意安全。本活动需要多名同学共同完成,方案的设计应包括每位参与者的分工和实验过程中的安全注意事项。
2. 明确研究的对象和过程,即哪个物体在哪段运动过程中的超重和失重现象。
3. 明确测量的物理量和测量的方法。根据实验的场景和对象,选择合适的测量工具。由于需要测量多个物理量,需注意各个量的瞬时对应关系。
4. 关注数据的记录和分析。不同的测量方式对应不同的数据记录方式,如纸笔记录、拍照记录、视频记录等,最后均应在报告中转化为数据记录表格。在报告中还需要说明数据分析的方法。



### 参考资料

1. 必修第一册教材第 80 页已呈现了一个比较完整的探究过程,可以作为研究报告体例的参考。
2. 必修第一册教材第 95 页有关超重与失重等内容可以作为研究的起点,结合自己的体验寻找生活中的超重和失重现象进行探究。



## 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	认识超重和失重现象		
	知道产生超重和失重现象的原因		
科学思维	能根据牛顿运动定律,分析推理超重和失重现象发生的条件		
	能基于证据表达自己的观点		
	能对他人的研究提出质疑		
科学探究	能提出实验方案		
	能对实验方案的可行性做出说明		
	能有效记录实验数据		
	能用表格或图像整理实验数据		
	能分析实验数据得出结论		
	能清楚地整理出实验目的、方案、步骤、数据和结果等		
	能用规范的物理语言交流		
	能对实验过程进行反思和改进		
科学态度与责任	合作中,每位合作者分工合理,职责明确		
	乐于承担任务,积极投入课题研究		
	研究过程中坚持实事求是		

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 曲线运动

### 自主活动 观察墨水的径迹



#### 活动指导

活动目的：

通过观察墨水从旋转的纸板陀螺上飞出后的径迹，确定做圆周运动物体的速度方向。

活动的装置如图 5-1 所示，实验时的具体操作如下：

- (1) 制作一个纸板陀螺。
- (2) 在水平桌面上铺上白纸，令纸板陀螺在白纸上旋转。
- (3) 待陀螺旋转稳定后，用滴管将墨水滴到陀螺边缘。
- (4) 观察迅速飞出的墨水在白纸上留下的径迹。

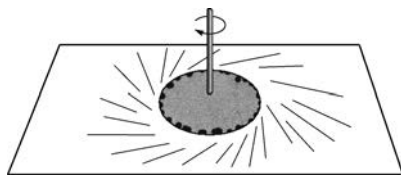


图 5-1

除裸眼观察外，还可以拍摄照片或视频，并将墨迹反向延长至陀螺边缘处进行观察。



#### 思考

由观察到的墨水径迹可以得到什么结论？

## 2 自主活动 改变乒乓球的运动方向



### 活动指导

活动目的：

根据物体做曲线运动的条件，通过施加合适的力，使乒乓球改变运动方向，并经过指定位置。

活动的装置如图 5-2 所示，实验时的具体操作如下：

- (1) 将斜面固定在桌面上，在桌面上标识出“指定位置”。
  - (2) 将乒乓球从斜面上释放，应尽量保证乒乓球经过斜面与桌面的交界处时不发生弹跳。
  - (3) 选择合适的位置对乒乓球吹气，改变乒乓球的运动方向，令其经过指定位置。
- 操作过程中可以拍摄视频或使用追踪软件，进一步观察乒乓球的运动轨迹。

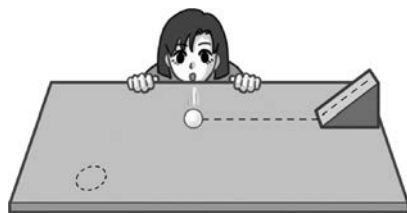


图 5-2



### 思考

(1) 应在什么位置吹气才能使乒乓球经过指定位置？

\* (2) 分别描述吹气前、吹气时和吹气后乒乓球的轨迹。

## 3 学生实验 探究平抛运动的特点



### 实验指导

#### 1. 实验说明

本实验可以采用如图 5-3 所示的装置探究平抛运动竖直方向分运动的规律。该装置包含摆锤、弹性金属片和两个小球。将装置固定在某一高度,两个小球 A 和 B 分别置于弹性金属片两侧。初始状态下,小球 B 被弹性金属片夹住,静止于孔的上方。当摆锤敲击弹性金属片时,小球 A 和 B 同时开始运动,小球 A 由于受到水平撞击做平抛运动,而小球 B 从原处落下做自由落体运动。

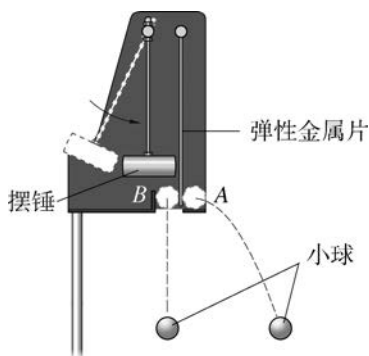


图 5-3

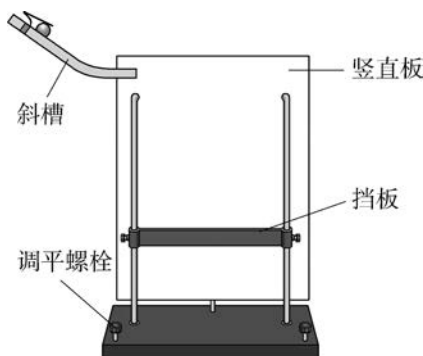


图 5-4

如图 5-4 所示的装置可用于探究平抛运动水平方向分运动的规律。该装置包含底部水平的斜槽、可以固定方格纸和复写纸的竖直板,以及可以上下移动的带凹槽的挡板。

使用前,通过调节底板上的调平螺栓使竖直板处于竖直平面,在竖直板上依次覆上方格纸和复写纸。将挡板固定在某一高度,让小球由静止沿斜槽滚下。小球从斜槽水平飞出后落入带凹槽的挡板,受到凹槽的挤压会通过复写纸在方格纸上留下落点的位置。

#### 2. 实验操作

实验一: 探究平抛运动竖直方向分运动的规律。

- (1) 将装置固定在铁架台上,两个小球分别置于弹性金属片两侧。
- (2) 将摆锤拉起至一定高度后释放,根据小球落地的撞击声比较两个小球落地的先后。
- (3) 改变摆锤的释放角度和小球距地面的高度,重复实验。
- (4) 将实验结果记录到数据记录表中。

实验二: 探究平抛运动水平方向分运动的规律。

(1) 调节底板上的调平螺栓,使竖直板处于竖直平面。将斜槽用螺丝固定在竖直板的正面上,调节斜槽使其出口槽保持水平。

(2) 在竖直板上依次附上方格纸和复写纸(复写纸在外)并用燕尾夹固定。记录小球抛出点的位置  $O$ ,并标出水平方向和竖直方向。

(3) 旋转螺母,上下调节带凹槽的挡板,将其固定在某一高度。

(4) 将小球由静止释放,从斜槽水平飞出后落入带凹槽的挡板,在方格纸上将留下落点位置(注意:小球留下的落点位置对应球心的位置)。

(5) 改变挡板的高度,重复实验(注意:小球每次应从同一位置由静止释放)。

(6) 取下方格纸,以  $O$  为原点,初速度方向为  $x$  轴正方向,竖直向下为  $y$  轴正方向,建立直角坐标系。用光滑曲线连接各落点位置,得到平抛运动的轨迹。

## 实验报告

### 实验名称

探究平抛运动的特点

### 实验目的

- (1) 学习使用探究平抛运动竖直方向和水平方向分运动规律的实验装置。
- (2) 运用运动合成与分解的思想设计实验方案。
- (3) 探究平抛运动的规律。

### 实验原理

做平抛运动的物体初速度沿水平方向,只受重力作用。可以将平抛运动分解为水平方向和竖直方向的两个直线运动来研究。

本实验中,小球在空中运动的过程中可近似认为只受重力作用,因此实验一中的两个小球可分别近似为做自由落体运动和平抛运动,实验二中的小球可近似视为做平抛运动。

### 实验器材

探究平抛运动竖直方向和水平方向分运动规律的实验装置、复写纸、方格纸。

### 实验方法与步骤

通过比较同时做自由落体运动和平抛运动的小球落地的先后,归纳平抛运动竖直方向分运动的规律。通过逐点记录的方法,描绘平抛运动的轨迹,根据竖直方向分运动的规律,选择合适的点,分析水平方向分运动的规律。

本实验的主要步骤如下:

实验一:探究平抛运动竖直方向分运动的规律。

- (1) 同时释放两个小球,比较落地的先后,记录数据。
- (2) 改变摆锤的释放角度和小球距地面的高度,重复实验。
- (3) 整理器材。

实验二:探究平抛运动水平方向分运动的规律。

- (1) 组装实验装置,调节装置使竖直板处于竖直平面、斜槽的出口槽保持水平。
- (2) 记录小球抛出点位置,标出水平方向和竖直方向。
- (3) 释放小球,记录落点位置。
- (4) 改变挡板的高度,重复实验。

### 实验数据记录

表 5-1

实 验 序 号	1	2	3	4	5
两个小球落地的先后					

### 实验数据处理

实验一：

比较做平抛运动的小球和做自由落体运动的小球落地的先后,归纳平抛运动竖直方向分运动的规律。

实验二：

根据竖直方向分运动的规律,设法在平抛运动轨迹上取一组时间间隔相等的点,将其坐标记录到表 5-2 中。通过计算或作图的方法,分析水平方向分运动的规律。

表 5-2

实验序号	1	2	3	4	5	6
$x/\text{m}$						
$y/\text{m}$						

### 结果分析与实验结论

实验一结论：\_\_\_\_\_。

实验二结论：\_\_\_\_\_。

根据上述两个实验的结论,平抛运动的规律可归纳为：

\_\_\_\_\_。

### 讨论与思考

(1) 各组就数据分析的具体过程进行交流,比较、分析实验结果的异同及其原因。

(2) 为什么每次必须将小球从同一位置由静止释放? 如何探究平抛运动的初速度大小对运动轨迹的影响?





## \*阅读材料

本实验也可选用如图 5-5 所示的装置,该装置包含电磁定位板、弹射器、平抛物体(含信号源)、接球槽等。平抛物体内的信号源能够通过振荡电路连续发射 200 kHz 的电磁波,当信号源靠近定位板运动时,定位板可快速探测到信号源的位置并将定位结果传至计算机,由计算机上运行的软件实时显示信号源的坐标,从而得到信号源的运动轨迹。本实验中,电磁定位板的采样频率为 100 Hz。

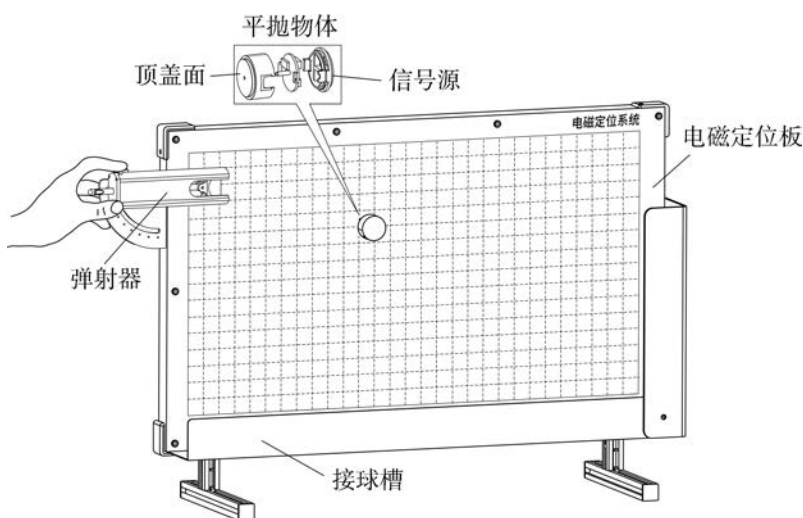


图 5-5

用水平仪将电磁定位板上边沿调至水平,将电磁定位板通过 USB 插口接入计算机。打开平抛物体的电源开关,将平抛物体从弹射器射出,系统即可采集物体的运动轨迹,如图 5-6 所示。

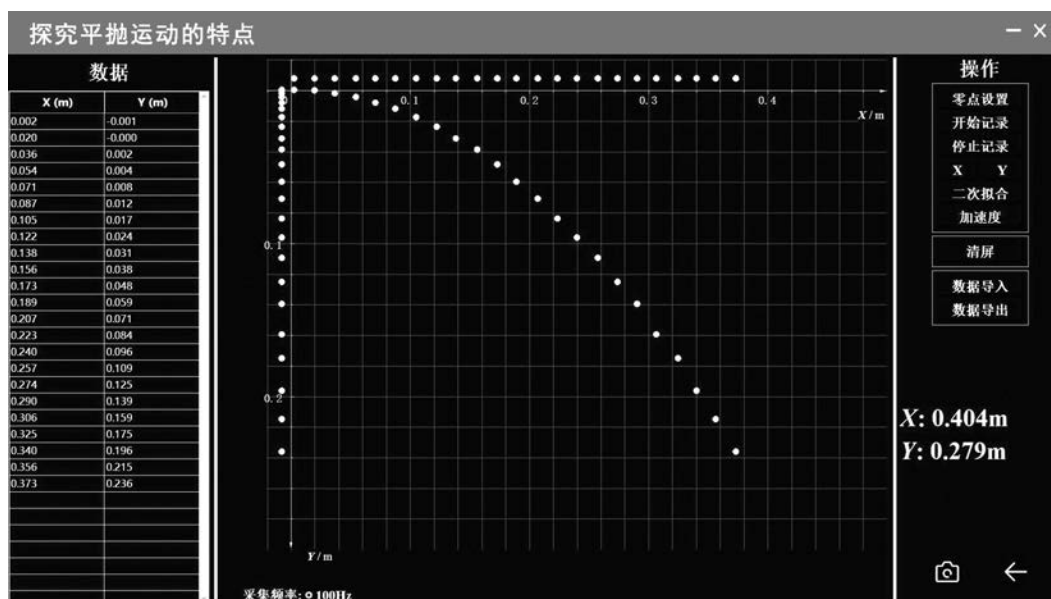


图 5-6

## 4 自主活动 探究向心力的作用效果



### 活动指导

活动目的：

通过观察小球在水平放置的玻璃平板上所做的圆周运动，定性判断向心力方向与速度方向的关系。观察松手后小球的运动情况，体会向心力的作用效果。

活动的装置如图 5-7 所示，实验时的具体操作如下：

(1) 将玻璃或其他较为光滑的材料制成的平板置于水平桌面上，平板的面积可大一些。

(2) 将小球固定在细绳一端，手握住细绳另一端，使小球在平板上做圆周运动。操作时尽量保持手的位置不变。

(3) 松开握住细线的手，观察小球此后的运动情况。

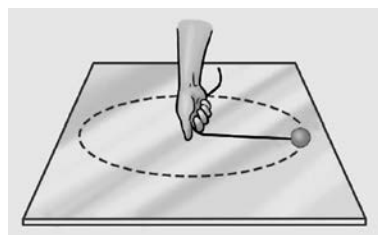


图 5-7

由于在平面内操作，使用投影演示效果更佳。也可使用追踪软件观察松手后小球的运动轨迹。



### 思考

(1) 向心力方向与速度方向有什么关系？

(2) 手松开后，小球将怎样运动？

(3) 向心力的作用效果是什么？

## 5 学生实验 探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系

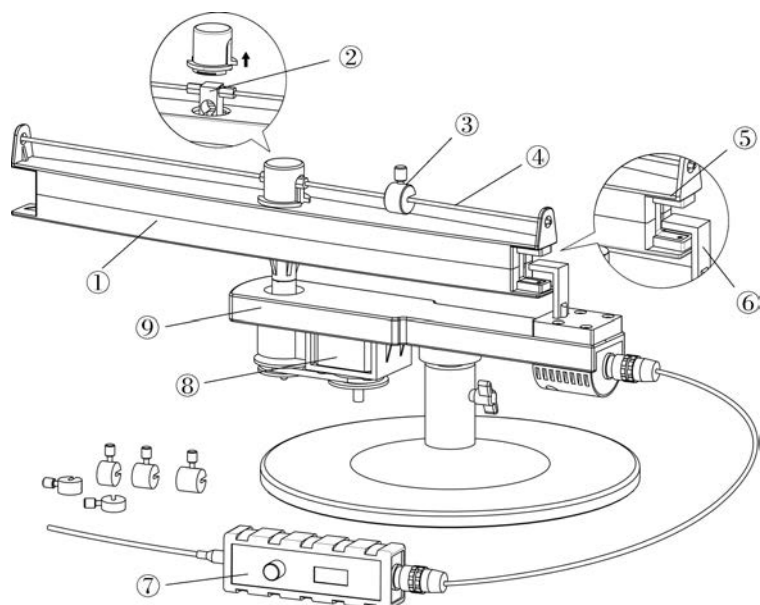


### 实验指导

#### 1. 实验说明

##### (1) 向心力实验装置的结构

如图 5-8 所示的实验装置可供选用。该装置包括电动机、电动机控制器、无线力传感器、无线光电门传感器、挡光片、砝码等。



① 悬臂 ② 无线力传感器 ③ 砝码 ④ 水平连杆 ⑤ 无线光电门传感器  
⑥ 挡光片 ⑦ 电动机控制器 ⑧ 电动机 ⑨ 支架

图 5-8

在电动机的控制下,悬臂可绕支架上的固定转轴在水平面内做匀速转动,在悬臂的转轴上固定一个无线力传感器,水平连杆的一端与无线力传感器相连,连杆上可固定砝码。无线光电门传感器安装在悬臂的一端,挡光片固定在支架上。当悬臂在电动机的控制下匀速转动时,砝码随之做匀速圆周运动。

##### (2) 实验装置的工作原理

向心力大小的测量: 由无线力传感器测出。

角速度的测量与改变: 当悬臂匀速转动时,测出无线光电门传感器通过挡光片时的线速度,

进而得到悬臂旋转的角速度,即砝码的角速度。通过调节电动机的转速,改变悬臂转动的角速度。

半径的测量与改变:利用悬臂上的刻度尺可测出砝码到悬臂中心轴的距离,即做圆周运动的半径。通过调节砝码在连杆上的位置,改变圆周运动的半径。

质量的测量与改变:利用天平测出砝码的质量,通过调换砝码改变质量。

## 2. 实验操作

实验一:探究角速度  $\omega$  与质量  $m$  一定时,向心力  $F$  的大小与半径  $r$  的关系。

(1) 将无线接收器通过 USB 插口接入计算机,打开无线光电门传感器和无线力传感器的开关,将电动机控制器与向心力实验装置连接后接通电源。

(2) 选择一个砝码,将其安装在连杆上,测量并记录其到转轴中心的距离,即圆周运动半径  $r$ 。

(3) 旋转电动机控制器的调速旋钮至某一挡位,当悬臂匀速旋转时,用力传感器测量向心力  $F$  的大小。

(4) 改变砝码的位置,重复实验,将得到的多组  $F-r$  数据记录到数据记录表中。

实验二:探究半径  $r$  与质量  $m$  一定时,向心力  $F$  的大小与角速度  $\omega$  的关系。

(1) 选择一个砝码,将其固定在连杆上某一位置,旋转电动机控制器的调速旋钮至某一挡位。当悬臂匀速旋转时,记录向心力  $F$  的大小和角速度  $\omega$  的数据。

(2) 通过电动机控制器改变悬臂的角速度,重复实验,将得到的多组  $F-\omega$  数据记录到数据记录表中。

实验三:探究半径  $r$  与角速度  $\omega$  一定时,向心力  $F$  的大小与质量  $m$  的关系。

(1) 选择一个砝码,记录其质量。将砝码固定在连杆上某一位置,旋转电动机控制器的调速旋钮至某一挡位,当悬臂匀速旋转时,记录向心力  $F$  的大小。

(2) 更换不同质量的砝码,保持调速旋钮的输出值和砝码的位置不变,重复实验,将得到的多组  $F-m$  数据记录到数据记录表中。

## 实验报告

### 实验名称

探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系

### 实验目的

- (1) 学习使用向心力实验装置。
- (2) 运用控制变量法设计实验方案。
- (3) 探究向心力  $F$  的大小与半径  $r$ 、角速度  $\omega$ 、质量  $m$  之间的关系。

### 实验原理

向心力  $F$  的大小与多个物理量有关,本实验采用控制变量法进行探究。分别探究:

- (1)  $\omega$  与  $m$  一定时,  $F$  与  $r$  的关系。

(2)  $r$  与  $m$  一定时,  $F$  与  $\omega$  的关系。

(3)  $r$  与  $\omega$  一定时,  $F$  与  $m$  的关系。

综合三个实验的结论, 得出向心力  $F$  的大小与半径  $r$ 、角速度  $\omega$  和质量  $m$  的关系。

### 实验器材

向心力实验装置, 计算机。

### 实验方法与步骤

实验装置中, 无线力传感器测出的对连杆的拉力大小等于砝码受到的向心力大小; 砝码的运动半径可由连杆上的刻度读出; 测出无线光电门传感器通过挡光片的时间, 由此计算光电门传感器的瞬时速度, 结合运动半径可得到悬臂旋转的角速度, 即砝码的角速度。

本实验采用作图的方法分析数据, 得到物理量间的函数关系。

本实验的主要步骤如下:

实验一: 探究角速度  $\omega$  与质量  $m$  一定时, 向心力  $F$  的大小与半径  $r$  的关系。

(1) 将一个砝码固定在连杆上, 测量并记录圆周运动半径  $r$ 。

(2) 使悬臂匀速旋转, 测量并记录向心力  $F$  的大小。

(3) 改变砝码位置, 重复实验。

实验二: 探究半径  $r$  与质量  $m$  一定时, 向心力  $F$  的大小与角速度  $\omega$  的关系。

(1) 将一个砝码固定在连杆上。

(2) 使悬臂匀速旋转, 测量并记录向心力  $F$  的大小和角速度  $\omega$ 。

(3) 改变悬臂的角速度, 重复实验。

实验三: 探究半径  $r$  与角速度  $\omega$  一定时, 向心力  $F$  的大小与质量  $m$  的关系。

(1) 选择一个砝码, 记录其质量, 并将其固定在连杆上。

(2) 使悬臂匀速旋转, 测量并记录向心力  $F$  的大小。

(3) 更换不同质量的砝码, 重复实验。

### 实验数据记录

(1) 保持角速度  $\omega$  与砝码质量  $m$  不变, 改变并记录砝码的运动半径  $r$ , 测量向心力  $F$  的大小, 将实验数据记录在表 5-3 中。

表 5-3

$\omega =$  \_\_\_\_\_,  $m =$  \_\_\_\_\_

实验序号	1	2	3	4	5	6
$r/\text{m}$						
$F/\text{N}$						

(2) 保持砝码的运动半径  $r$  和质量  $m$  不变, 改变并记录角速度  $\omega$ , 测量向心力  $F$  的大小, 将实验数据记录在表 5-4 中。

表 5-4

$r = \underline{\hspace{2cm}}, m = \underline{\hspace{2cm}}$

实验序号	1	2	3	4	5	6
$\omega / (\text{rad} \cdot \text{s}^{-1})$						
$F / \text{N}$						

(3) 保持砝码的运动半径  $r$  和角速度  $\omega$  不变, 改变并记录砝码的质量  $m$ , 测量向心力  $F$  的大小, 将实验数据记录在表 5-5 中。

表 5-5

$r = \underline{\hspace{2cm}}, \omega = \underline{\hspace{2cm}}$

实验序号	1	2	3	4	5	6
$m / \text{kg}$						
$F / \text{N}$						

### 实验数据处理

实验一:

在  $F-r$  坐标系(图 5-9)中描点、作图, 获得  $F$  与  $r$  间的定量关系。

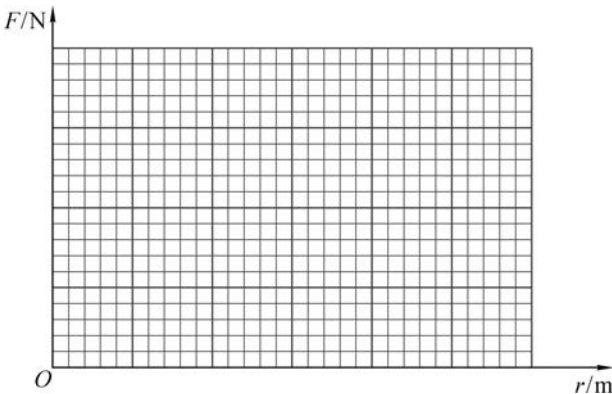


图 5-9

实验二:

(1) 在  $F-\omega$  坐标系(图 5-10)中描点、作图, 获得  $F$  与  $\omega$  间的定量关系。

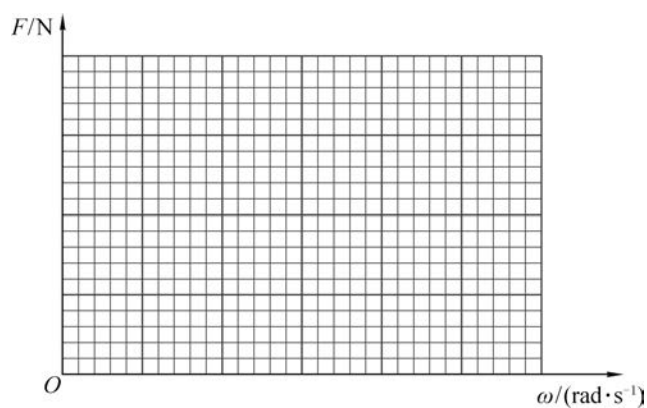


图 5-10

(2) 根据  $F-\omega$  图像猜想  $F$  与  $\omega$  之间可能的函数关系,在图 5-11 中选择合适的坐标作图来验证猜想。

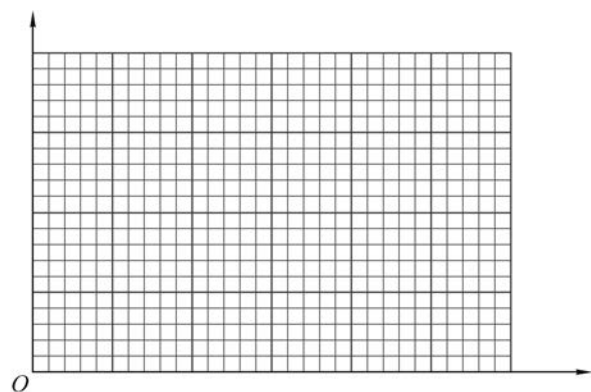


图 5-11

实验三:

在  $F-m$  坐标系(图 5-12)中描点、作图,获得  $F$  与  $m$  间的定量关系。

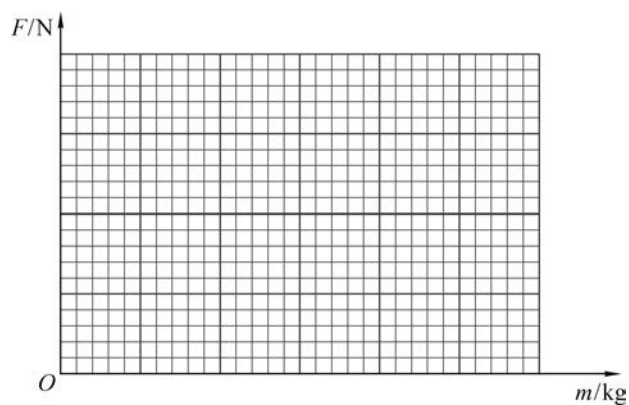


图 5-12

### 结果分析与实验结论

实验一结论: \_\_\_\_\_。



实验二结论：\_\_\_\_\_。

实验三结论：\_\_\_\_\_。

将上述三个实验的结论汇总，可得到向心力  $F$  的大小与半径  $r$ 、角速度  $\omega$ 、质量  $m$  的关系为：\_\_\_\_\_。

### 讨论与思考

(1) 各组就实验数据进行交流，比较、分析实验结果的异同及其原因。

(2) 线速度、角速度都可以描述物体做匀速圆周运动的快慢，用本实验的装置能否直接研究向心力大小与半径、线速度、质量的关系？



## 6 学期活动 研究自行车中的圆周运动



### 活动内容与要求

如图 5-13 所示是自行车最主要的传动部件,牙盘(大齿轮)和飞轮(小齿轮)用链条相连,踏脚曲柄和牙盘固定连接,后车轮与飞轮固定连接。当用力蹬踏板时,后车轮就会转动,从而使自行车前进。自行车前进时,车轮在地面每滚动一圈,车身前进的距离等于车轮周长,轮缘上的点既随车身向前移动,又同时绕轮轴做圆周运动。

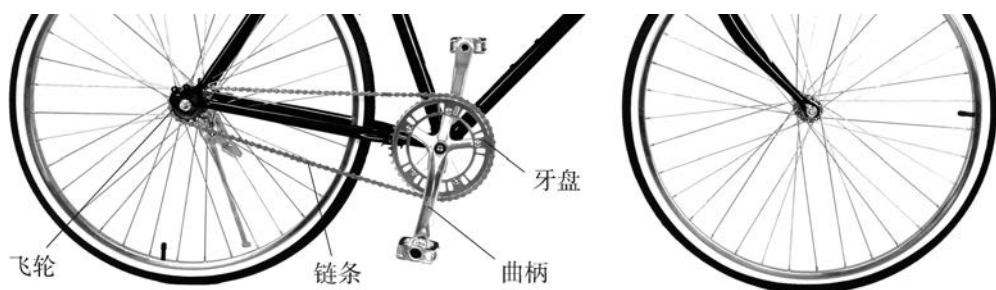


图 5-13

这是一个探究类活动,本活动要求:

- (1) 探究自行车各转动部件的传动关系。
- (2) 测算自行车的踏板每转动一周自行车前进的距离。



### 活动指导

- (1) 以小组为单位(不超过 4 人)开展研究活动。
- (2) 制作用于交流的电子文档,要求呈现:
  - ① 小组成员及分工介绍;
  - ② 小组对自行车各部件传动关系的研究结果;
  - ③ 理论预测介绍:预测自行车的踏板转动一周自行车前进的距离,并说明预测的理论依据和分析过程;
  - ④ 实际测量介绍:包括测量方案、待测物理量、测量工具、操作过程、测量数据及最终结果;
  - ⑤ 比较实际测量的结果和理论预测的数据,进行分析评价。
- (3) 选出 1 或 2 名成员完成现场的交流展示。
- (4) 在测量活动中要注意安全。



## 参考资料

必修第二册教材第 16 页“问题与思考”第 5 题中提供了变速自行车的结构以及自行车车速的计算方法,可供拓展研究参考。



## 评价量表

表 5-6

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	理解线速度、角速度及其关系,能解释自行车中的多个圆周运动和彼此间的联系		
科学思维	能根据匀速圆周运动相关规律和观察,获得自行车各转动部件的传动关系		
	能根据匀速圆周运动相关规律,合理地分析、推理和计算,从而预测出踏板转动一周自行车前进的距离		
	能基于图片、实验视频、表格数据等证据,表达自己的观点		
	对于预测结果和实测结果,能提出有理有据的观点		
	能对他人的研究提出质疑		
科学探究	能提出可行的实验测量方案,测量方案有创意		
	能完成实验测量,并记录有效的实验数据		
	能根据测量数据,得到结论		
	能清楚地整理出实验目的、方案、步骤、数据记录和实验结果等		
	能用规范的物理语言、图表等交流研究过程		
科学态度与责任	在合作中尊重他人、帮助他人		
	乐于承担任务,积极投入课题研究		
	研究过程中坚持实事求是		

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

## 第七章 机械能守恒定律

### 自主活动 探究重力势能的影响因素



#### 活动指导

活动目的：

通过实验猜想重力势能与哪些因素有关。在分析过程中，强调证据与结论的一致性，从而引出控制变量的思想在本实验设计中的作用。

活动的装置如图 7-1 所示，实验时的具体操作如下：

- (1) 将泡沫板或沙盘置于桌面上。
- (2) 运用控制变量的思想设计实验操作步骤。
- (3) 操作实验，观察并记录凹痕的深浅程度。
- (4) 根据结果归纳结论。

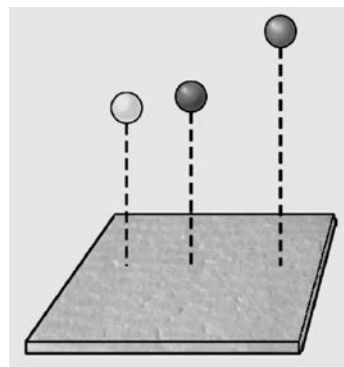


图 7-1



#### 思考

- (1) 能否根据结果猜想重力势能与哪些因素有关？若能，提出猜想；若不能，说明理由。
- (2) 如何运用控制变量的思想设计实验方案？

## 2 学生实验 验证机械能守恒定律



### 实验指导

#### 1. 实验说明

##### (1) 验证机械能守恒定律实验装置的结构

如图 7-2 所示的实验装置可供选用。本装置包括摆锤(内置光电门传感器)、挡光片、连接杆、固定装置、底座、立柱等。

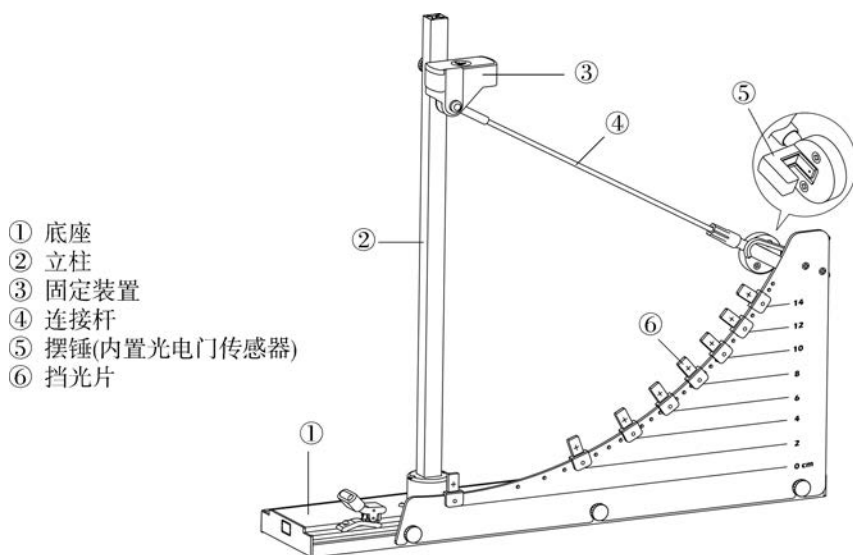


图 7-2

##### (2) 实验装置的工作原理

由于连接杆的质量远小于摆锤质量,摆动过程中,连接杆的动能和重力势能可忽略,只要测量摆锤的动能和重力势能即可。

摆锤速度的测量:摆锤内置的光电门传感器可以测出摆锤经过每个挡光片的时间,进而得到摆锤的瞬时速度。

摆锤高度的测量与改变:6块挡光片可用螺栓固定在不同位置并由板上刻度读出对应的高度,刻度对应的高度是光电门经过该位置时光孔(即挡光片上十字刻纹)的高度,相邻光孔之间的高度差为 0.5 cm。

#### 2. 实验操作

##### (1) 将实验装置通过 USB 插口接入计算机。

(2) 将 6 块挡光片固定在不同的位置并记录对应的高度,填入计算机中“高度  $h/\text{m}$ ”一行,如图 7-3 所示。

(3) 释放摆锤,可以得到摆锤经过 6 个位置的瞬时速度大小,将各组数据记录到表中对应的位置。

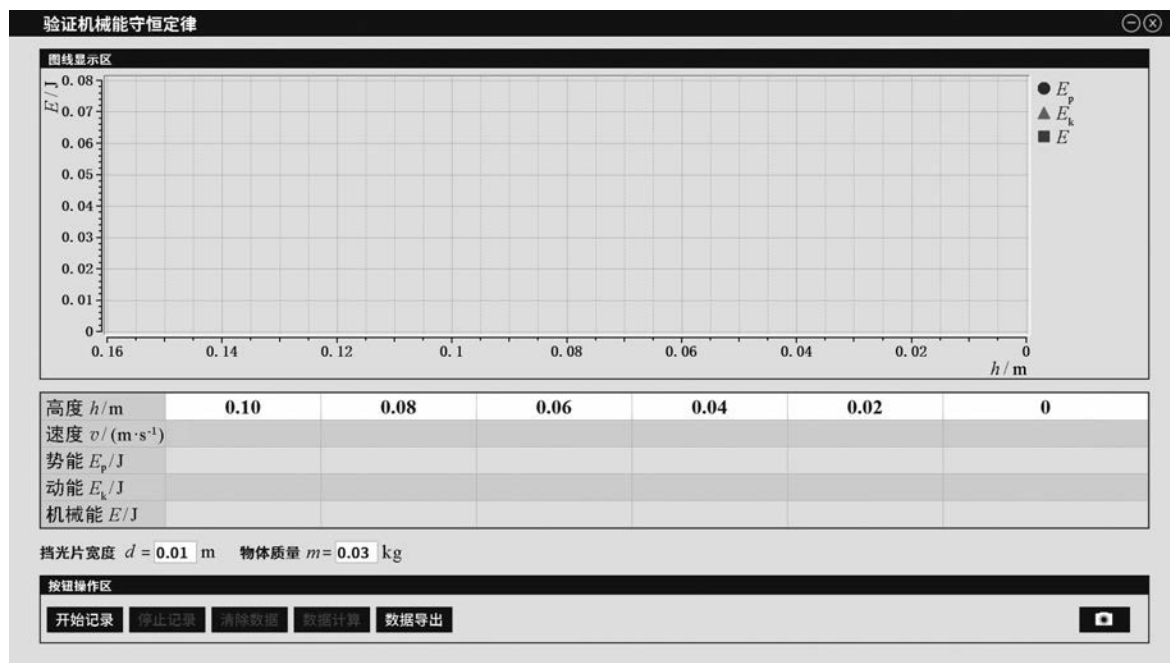


图 7-3

(4) 重新选择 6 个位置安装挡光片,记录对应高度,重复实验。

## 实验报告

### 实验名称

验证机械能守恒定律

### 实验目的

- (1) 设计实验方案,学习使用机械能实验装置。
- (2) 验证机械能守恒定律。

### 实验原理

在物体运动过程中,空气阻力和重力都对物体做功,当空气阻力远小于重力时,物体的机械能近似守恒。

为了验证机械能近似守恒,需要测量物体运动过程中经过不同位置时的动能  $E_k$  和重力势能  $E_p$ ,并验证各位置  $E_k + E_p$  是否近似保持不变。本实验通过测量物体运动的速度和高度的方法间接测量动能和重力势能。

### 实验器材

机械能守恒实验装置,计算机。

### 实验方法与步骤

挡光片宽度  $d$ 、摆锤的质量  $m$  已知。释放摆锤,光电门传感器可以分别测出摆锤经过 6 个位置的时间,由此计算摆锤的瞬时速度  $v$ ,进而得到摆锤经过 6 个位置的动能。通过读出 6 块挡光片所在位置的高度,可以得到摆锤在 6 个位置的重力势能。进一步分析数据可验证机械能守恒定律。

本实验的主要步骤如下:

- (1) 将 6 块挡光片固定在不同位置,记录各位置对应的高度。
- (2) 释放摆锤,测量并记录 6 个位置的瞬时速度大小。
- (3) 改变挡光片位置,重复实验。

### 实验数据记录

表 7-1

挡光片宽度  $d =$  \_\_\_\_\_ m, 摆锤质量  $m =$  \_\_\_\_\_ kg

挡光片序号	1	2	3	4	5	6
$h/\text{m}$						
$v/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$						

### 实验数据处理

通过计算机获得 6 个位置的动能  $E_k$ 、重力势能  $E_p$  和机械能  $E$ ,并在坐标系中显示  $E_k$ 、 $E_p$  和  $E$  随高度变化的图像。(将实验图像粘贴在此处)

### 结果分析与实验结论

结论: \_\_\_\_\_。

### 讨论与思考

(1) 各组就实验数据进行交流、比较,分析实验结果的异同及其原因,探讨实验的改进方法。

(2) 若装置中仅提供一块挡光片,能否完成本实验?若能,写出实验方案;若不能,说明理由。

### 3 学期活动 解释交通法规中汽车 刹车距离与车速之间的关系



#### 活动内容与要求

车辆超速或两车间距离过短是导致交通事故,特别是追尾事故的重要原因之一。为了保证交通安全,我国道路交通安全法规规定:汽车在行驶过程中不得超过限速标志标明的最高车速,且车辆之间应该保持必要的安全距离,并对最高车速和安全距离做出了明确规定。

这是一个调查类活动,本活动要求:

- (1) 查阅资料或访问相关部门,收集交通法规中关于我国最高车速和安全车距的规定。
- (2) 运用动能定理分析数据,阐述我国交通法规中相关实施条例的制定依据。



#### 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) 收集我国现行交通法规关于最高车速和安全车距的规定和数据:
  - ① 标明数据与资料的出处,如:“……”摘自《×××》第××页;
  - ② 将上述数据与资料按照一定的逻辑顺序排列(可以用图表的形式);
  - ③ 可进一步筛选与刹车距离或车速相关的其他规定并说明理由。例如,遇到车辆故障无法继续行驶时,应在车后50 m至100 m处设置警告标志等。
- (3) 收集其他必要信息,如刹车距离的影响因素、驾驶员的反应时间等,运用动能定理分析我国现行交通法规中的相关规定和数据。
- (4) 编制小报并交流。小报中至少应呈现:
  - ① 使用到的数据及出处;
  - ② 必要的理论分析过程;
  - ③ 机动车安全驾驶宣传。



#### 参考资料

法律法规内容可参考《中华人民共和国道路交通安全法》《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》。





## 评价量表

表 7-2

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	能从能量变化的角度分析实际问题		
科学思维	能根据实际情况建立合理的物理模型		
	能正确运用动能定理分析问题		
	论证过程逻辑严谨,数据、分析与结论一致		
	能考虑天气、驾驶员等多种因素的影响		
科学探究	收集的数据或信息来源可靠		
	能用适当的形式(如图表)呈现数据及分析过程		
	小报内容充实、可读性强		
科学态度与责任	在合作中尊重他人、帮助他人		
	乐于承担任务,积极投入研究全过程		
	引用的数据或信息都能标明出处		
	小报中包含了宣传安全驾驶的内容		
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			

## 第八章 牛顿力学的局限性与相对论初步

### 学期活动 了解相对论的发展历史和爱因斯坦的科学思想



#### 活动内容与要求

20 世纪初相对论的建立是现代物理学的一次革命,了解相对论的发展历史和爱因斯坦的科学思想有助于我们更好地学习和掌握现代物理学知识,提高分析问题和解决问题的能力及创新能力。

这是一个阅读与综述类活动,本活动要求:

- (1) 通过阅读相关书籍和查阅资料,进一步了解相对论的发展历史和爱因斯坦的科学思想。
- (2) 在此基础上撰写读书报告。



#### 活动指导

- (1) 以小组为单位(不超过 4 人)合作完成,成员有明确的分工。
- (2) 撰写的读书报告应包含(但不限于)以下方面:
  - ① 整理并总结相对论的发展历史以及对相对论的建立有过贡献的科学家;
  - ② 总结爱因斯坦对建立相对论的主要贡献;
  - ③ 通过爱因斯坦的科学生涯总结爱因斯坦的科学思想。
- (3) 以小组的形式进行展示与交流。
  - ① 读书报告中引用或参考的书籍与资料应标明出处;
  - ② 可以采用图表、时间轴等多种形式叙述,增加可读性。



#### 参考资料

读书报告格式

### 报 告 标 题

作者

学校、班级、撰写日期

**摘 要：**(100~150 字,是对报告内容的简单描述)

**关键词：**(3~5 个,是关键内容的提示,每个关键词之间间隔一个字符)

正文(约 3 000 字)……

……

参考文献：……

【注】参考文献可以有不同的种类,如:图书、期刊、报刊、论文集、报告、电子资源等。本活动需要阅读和参考的文献类型主要有图书、期刊和电子资源,相应的参考文献格式如下:

图书:[序号(即所阅读的书籍、文献编号,下同)]作者.书名.出版者,出版年:起止页.

期刊:[序号]作者.标题.刊名,年,卷(期):起止页.

电子资源:[序号]作者.标题.获取和访问路径.



## 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	知道相对论时空观的基本内容		
	能准确使用相关的物理名词		
科学思维	能用准确、科学的语言表述爱因斯坦的科学思想		
科学探究	读书报告内容详实,具有可读性		
	展示与交流时,逻辑清晰,表达流畅		
科学态度与责任	在合作中尊重他人、帮助他人		
	乐于承担任务,积极投入活动全过程		
	报告中引用的内容都能标明出处且引用不超过 40%		
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 静电场

### 自主活动 检测物体是否带电



#### 活动指导

活动目的：

- (1) 利用验电器检测物体是否带电。
- (2) 利用数字式静电计检测物体所带的电荷量。

实验装置如图 9-1 所示。验电器是一种检测物体是否带电以及粗略估计带电物体所带电荷量多少的仪器。当被检验物体接触验电器顶端的金属球时，自身所带的部分电荷会传到玻璃罩内的金属箔片上。由于同号电荷相互排斥，金属箔张开；电荷量越大，张开的角度越大。如果物体不带电，则金属箔不动。根据两金属箔片张角的大小可估计物体所带电荷量的多少。

实验所用数字式静电计如图 9-2 所示。通过数字式静电计的液晶显示屏即可以观察到物体所带电荷的正、负以及电荷量的多少。使用数字式静电计时要注意以下两点：一是测量前先按下调零按钮将电荷量的显示归零；二是所用数字式静电计的量程（ $-100 \sim +100 \text{ nC}$ ）。

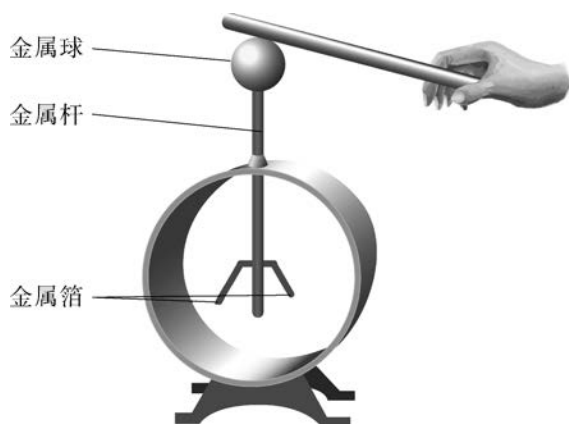


图 9-1



图 9-2

数字式静电计不仅使我们体验和检验看不见的电荷量，还可以对其进行定量测量。在

实验过程中,可能数字式静电计的示数较小,此时可将摩擦后的带电体在金属球上前后移动,从而增加静电计顶端的金属球所带的电荷量,使得实验现象更明显。



### 思考

用验电器下方金属箔张角变化来显示物体所带电荷量的多少与用数字式静电计检测物体所带的电荷量的区别在哪里?

## 2 自主活动 模拟静电场的电场线



### 活动指导

活动目的：

- (1) 观察孤立电荷周围的电场线分布。
- (2) 观察等量异号电荷周围的电场线分布。
- (3) 观察等量同号电荷周围的电场线分布。

针状晶体或头发屑在电场中由于极化而在电场中有规律地排列，它们的排列走向顺着电场力的方向。我们可以观察到针状晶体或头发屑按电场强度方向排列起来，从而可以形象地模拟静电场电场线的大致分布，实现模拟各类典型电场线的实验目的。

实验装置如图 9-3 所示，把奎宁（一类植物树皮中的生物碱）的针状晶体或头发屑悬浮在蓖麻油或洗洁精中。利用手摇起电机产生的高压加在实验装置中不同形状的电极上，电极是电荷集中的地方，其周围存在电场。针状晶体或头发屑这类细小的绝缘体在电场中会顺着电场力的方向排列。此实验也可借助高压电极与水平玻璃板上细小的石膏晶粒或食用油上漂浮的草籽等进行。

我们观察到针状晶体或头发屑的排列好像一条条曲线，可以形象地模拟静电场的大致分布，从而实现模拟各类典型电场线的实验目的。

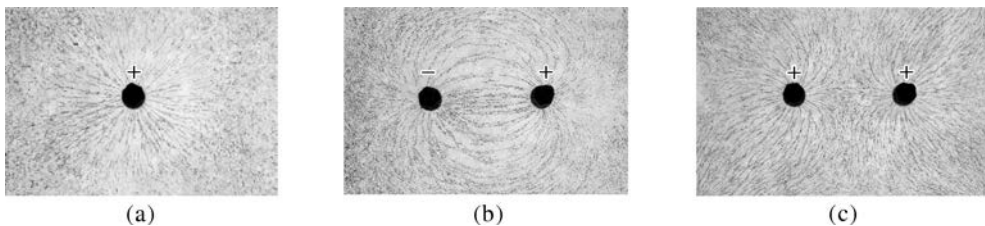


图 9-3



### 思考

必修第三册教材第 13 页上的节导图所展示的科技馆“怒发冲冠”项目的原理是什么？请给出你的解释。

## 3 自主活动 带电粒子在电场中的偏转



### 活动指导

活动目的:

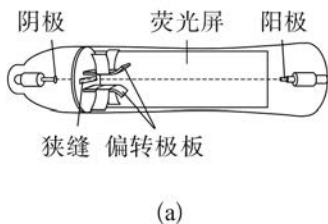
- (1) 观察电子束在电场中的偏转情况。
- (2) 改变偏转极板电压的极性,观察电子束在电场中的偏转情况变化。

图 9-4 所示的电子束演示器可以用来演示带电粒子在电场中的偏转。电子束演示器中的玻璃管部分为一根带偏转极板的阴极射线管,如图 9-5(a)所示。阴极射线管的左、右两端连接了加速极板电压,阳极端接高电位,就会有射线(电子束)从阴极射向阳极。电子束肉眼并不可见,但高速电子束打到荧光粉表面时可使荧光屏发光,因此利用荧光屏可清晰地显示出电子束运动的径迹。在荧光屏前有一狭缝,电子束只能从狭缝中通过并沿直线前进。在电子束经过路径的上下方有一对平行金属板,称为偏转极板。通过控制偏转极板施加的电压,可以改变电子束的偏转情况并进行观察。

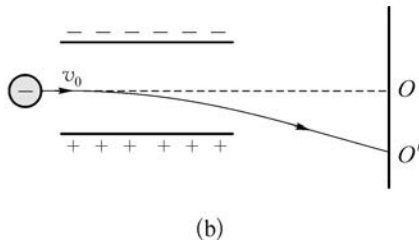
首先打开电源开关,接着调节电源的加速极板电压,使阴极射线管的荧光屏上出现一条绿色的水平亮线。然后,对偏转极板之间施加负上正的电压,并逐渐升高偏转极板电压,观察电子束的偏转情况。最后,改变偏转极板的正负极,重复上述实验步骤。



图 9-4



(a)



(b)

图 9-5

可观察到:当偏转极板之间未加电压时,电子束不发生偏转;当偏转极板之间施加负上正的电压时,电子束在电场力的作用下向下偏转[图 9-5(b)];当偏转极板之间施加正上负的电压时,电子束在电场力的作用下向上偏转。

注意事项:

本实验电压较高,建议作为演示实验。如作为学生活动,可在教师指导下规范使用电子束演示器,确保用电安全。



## 思考

如果仅增大加速极板之间的电压,电子束的偏转方向以及偏转程度是否发生变化?



## 学生实验 观察电容器的充、放电现象



### 实验指导

#### 1. 实验说明

电容器在充电和放电过程中,电路中的电流及电容器两极板间的电压均随时间变化。因此,可以通过观察与电容器串联的灯泡的亮度变化来了解电容器两极板间的电压和电路中电流随时间的变化情况;也可以利用电压传感器与电流传感器来观察。根据电压传感器的示数,了解电容器两极板间的电压在充电、放电过程中随时间的变化情况;根据电流传感器的示数,了解电容器充电、放电时电路中电流的方向和大小随时间的变化情况。

#### 2. 实验操作

##### (1) 实验方法

本实验两种方案的参考电路分别如图 9-6(a)、(b)所示,其中 S 为单刀双掷开关,S 接通接线柱 1 时为充电电路,接通接线柱 2 时为放电电路。采用如图 9-6(b)所示的方案时,应合理设置电源电压  $E$ 、固定电容器  $C$  和电阻  $R$  的值,使充电、放电过程中的电流传感器和电压传感器既能工作在量程范围内,又能使电流和电压的示数有明显变化,同时还要有恰当的充电、放电时间。

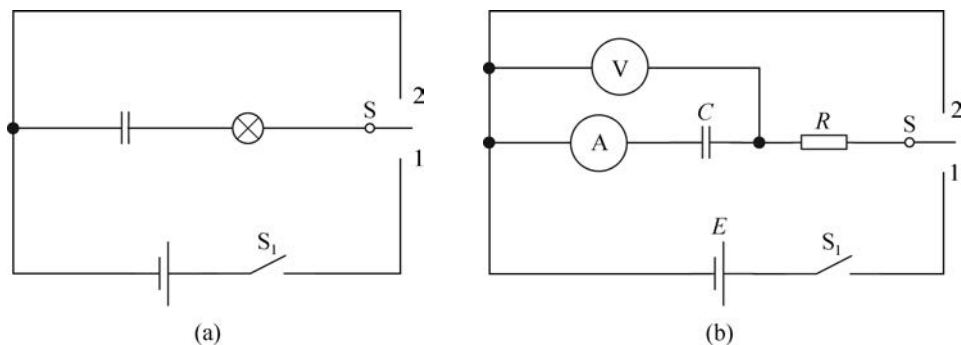


图 9-6

##### (2) 实验步骤

方案一:

- ① 如图 9-6(a)所示,将各部分元器件组装,固定电容器可选用  $100\ \mu\text{F}$ 、 $470\ \mu\text{F}$  等。
- ② 闭合开关  $S_1$ ,拨动单刀双掷开关 S,使其先后置于充电、放电位置使电容器充电和放电,观察灯泡的亮度变化。
- ③ 数据收集:

观察和记录电容器的充、放电过程中灯泡的亮暗变化情况。

方案二:

① 如图 9-6(b)所示,将各部分元器件组装,固定电容器可选用  $100\ \mu\text{F}$ 、 $470\ \mu\text{F}$  等。

② 闭合开关  $S_1$ ,开始记录,拨动单刀双掷开关  $S$  对电容器充电和放电。分别观察电压传感器采集的  $U-t$  图像和电流传感器采集的  $I-t$  图像。

③ 数据收集:

观察电容器充、放电的  $U-t$  图像和  $I-t$  图像。

## 实验报告

### 实验名称

观察电容器的充、放电现象

### 实验目的

本实验的目的是学习使用常见电路元器件电容器。学习使用电压传感器和电流传感器来观察电容器在充、放电过程中电路中的电流变化和电容器两极板间的电压变化,以形成对充、放电过程的正确认识。

### 实验原理

图 9-7 为电容器充、放电的原理图。如果将单刀双掷开关  $S$  掷向接线柱 1,电源、电阻、电容器通过导线形成电路,电路中电荷移动使电容器两极板分别带上等量异号电荷。这个过程称为对电容器充电。每个极板所带的电荷量的绝对值叫做电容器所带的电荷量。随着极板上积累的电荷量不断增大,电容器两极板间的电势差  $U$  逐渐增大。当两板间电势差增大至与电源两端电压相等时,电路中不再有电流流动,电容器的充电过程完成。

当电容器充电完成时,将单刀双掷开关  $S$  掷向接线柱 2,电容器上的电荷中和放电,极板上电荷量下降,两极板之间的电势差  $U$  也随之下降。当极板上的电荷量降为 0 时,两极板之间电势差也下降为 0,电容器最终不再带电,电容器的放电过程完成。

### 实验器材

稳压电源、固定电容器、单刀双掷开关、灯泡(方案一)、电压传感器(方案二)、电流传感器(方案二)、数据采集器(方案二)、计算机(方案二)等。

### 实验方法与步骤

方案一:根据如图 9-8 所示的电路,通过灯泡的亮度变化情况观察电容器的充电和放电过程。

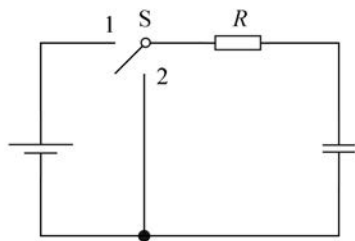


图 9-7

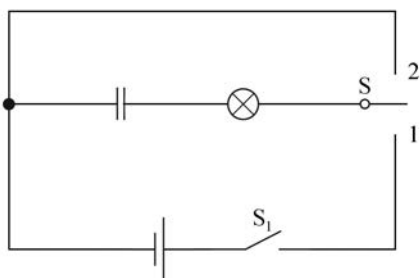


图 9-8

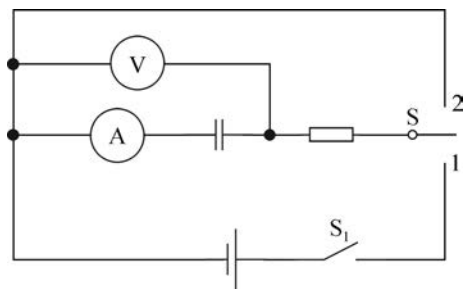


图 9-9

实验步骤：

- (1) 按图 9-8 将各部分元器件组装,固定电容器可选用  $100\ \mu\text{F}$ 、 $470\ \mu\text{F}$  等。
- (2) 闭合开关  $S_1$ ,拨动单刀双掷开关  $S$  置于接线柱 1,观察电容器充电时灯泡的亮度变化。
- (3) 拨动单刀双掷开关  $S$  置于接线柱 2,观察电容器放电时灯泡的亮度变化。

方案二：根据如图 9-9 所示的电路,利用电压传感器和电流传感器,代替电压表和电流表,分别采集电容器两极板间的电压、电路中的电流信号,得到电容器充、放电时电压  $U$  和电流  $I$  随时间  $t$  变化的图像,从而了解电容器的充电和放电过程。

实验步骤：

- (1) 按图 9-9 将各部分元器件组装,固定电容器可选用  $100\ \mu\text{F}$ 、 $470\ \mu\text{F}$  等。
- (2) 打开专用软件中学生实验“观察电容器的充、放电现象”。
- (3) 先后点击“开始记录”与“传感器调零”。
- (4) 闭合开关  $S_1$ ,拨动单刀双掷开关  $S$  置于接线柱 1,观察电容器充电时,电压传感器采集的  $U-t$  图像和电流传感器采集的  $I-t$  图像。
- (5) 当  $U-t$  图线平缓上升趋于稳定后,拨动单刀双掷开关  $S$  置于接线柱 2,待  $U-t$  图线再次稳定后,点击“停止记录”。观察电容器放电时,电压传感器采集的  $U-t$  图像和电流传感器采集的  $I-t$  图像。

### 实验数据处理

观察到电容器充、放电的  $U-t$  图像和  $I-t$  图像：

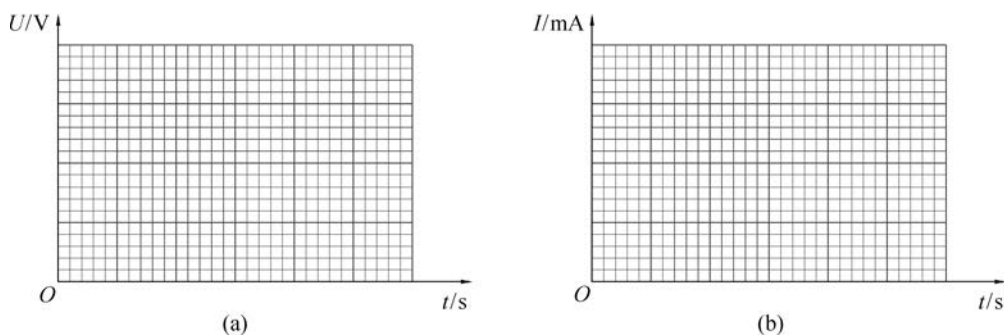


图 9-10

### 结果分析与实验结论

(1) 结果分析: \_\_\_\_\_。

(2) 实验结论: \_\_\_\_\_。

### 讨论与思考

更换另一电容值不同的电容器,重复上述实验步骤。观察  $U-t$  图像与  $I-t$  图像的变化,比较异同。

## 5 自主活动 体验静电复印



### 活动指导

活动目的：

体验静电复印的原理。

利用干燥的丝绸与干燥、绝缘的塑料板摩擦起电，使得塑料板上带上与丝绸等量的异号电荷。塑料板上手指划过之处的电荷被传导出去，故塑料板上手指写过字的地方并不带电。塑料板上带电的部分能够吸引轻小物体，不带电部分的细木屑（或粉笔屑）被抖落。

准备一块干燥的塑料板、一块干燥的丝绸和一些干燥的细木屑（或粉笔屑）。把塑料板放在桌面上，用丝绸在塑料板上用力摩擦，使绝缘塑料板带电。再用手指在塑料板上缓慢移动写字，比如写一个“大”字。然后把干燥的细木屑（或粉笔屑）均匀地撒在塑料板上，竖起塑料板并轻轻敲击，塑料板上就会留下一个空心的“大”字。



### 思考

如果想在塑料板上留下一个实心的“大”字，能否给出你的具体做法？

## 6 学期活动 自动体外除颤器



### 活动内容与要求

1. 调查研究学习活动一般以课题小组合作研究为基本组织和实施形式。每组可由同一班级内的 3~5 人组成(若条件成熟,也可以跨班组建)。课题组内要进行课题分工和角色分工,每个成员都要承担一部分相对独立的课题调查研究工作或成果展示工作。
2. 每组可基于自身兴趣选择并确定调查研究的主题。课题组活动时间可统一安排在课余时间或双休日进行。
3. 若调查报告涉及引文标注,应采用顺序编码制,采用“脚注”方式放置于每页正文的最下方。
4. 若涉及问卷调查,需设计问卷,详细记录、分析调查数据,并体现在宣传海报中。
5. 完成一份调查研究报告,同时绘制宣传海报。期末在学校或班级内展示交流,对各组的调查报告和宣传海报进行自评和互评。



### 活动指导

围绕主题“心源性猝死的抢救方法”开展分组探究活动,可自行确立与自动体外除颤器(AED)相关的调查研究主题,也可从以下给出的主题中选择一个开展调查研究。参考主题如下:

1. 调查心源性猝死的症状与抢救方式,绘制心肺复苏操作方法的宣传海报。
2. 调查为什么要在公共场所安装自动体外除颤器,绘制你所在学校及周边区域的该设备分布图。
3. 调查寻找学校自动体外除颤器的数量和设置位置,绘制使用方法的宣传海报。
4. 调查自动体外除颤器的工作原理,将其中涉及静电场的相关知识绘制成科普海报。
5. 调查自动体外除颤器的使用现状及公众认知度、满意度,绘制调查结果图并撰写调查报告。

这是一个调查与宣传类活动。自动体外除颤器在学校、地铁站、商场等人流密集的公共场所越来越常见,因此,很有必要对其工作原理、设备分布和使用方法等进行宣传普及。本学期活动的内容见必修第三册教材第 44 页。



### 参考资料

1. 调查报告样例:

由于自选的主题种类不同,故调查报告的格式不做限制。

2. 宣传海报样例：  
如图 9－11 所示。

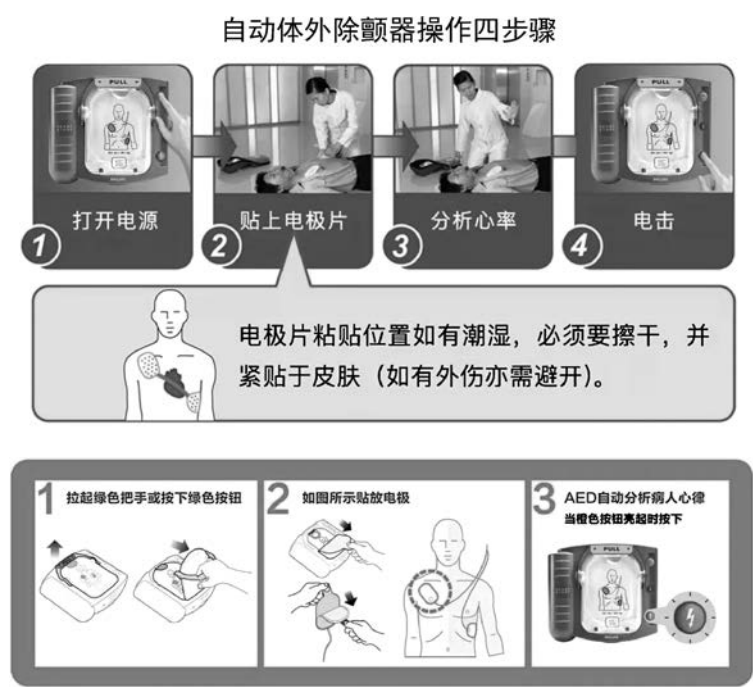


图 9－11

## 评价量表

表 9－1

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	可以从应用角度分析电容器充、放电时的能量		
科学思维	能在熟悉的问题情境中应用常见的物理模型		
	能恰当使用证据表达自己的观点		
科学探究	能从工作原理、使用方法、设备分布、公众认知等不同角度,思考与自动体外除颤器相关的问题		
	收集的数据或调查信息来源可靠		
	能用适当的形式(如宣传海报、图表等)呈现操作方法、设备分布、数据分析过程		
	调查报告内容充实、可读性强		
	能从收集的数据中提取科学、合理的结论或提示		

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	在合作中既能主动参与,又能发挥团队的作用		
	有学习物理的兴趣,具有实事求是的态度,合作中能尊重他人		
	了解科学·技术·社会·环境的关系		
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			



## 第十章 电路及其应用

### 自主活动 温度对导体电阻的影响



#### 活动指导

该活动通过实验测量,演示温度对导体电阻的影响。

将电流表、电压表、小灯泡、滑动变阻器、开关、电源等按照图 10-1 搭建电路。

闭合实验电路中的开关,改变滑动变阻器的阻值,点击记录多组不同的电压值、电流值和温度值。由表 10-1 显示的测量数据可见,所测灯丝的电阻值随电流的增大而增大,温度随电流的增大而增大。也可利用数据绘制  $I-U$  图像,如图 10-2 所示。由图像也可以直观地看出电阻阻值不是一个定值,而是随电压增加逐渐增大的。

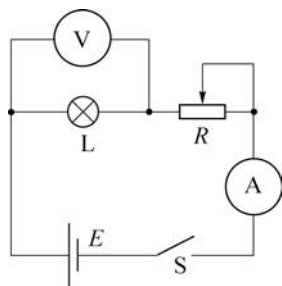


图 10-1

表 10-1

电流 $I/\text{A}$	电压 $U/\text{V}$	温度 $t/^\circ\text{C}$	电阻 $R/\Omega$
0.08	0.11	26.0	1.38
0.13	0.31	26.7	2.38
0.16	0.60	28.2	3.75
0.19	0.90	29.4	4.74
0.22	1.23	31.5	5.59
0.25	1.56	33.5	6.24
0.28	1.96	35.7	7.00
0.32	2.49	38.7	7.78
0.34	2.93	41.5	8.62
0.37	3.36	44.5	9.08
0.41	3.96	48.0	9.66
0.43	4.42	51.4	10.28
0.45	4.84	54.6	10.76

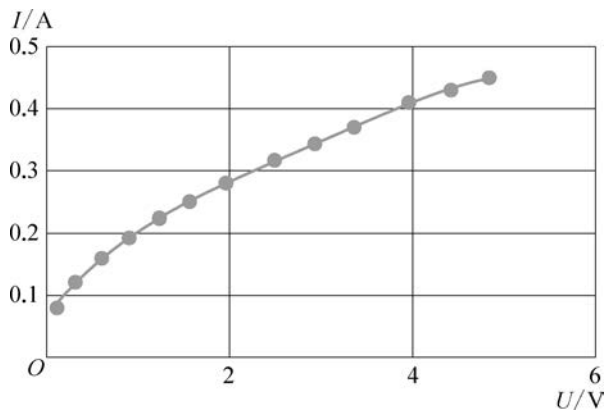


图 10-2



## 思考

如何用这幅  $I-U$  图像计算小灯泡的阻值？

## 2 学生实验 长度测量及其测量工具的选用



### 实验指导

#### 1. 实验说明

长度测量是基本、普遍的测量。常用的长度测量工具是刻度尺。一般情况下,应根据不同的测量要求选择不同分度值的长度测量工具。比刻度尺精度高的测量工具有游标卡尺、螺旋测微器等,刻度尺的分度值为 1 mm,游标卡尺的分度值有 0.1 mm、0.05 mm 和 0.02 mm 三种,螺旋测微器的分度值一度为 0.01 mm。有时还需要根据被测物体的自身条件和所处环境选择不同的测量方法。

例如,当测量一支圆柱形铅笔的长度和直径时,出于对量程的考虑,可以采用量程较大的刻度尺测量其长度,避免因多次测量累加造成测量精确度下降;出于对于精度的考虑,可以使用游标卡尺的外径测量爪或螺旋测微器的测砧和测微螺杆夹住铅笔来测量其直径。在测量圆筒的深度以及内直径时,可以使用游标卡尺的深度测量尺及内径测量爪,按照图 10-3 所示的方式进行测量。

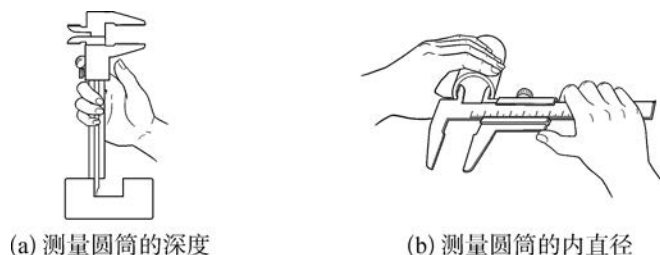


图 10-3

本实验的目的是选用合适的测量工具,测量金属丝的长度与截面直径,并为后续的学生实验“测量金属丝的电阻率”提供测量数据。由于测量金属丝的长度与直径的量程及精度要求不同,所以应选用不同的测量工具。

在本实验中,金属丝长度的测量一般选用刻度尺。对金属丝进行测量时,应注意金属丝尽量不要弯折,保持其处在自然顺直的状态,以使长度测量尽量准确。测量直径时,可根据金属丝直径大小和测量要求选择测量工具,在本实验中建议选用螺旋测微器。在测量直径时,为了减小金属丝粗细不均匀带来的误差,须在不同的位置多次测量取平均值。

#### 2. 实验操作

(1) 用刻度尺测量金属丝的长度,将数据记录在记录表中。

(2) 打开数字显示螺旋测微器的电源开关,在测砧与测微螺杆接触时调零。将金属丝置于测砧与测微螺杆之间;旋转旋钮,当测砧即将夹紧金属丝时,改旋微调旋钮使测砧夹紧金

属丝。将显示屏上显示的金属丝直径数值记录在记录表中。

### 实验报告

#### 实验名称

长度测量及其测量工具的选用

#### 实验目的

测量金属丝的长度与截面直径。

#### 实验原理

用刻度尺测量金属丝的长度,用数字显示螺旋测微器测量金属丝的直径。多次测量取平均值以减小误差。

#### 实验器材

不同规格的金属丝,刻度尺,数字显示螺旋测微器。

#### 实验方法与步骤

- (1) 用刻度尺测量金属丝的长度,将数据记录在数据记录表中。
- (2) 用数字显示螺旋测微器测量金属丝横截面的直径。
  - ① 打开电源开关,在测砧与测微螺杆接触时调零;
  - ② 将金属丝置于测砧与测微螺杆之间;
  - ③ 旋转旋钮,当测砧即将夹紧金属丝时,改旋微调旋钮使测砧夹紧金属丝;
  - ④ 将显示屏上显示的金属丝直径数值记录在数据记录表中。

#### 实验数据记录

表 10-2

实验序号	1	2	3	4	5	平均值
金属丝长度 $l/\text{mm}$						
金属丝直径 $d/\text{mm}$						

#### 实验数据处理

#### 结果分析与实验结论

金属丝的长度  $l = \underline{\hspace{2cm}}$  m; 金属丝的截面直径  $d = \underline{\hspace{2cm}}$  m。

#### 讨论与思考

- (1) 说明本实验误差的主要来源。
- (2) 如果要测量乒乓球的直径,选用哪种长度测量工具更为合适呢? 为什么?

## 3 学生实验 测量金属丝的电阻率



### 实验指导

#### 1. 实验说明

本实验的目的是测量金属丝的电阻率。教材在相关内容的一开始,就给出了测量原理。

利用电阻定律可得: $\rho = \frac{\pi d^2 R}{4L}$ 。所以,测得金属丝的长度  $L$ 、直径  $d$ 、电阻  $R$ ,通过计算即可得到金属丝的电阻率  $\rho$ 。由于金属丝的长度  $L$ 、直径  $d$  在上一个实验中都已经测得,本实验只要测量一定长度的金属丝对应的电阻值,便可得出金属丝的电阻率  $\rho$ 。本实验采用伏安法测量金属丝的电阻。需要用到合金金属丝、学生稳压电源、滑动变阻器、电压表、电流表、开关、导线等器材。

由于金属丝的电阻率会受温度的影响,实验时金属丝通电的时间不宜过长。

#### 2. 实验操作

(1) 参见“学生实验 长度测量及其测量工具的选用”,获得待测金属丝的直径及长度的平均值。

(2) 按照图 10-4 连接电路,将滑动变阻器的阻值调至最大。

(3) 闭合开关,调节滑动变阻器,记录多组金属丝两端电压及流过的电流。

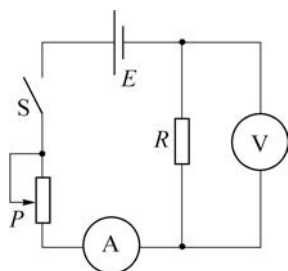


图 10-4

### 实验报告

#### 实验名称

测量金属丝的电阻率

#### 实验目的

测量金属丝的电阻率。

#### 实验原理

利用电阻定律可得: $\rho = \frac{\pi d^2 R}{4L}$ 。本实验通过测量金属丝的长度  $L$ 、直径  $d$ 、电阻  $R$ ,计算得到电阻丝的电阻率  $\rho$ ,其中金属丝的电阻值可采用伏安法测量。

### 实验器材

学生稳压电源、电压表、电流表、滑动变阻器、待测金属丝、开关、导线等。

### 实验方法与步骤

- (1) 测量金属丝的长度与截面直径(参见“学生实验 长度测量及其测量工具的选用”)。
- (2) 按照图 10-4 连接电路。
- (3) 闭合开关,调节滑动变阻器,记录多组电压、电流值。
- (4) 处理数据,得出金属丝的电阻值。
- (5) 利用电阻定律计算出金属丝的电阻率。

### 实验数据记录

表 10-3

金属丝长度  $L =$  \_\_\_\_\_; 金属丝直径  $d =$  \_\_\_\_\_。

实验序号	电压值 $U/V$	电流值 $I/A$
1		
2		
3		
4		
5		

### 实验数据处理

根据实验数据,绘制  $U-I$  图像(图 10-5),得出金属丝阻值  $R$ 。

金属丝的电阻  $R =$  \_\_\_\_\_  $\Omega$ 。

### 结果分析与实验结论

金属丝的电阻率  $\rho =$  \_\_\_\_\_  $\Omega \cdot m$ 。

### 讨论与思考

与其他实验小组分享、比较同一材料电阻率的测量结果,并通过查表对比标准值与所测值之间的差异。分析实验误差产生的原因,提出减少误差的方法。

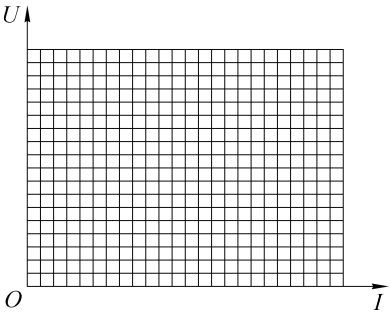


图 10-5

## 学生实验 用多用电表测量电学中的物理量



### 实验指导

#### 1. 实验说明

本实验的目的是学会使用数字式多用电表,测量定值电阻两端的电压、流过的电流及电阻的阻值。

在实验前,需要观察数字式多用电表外观,包括功能旋钮、插孔、显示屏等。同时,还需要观察其外壳、表笔是否完好,并打开电源观察电量指示灯,如若出现损坏或电量不足应立刻更换。

在测量电阻时,应使电路断开,再将多用电表连接在电阻两端;在测量直流电压时,应将多用电表并联在待测用电器两端;在测量直流电流时,应将多用电表串联接入所需测量的支路。若在测量直流电压和电流时,多用电表出现负数,应检查红、黑表笔插孔及连接位置是否正确。

#### 2. 实验操作

(1) 将电阻、电源以及开关按图 10-6 所示的方式连接。

(2) 接通电路,将多用电表的选择开关旋至直流电压挡,其量程应大于电阻两端的电压的估计值,其中红色表笔应连接高电势处,测量电阻  $R$  两端的电压  $U$ ,记录数据。

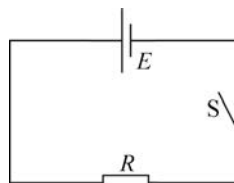


图 10-6

(3) 将多用电表的选择开关旋至直流电流挡,其量程应大于通过电阻电流的估计值,将多用电表串联入电路中,其中红色表笔应为电流流入端,测量通过电阻  $R$  的电流  $I$ ,记录数据。

(4) 断开电路,将多用电表的选择开关旋至欧姆挡,可以用自动量程选择,也可以根据待测电路的估测值选择合适的电阻量程挡,将红、黑表笔连接在电阻两端,用多用电表测电阻  $R$  的阻值,并记录。

#### 实验报告

##### 实验名称

用多用电表测量电学中的物理量

##### 实验目的

了解数字式多用电表的外部结构,学会使用数字式多用电表测量直流电压、电流及电阻阻值。

### 实验原理

数字式多用电表的内核实质上是一个直流数字式电压表,在此基础上连接多个电子转换器来实现测量多种电学量的功能,因此,实验操作时应根据待测量相应调节功能旋钮并更换表笔插孔。

### 实验器材

数字式多用电表、干电池、2 个定值电阻、开关、导线等。

### 实验方法与步骤

(1) 将电阻、电源及开关按图 10-6 所示的方式连接,使用数字式多用电表多次测量电阻  $R$  两端电压  $U$  和流过电阻  $R$  的电流  $I$ 。断开电路,用多用电表多次测量电阻  $R$  的阻值。

(2) 按照以上步骤,测量另一电阻的两端电压、流过的电流及阻值。

### 数据记录

根据待测物理量,设计实验数据记录表格,并记录数据。

### 实验数据处理

### 结果分析与实验结论

电阻 1:

电阻 2:

### 讨论与思考

在测量电阻的实验中,若数字式多用电表上出现数值溢出,这可能是什么原因造成的? 应如何纠正?



## 5 自主活动 研究水果电池的外电压变化



### 活动指导

活动目的：

了解水果电池的制作方法，观察电池的外电压随外电阻的变化，了解电动势及内阻对外电路的影响。

该实验器材由两片金属片（铜片、锌片）、水果（苹果、柠檬等）、小灯泡、导线和多用电表组成。将铜片、锌片间隔一定距离插入水果中，这便制成了一个水果电池，其中铜片为电池的正极，锌片为负极。用多用电表测量水果电池正、负极间的电势差，并观察、记录测量数值。将一个额定电压小于测量数值的小灯泡通过导线连接在电池两极间，观察小灯是否被点亮。用多用电表测量水果电池在连接小灯后的两极间电势差，并观察、记录数据。比较一下两次数据有什么不同，结合小灯的亮暗，思考引起这一现象的原因。

在实验时，如果难以找到铜片、锌片，也可以使用其他金属片代替。若选择其他材质的金属片，可能导致未连接小灯时电池正、负两极间电势差降低，但即使该数据小于小灯额定电压，仍然可以观察到电池连接小灯前后正、负两极间电势差的变化。猜想导致这一现象的原因。



### 思考

有同学认为，水果电池连接小灯后两端电压降为 0 是因为水果电池连接小灯后就立即没电了。能否设计一个实验来证实或者推翻这一看法？

## 6 学生实验 测量电源的电动势和内阻



### 实验指导

#### 1. 实验说明

电源电动势和内阻是电源的重要参数。根据闭合电路欧姆定律,电源电动势  $E$ 、内阻  $r$ 、外电压  $U$ 、电流  $I$  和外电阻  $R$  等物理量间存在关系式  $E = I(R + r) = U + Ir$ , 因此, 可以通过测量外电压  $U$ 、电流  $I$ 、外电阻  $R$  等物理量, 求出电源电动势及内阻。

如使用伏安法测量时, 由关系式  $E = U + Ir$  可知, 如果能测得至少两组  $(U, I)$  数据, 就可以通过求解代数方程求得  $E$  及  $r$ 。

为了减小误差, 在实验中应多次测量。若使用两组数据计算电动势及内阻, 难以避免因一组数据存在较大误差而导致计算数据不准确。因此本实验可采用图像法处理数据, 利用多组测量数据绘制图线, 根据公式, 结合图线中的截距、斜率求得电动势及内阻。如采用伏安法测量时, 可以  $U$  作为纵坐标,  $I$  作为横坐标, 绘制  $U-I$  图像, 该图像为一条直线且与纵轴相交, 其交点的纵坐标即为电动势  $E$  的大小, 图线斜率的绝对值为内电阻  $r$  的大小, 即

$$|k| = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = r。$$

本实验还可以采用其他方法, 如伏阻法(测量电压、电阻)、安阻法(测量电流、电阻)等。试制定实验方案, 选择合适的实验器材, 完成实验操作与实验报告。

#### 2. 实验操作

(1) 把电压传感器、电流传感器分别接入数据采集器第一、二输入口。

(2) 如图 10-7 所示, 连接滑动变阻器、电压传感器、电流传感器、开关等器材, 并断开  $S$ , 将滑动变阻器阻值调到最大。

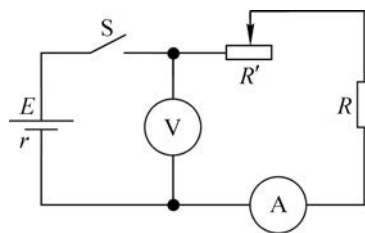


图 10-7

(3) 打开软件, 点击“计算表格”, 调整所有窗口位置, 以便在实验过程中观测。

(4) 闭合开关  $S$ , 改变滑动变阻器的触点, 使其阻值逐渐减小, 同时点击“点击记录”按钮, 记录多组不同的电压、电流值。

(5) 打开“数据分析”中的“绘图”界面, 设  $x$  轴为“ $I_2$ ”,  $y$  轴为“ $U_1$ ”, 点击“图线分析”中的“拟合”, 选择“一次函数”, 得到实验结果。

## 实验报告

### 实验名称

测量电源的电动势和内阻

### 实验目的

- (1) 掌握测量电源的电动势和内阻的原理和方法,选择合适的实验仪器进行实验。
- (2) 学会运用图像法处理数据,知道图像的物理意义。
- (3) 能提出实验中存在的误差及其原因,并懂得减小误差的方法。

### 实验器材

待测干电池、滑动变阻器、定值电阻、电压传感器、电流传感器、导线、开关等。

### 实验原理

根据闭合电路欧姆定律,电源电动势  $E$ 、内阻  $r$  与外电压  $U$ 、电流  $I$  满足  $U=E-Ir$ 。本实验采用伏安法,在如图 10-7 所示的电路图中,当外电阻发生改变时,外电压  $U$  与电流  $I$  均会发生变化,所以只需记录  $U$ 、 $I$  即可计算电动势  $E$  及内阻  $r$ 。为了减小实验误差,本实验采用作图法,以  $U$  作为纵坐标,  $I$  作为横坐标,绘制  $U-I$  图像,该图像为一条直线且与纵坐标交点为  $E$ ,图线斜率的绝对值为  $r$  的大小,即  $|k| = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = r$ 。

### 实验方法与步骤

将器材按照图 10-7 连接成电路,其中电压传感器和电流传感器分别测量外电压  $U$  和电流  $I$ 。实验时,可调节滑动变阻器  $R'$ ,使外电压  $U$  及电流  $I$  发生改变,并记录多组  $U$ 、 $I$  数据。

### 实验数据记录

表 10-4

实验序号	1	2	3	4	5	6
$U/V$						
$I/A$						

### 实验数据处理

根据表 10-4 中的数据在图 10-8 中画出  $U-I$  图像。

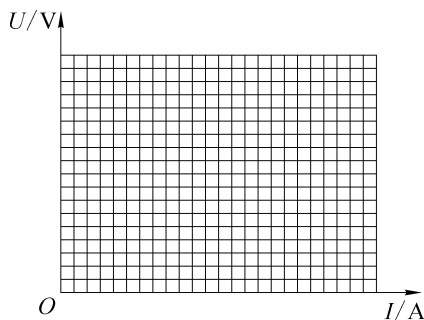


图 10-8

### 结果分析及实验结论

测得干电池的电动势为 \_\_\_\_\_, 内阻为 \_\_\_\_\_。

### 讨论与思考

采用伏安法测量电源电动势和内电阻时, 有同学在处理数据、绘制  $U-I$  图像时发现, 外电压  $U$  的示数虽然各不相同, 但是都非常接近。这是由什么原因导致的? 为了减小实验误差可采用什么方法?

## 第十一章 电磁场与电磁波初步

### 自主活动 研究通电螺线管内部的磁感应强度



#### 活动指导

活动目的：

通过磁传感器研究通电螺线管内部的磁感应强度，得到通电螺线管内部磁感应强度的分布规律。

磁传感器有一根细长的探测管，传感器件位于探测管的端部，当磁场的磁感线穿过端部的测试面时，测得的磁感应强度能转化为电压信号。磁传感器显示的数值是探测器测试面中心区域附近且垂直于测试面的磁感应强度分量。当读数为正时，表示磁感应强度分量方向沿探测管向前，如图 11-1(a) 所示；反之表示方向向后，如图 11-1(b) 所示。该实验所用磁传感器的测量范围为  $-15 \sim +15 \text{ mT}$ 。

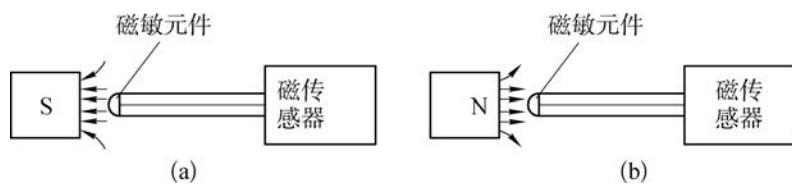


图 11-1

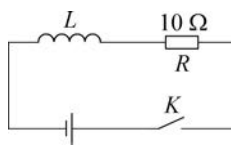


图 11-2

图 11-2 是测量电路图。实验器材：数据采集器、磁传感器、计算机、1.5 V 干电池 3 节、螺线管、开关、 $10 \Omega$  阻值的电阻、导线等。

按照图 11-3 所示连接电路，将螺线管串接  $10 \Omega$  电阻和开关后接入 3 节 1.5 V 干电池组成的电源。将磁传感器通过数据采集器与计算机连接。

打开软件，调整磁传感器的位置使其探测管正好在螺线管的中心轴线上。

将磁传感器探测管前沿置于螺线管端口处，闭合开关。调整电源正、负极接线，使磁传感器显示的示数为正值。记录当前的磁感应强度值。

将磁传感器探测管推入螺线管内，每次移动  $0.5 \text{ cm}$ ，直到探测管前沿到达螺线管另一端口处。记录对应的磁感应强度值，得到多组数据。

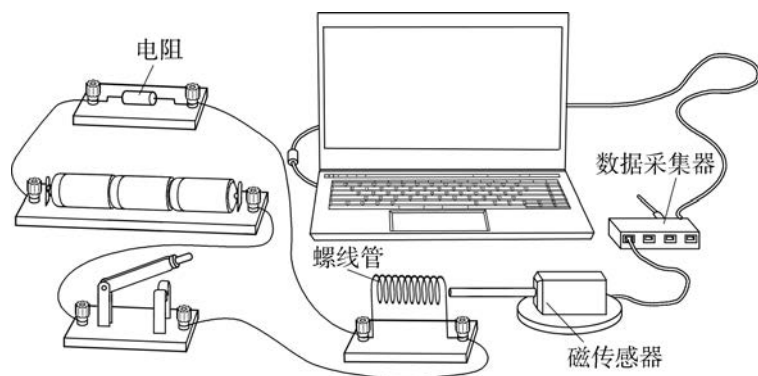


图 11-3

点击“绘图”，绘出基于实验数据的螺线管中心轴线上的磁感应强度分布，即  $B-d$  曲线，如图 11-4 所示。

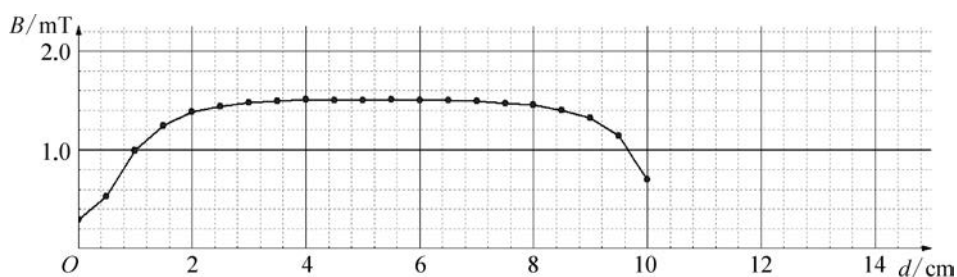


图 11-4

表 11-1 实验数据表

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
磁感应强度 $B/\text{mT}$	0.29	0.99	1.38	1.48	1.51	1.50	1.50	1.49	1.45	1.32	0.70
距离 $d/\text{cm}$	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0

实验要选用密绕细长螺线管，实验中要确保磁传感器的探测管指向与螺线管轴线重合。当传感器的探测管指向与磁感线方向相同时，测量值显示正值；当传感器的探测管指向与磁感线方向相反时，测量值显示负值。

### 思考

在本活动中，为什么要将螺线管与一个阻值为  $10\ \Omega$  左右的电阻串联后再接通电源？

## 2 自主活动 产生感应电流的条件



### 活动指导

活动目的：

通过实验探究产生感应电流的条件，理解使闭合回路产生感应电流的多种实验方案的本质是穿过闭合回路的磁通量发生变化。

按照必修第三册教材中的图 11-24 连接线路，用导线将线圈 B 和灵敏电流计连接成闭合回路。条形磁体在线圈中插入和拔出时，观察灵敏电流计指针是否发生偏转，如果发生偏转就表明在闭合回路中产生了感应电流，并将实验结果填入必修第三册教材的表 11-2 中。

条形磁体竖直方向插入线圈 B 中处于静止状态，将线圈 B 沿条形磁体上下移动，观察闭合回路中是否产生感应电流。条形磁体插入线圈 B 后绕线圈轴线转动，观察闭合回路中是否产生感应电流。

保持上述闭合回路不变，将线圈 A（内径较小、带铁芯）、滑动变阻器、2 节干电池和开关串联后连接成另一个电路，如必修第三册教材图 11-25 所示。调节滑动变阻器滑动头的位置，使滑动变阻器的阻值最大。

观察闭合开关和断开开关瞬间闭合回路中是否产生感应电流。闭合开关后，按照教材要求进行实验操作，观察闭合回路中是否产生感应电流，并将实验结果填入必修第三册教材的表 11-3 中。



### 思考

将通电线圈 A 替代条形磁体做实验有何优点？

## 第十二章 能源与可持续发展



### 自主活动 多米诺骨牌



#### 活动指导

活动目的：

借助玩推多米诺骨牌的游戏类比原子核发生裂变的链式反应。

在一个相互联系的系统中，一个很小的初始变化就可能产生一连串的连锁反应，人们就把它称为“多米诺效应”。如图 12-1 所示的骨牌排列，可使反应效果连续不间断扩大直到边界。

将骨牌成等距竖立排列，并且要使倒下的那张骨牌能将前面两张骨牌撞倒，如此倒下的两张骨牌倒下时还要都能再将前面的四张骨牌撞倒。排列的位置间距都要确保后续相继倒下的每一张骨牌都能撞倒前面的两张骨牌。按照上述要求排列，只要推倒第一张骨牌，其他骨牌就会依次全部倒下。

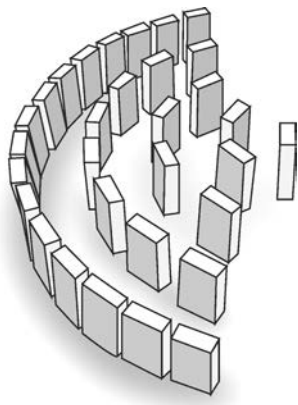


图 12-1



#### 思考

多米诺骨牌排列的样式可以多种多样，只要推倒一个，就会让大量的骨牌都依次倒下。请思考：排列骨牌的关键要素是什么？



## 2 学期活动 关于能源的研究



### 活动内容与要求

这是一个文献阅读与调查类的活动,要求在本学期内查阅能源的开发与利用方面的文献资料,通过对能源结构和能源危机的了解,针对清洁能源和太阳能的利用,选择某一个方面开展研究,在学期结束前各课题小组完成一份研究报告并在班级中交流。

研究报告的具体撰写要求见必修第三册教材第 137 页。



### 活动指导

完成本学期活动需要搜索大量的文献资料,并对搜集的材料进行筛选、分类与核实,从中提炼和归纳出与主题相关的文本、数据表等材料。所有引用材料均需标注其来源。

撰写的调查报告需要说明是如何进行调查研究的,调查报告的内容要精选,结论与观点要明确,所得出的结论要用可靠的数据、对比的方式或典型事例等进行佐证、说明。



### 参考资料

课题研究调研报告样例:

#### 我国能源结构的现状和转型趋势调研报告

课题组: ×××、×××、×××

执笔人: ×××

结题时间:      年    月    日

##### (一) 课题研究的基本要素

###### 1. 问题提出的背景

课题研究的起因、现状等。

###### 2. 课题研究目的

课题研究的目标、意义,研究结果的应用、价值等。

3. 实施研究

研究阶段和相应的成果名称。

(二) 课题研究的内容与方法

可以将两者结合起来,也可以将课题研究的内容、方法分开,依次总结、阐述。这部分内容要符合“科学性”“创新性”“可行性”的要求。

(三) 研究成果

- 1. 系统总结课题研究取得的各项成果,重点关注“实效性”,可以包括课题的学术价值或应用价值,课题的社会影响、积极作用等。
- 2. 研究结论部分用简明的语言归纳课题研究得出的具有可复制、可推广的结论。
- 3. 思考与展望,对课题研究过程中的深刻体会或有待继续研究的问题作概要说明或讨论。

参考文献

- [1] .....
- [2] .....
- [3] .....

请按照我国 GB/T 7714—2005《文后参考文献著录规则》要求的格式记录参考文献。

(四) 评价

对各项专题的研究,通过展示交流后,从课题内容、研究过程、研究成果、合作精神等方面进行自评、互评和综合评定。



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	能准确使用与能量相关的概念或规律		
科学思维	能从收集的信息中提取科学、合理的结论或提示		
	成果论述严密全面		
	成果具有创新性		

续 表

评价指标	表现标准	表现水平(参阅操作说明)	
		自评	他评
科学探究	研究问题清晰真实		
	研究方案具可行性		
	研究结论合理可信		
	研究报告完整可读		
科学态度与责任	表现出浓厚的研究兴趣		
	研究时积极与他人合作		
	遇到阻碍时能坚持不懈		
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-2022023



绿色印刷产品



定价: 6.75 元