



北京·西城

新课程高考总复习丛书

新课程·高中·物理·必修·第三册

2026

高三总复习指导

GAOSAN ZONGFUXI ZHIDAO

物 理 下册

WULI

(实验分册)

北京市西城区教育研修学院 编

地质出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

高三物理总复习指导. 下册 / 北京市西城区教育研修
学院编. —北京: 地质出版社, 2011.2 (2025.6 重印)
ISBN 978-7-116-07056-1

I. ①高… II. ①北… III. ①物理课—实验—高中—
升学参考资料 IV. ①G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 256031 号

高三物理总复习指导 下册

责任编辑: 杨启森 姚伟涛

责任校对: 关风云

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京市海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话: (010)66554587; (010)66554548; (010)66554547(售后服务)

网 址: <https://www.gph.cmpg.com> <https://new.xcjjyxw.cn> (西城教育研修网)

传 真: (010)66554587

印 刷: 山西日报传媒(集团)印务有限责任公司

开 本: 889 mm × 1194 mm $\frac{1}{16}$

印 张: 7.5

字 数: 149 千字

版 次: 2025 年 6 月北京第 16 版 · 2025 年 6 月第 16 次印刷

定 价: 19.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-07056-1

版权所有 侵权必究

维护正版 打击盗版 举报电话: (010)66554587

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

编者的话

BIANZHEDEHUA

《新课程高考总复习》丛书是依据《普通高中课程标准（2017年版2020年修订）》和与其配套的高中教材及北京市高考评价相关信息编写的，体现新课标的精神和高中总复习用书的特点，适用于北京市考生，适用于新的“3+3”高考模式。丛书包括语文、数学、英语、物理、化学、生物学、地理、历史、思想政治九个学科分册，每个分册的内容都经过精心设计并充分体现学科特色。

我国普通高中的教育目标强调培养学生“具有终身学习的愿望和能力，掌握适应时代发展需要的基础知识和基本技能，学会收集、判断和处理信息，具有初步的科学人文素养、环境意识、创新精神与实践能力和实践能力”。高中新课程强调“精选终身学习必备的基础知识，增强与社会进步、科技进步、学生经验的联系，拓展视野”，强调引导学生自主学习、自主学习、合作交流以及培养分析问题解决问题的能力。新课程实施后的高考，在考试内容的改革上，突出以能力立意为主，以问题为中心，强调学科知识结构中基本的、核心的、主干的、可再生性的内容；强调知识之间的内在联系，强调学以致用、理论联系实际；突出对学习方法和学习能力的考查，以利于培养学生的创新精神和实验能力。高效的高考复习要求学生要在教师的指导下，编织把握学科知识体系、框架和网络，探求学科知识的内部联系和规律，把知识点连成线。若干条线的有机、有序组合，便构成了隐含在内部的新知识——程序性知识。在运用这些程序性知识过程中，又不断唤起、激活其他知识，逐渐形成学科能力，养成学科素养。

基于以上考虑，《新课程高考总复习》丛书的编写汲取了北京市西城区多年的教育教学与试题命制的经验，适应社会发展对学生能力培养的要求，发挥复习考试在发展素质教育

中的正确导向作用，辅助教师有效指导课堂教学，助力高中学生提升复习质量。《新课程高考总复习》丛书中的每个学科分册又分两部分：《高三总复习指导》和《高三总复习测试》。《高三总复习指导》按照学科知识体系或复习专题进行综合性梳理，帮助同学们在高中必修模块、选修模块学习的基础上建立有序而又便于灵活应用的知识框架，从而形成参加高考和进一步学习必备的学科能力、学科方法和学科思想。《高三总复习测试》是与《高三总复习指导》相配套的各类练习，以巩固学习内容、检测学习效果、诊断学习问题为主。因此习题编制注重突出系统性、基础性、综合性和针对性，对于提高高三复习质量是有益的。

《新课程高考总复习》丛书是由北京市西城区教育研修学院中学部各学科研修员组织本区的特级教师、市区级学科带头人、学科骨干教师、学科兼职教研员等共同编写而成的，是西城区多年教育教学研究的成果。真诚地希望本书的读者将意见及时反馈给我们，使本丛书在实践中得以不断完善。（地址：北京市西城区西直门内大街东新开胡同67号，邮编：100035）

北京市西城区教育研修学院

2025年6月

目 录

演示实验	1
学生实验	8
实验一 探究小车速度随时间变化的规律	8
实验二 探究弹簧弹力与形变量的关系	15
实验三 探究两个互成角度的力的合成规律	19
实验四 探究加速度与物体受力、物体质量的关系	22
实验五 验证机械能守恒定律	28
实验六 探究平抛运动的特点	32
实验七 探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系	36
实验八 验证动量守恒定律	39
实验九 用单摆测量重力加速度的大小	42
实验十 观察电容器的充、放电现象	47
实验十一 长度的测量及测量工具的选用	50
实验十二 测量金属丝的电阻率	55
实验十三 用多用电表测量电学中的物理量	60
实验十四 测量电源的电动势和内阻	65

实验十五	探究影响感应电流方向的因素	69
实验十六	探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系	72
实验十七	利用传感器制作简单的自动控制装置	75
实验十八	用油膜法估测油酸分子的大小	79
实验十九	探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系	82
实验二十	测量玻璃的折射率	86
实验二十一	用双缝干涉实验测量光的波长	90

实验综合练习		93
--------	--	----

参考答案		106
------	--	-----

说 明

《高三物理总复习指导》根据《普通高中物理课程标准（2017年版2020年修订）》中学业评价的相关要求以及高中阶段物理教学与复习的实际需要组织编写，并有《高三物理总复习测试》为配套，供高中三年级全程使用。基于学校物理教学的实际，全书致力于为进一步落实课程教学要求提供平台，为学生物理学科知识与能力体系的建构与不断完善提供指导，最终帮助学生不断提高物理学科核心素养，积极应对新课程等级考的考查要求。

《高三总物理复习指导》分为上、下两册。上册以物理学科的知识与能力要求为纲，为学生复习物理知识提供了学习指导和训练习题。全书按学习主题单元分为十四章，每章设有“知识内容”“能力目标”“解题示例”和“综合训练”四个栏目。“知识内容”栏目列出了课程标准要求的知识点；“能力目标”栏目梳理了课程标准要求的能力目标；“解题示例”栏目针对典型的物理情境示范性地给出了应用概念和规律解决问题的方法和程序；“综合训练”栏目为学生精选了典型的训练习题。

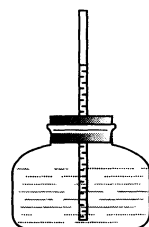
下册为实验分册，为学生进行物理实验方面知识的复习提供学习指导和训练习题。全书分为三部分：演示实验、学生实验和实验综合练习。演示实验部分针对重要的演示实验设计了习题，供学生进行自我诊断。学生实验部分包括了课程标准要求的二十一个实验，每个实验设有“实验目的”“实验原理”“实验器材”“实验步骤”“注意事项”“实验记录与数据处理”“问题与讨论”和“巩固练习”八个栏目，指导学生通过深入思考和动手实践实现科学探究能力的有效提升。实验综合练习部分针对学生实验精选了综合性的习题，引导学生体验等级考对实验能力的要求。

本书关注高中学业水平考试的要求，关注课程理念及考试改革精神。在使用本书的过程中要重视反思对概念和规律的理解，归纳总结解决问题的思路和程序，关注典型情境，关注科学探究，以加深对学科知识体系和思想方法的认识，优化学习效果。

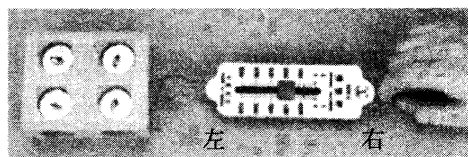
演示实验

1. 如图所示，在用横截面为椭圆形的墨水瓶演示坚硬物体的微小弹性形变的演示实验中，能观察到的现象是 ()

- A. 沿椭圆长轴方向压瓶壁，管中水面上升；沿椭圆短轴方向压瓶壁，管中水面下降
- B. 沿椭圆长轴方向压瓶壁，管中水面下降；沿椭圆短轴方向压瓶壁，管中水面上升
- C. 沿椭圆长轴方向或短轴方向压瓶壁，管中水面均上升
- D. 沿椭圆长轴方向或短轴方向压瓶壁，管中水面均下降



2. 如图所示为摩擦力演示实验，用弹簧测力计沿水平方向拉木块。在弹簧测力计的指针下方轻塞一个可以随指针移动的小纸团。在拉力增大到一定值之前，木块不会移动，继续用力，当拉力达到某一数值时木块将开始移动，此时拉力会突然减小，则下列说法中正确的是 ()



- A. 木块发生移动之前，随着拉力的增大，物块受到的合力变大
- B. 木块发生移动之前，弹簧测力计的示数等于木块与桌面间静摩擦力的大小
- C. 木块突然移动时，弹簧测力计对木块的拉力大于木块对弹簧测力计的拉力
- D. 在弹簧测力计指针下方轻塞小纸团的目的是显示最大静摩擦力

3. 某同学利用如图 1 所示装置研究摩擦力的变化情况。实验台上固定一个力传感器，力传感器用细线拉动物块，物块放置在粗糙的长木板上。水平向左拉木板，力传感器记录的 $F-t$ 图像如图 2 所示。下列说法中正确的是 ()

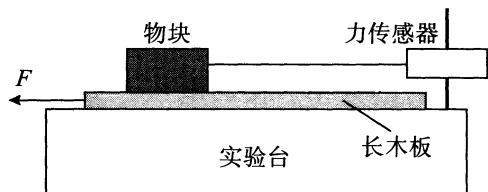


图 1

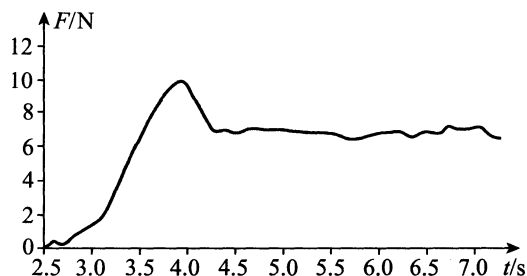


图 2

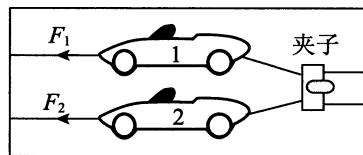
- A. 实验中必须让长木板保持匀速运动
- B. $t=3.5\text{ s}$ 时，长木板相对于物块向左运动
- C. 最大静摩擦力与滑动摩擦力的大小之比约为 $10:7$
- D. 只用图 2 中数据即可得出物块与长木板间的动摩擦因数



4. 用抽成真空的玻璃管演示比较不同质量的物体下落快慢的实验时, 所观察到的现象是 _____, 说明当空气阻力足够小时, 所有物体自由下落同一高度所需的时间是 _____ 的。

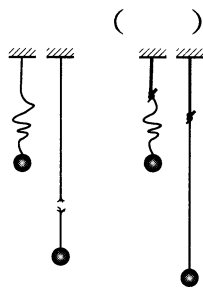
5. 如图所示, 在研究牛顿第二定律的演示实验中, 若 1、2 两个相同的小车所受拉力分别为 F_1 、 F_2 , 两个小车与车中所放砝码的总质量分别为 m_1 、 m_2 , 打开夹子后经过相同的时间两个小车的位移分别为 x_1 、 x_2 , 忽略小车与桌面的摩擦, 则在实验误差允许的范围内, 有 ()

- A. 当 $m_1 = m_2$ 、 $F_1 = 2F_2$ 时, $x_1 = 2x_2$
 B. 当 $m_1 = m_2$ 、 $F_1 = 2F_2$ 时, $x_2 = 2x_1$
 C. 当 $F_1 = F_2$ 、 $m_1 = 2m_2$ 时, $x_1 = 2x_2$
 D. 当 $F_1 = F_2$ 、 $m_1 = 2m_2$ 时, $x_2 = 2x_1$



6. 用细线悬挂一个重物, 把重物拿到一定的高度, 释放后下落的重物可以把细线拉断。如果细线上端拴一段橡皮筋, 再从同样的高度释放重物, 细线就不会被拉断了。其中的原因是

- A. 橡皮筋能承受的拉力更大
 B. 加橡皮筋后重物下落过程中能达到的最大速度较小
 C. 加橡皮筋后重物下落的动量变化较小
 D. 加橡皮筋后重物下落的动量变化较慢



7. 图 1 是演示简谐运动图像的装置, 当盛沙漏斗下面的木板 N 被匀速地拉出时, 摆动着的漏斗中漏出的沙在木板上形成的曲线显示出摆的位移随时间变化的关系, 木板上直线 OO' 代表时间轴。图 2 是两个摆中的沙在各自木板上形成的曲线, 若板 N_1 和 N_2 拉动速度 v_1 和 v_2 的关系为 $2v_1 = v_2$, 则板 N_1 和 N_2 上曲线所代表的摆动周期 T_1 和 T_2 的关系为 ()

- A. $T_1 = T_2$
 B. $2T_1 = T_2$
 C. $4T_1 = T_2$
 D. $T_1 = 4T_2$

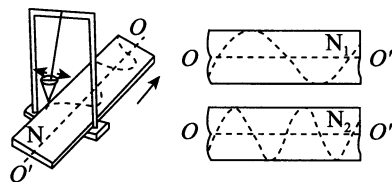
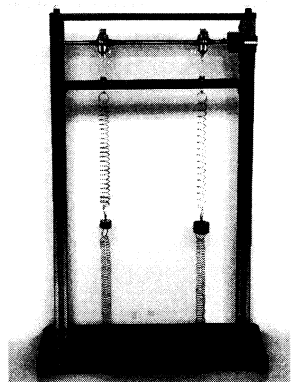


图 1

图 2

8. 如图所示, 架子横梁上的电动机对下方的两组弹簧-钩码系统施加周期性的驱动力, 使钩码做受迫振动。改变电动机的转速可以调整驱动力的频率。接通电源, 并改变驱动力的频率, 以下说法正确的是 ()

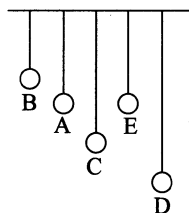
- A. 钩码做受迫振动的频率保持不变
 B. 钩码做受迫振动的频率总等于驱动力的频率
 C. 在驱动力的频率逐渐改变的过程中, 钩码振动的振幅也改变
 D. 钩码振动的振幅与驱动力的频率无关





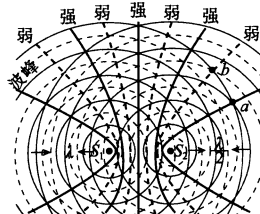
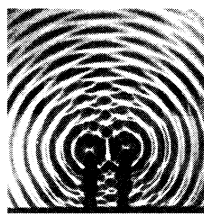
9. 如图所示，在一根张紧的水平绳上悬挂有五个摆，其中 A、E 摆的摆长相等。先使 A 摆振动起来，其余各摆随后也会振动起来，达到稳定状态后，下列说法中正确的是 ()

- A. 其余各摆振动周期跟 A 摆相同，振动频率与 A 摆不同
- B. 其余各摆振动周期不同，D 摆周期最大
- C. 其余各摆振幅相同
- D. 其余各摆振幅不同，E 摆振幅最大



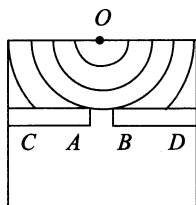
10. 现有两个振动情况完全相同的波源产生的波发生干涉，下列有关它们的干涉图样的说法中正确的是 ()

- A. 振动加强和减弱的区域互相间隔
- B. 两波源连线的垂直平分线上振动加强
- C. 波谷与波谷相遇处振动减弱
- D. 波峰与波峰相遇处振动加强



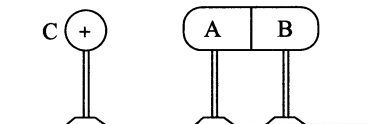
11. 如图所示为观察水面波衍射的实验装置，AC 和 BD 是两块挡板，AB 是一个孔，O 是波源。图中已画出波源所在区域的传播情况，每两条相邻波纹（图中曲线）之间的距离表示一个波长。关于波经过孔之后的传播情况，下列描述中正确的是 ()

- A. 此时能明显观察到波的衍射现象
- B. 挡板前后的波纹间距离相等
- C. 如果将孔 AB 扩大，有可能观察不到明显的衍射现象
- D. 如果孔的大小不变，使波源频率增大，能观察到更明显的衍射现象



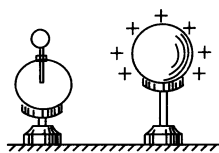
12. 如图所示，A、B 为一对用绝缘支柱支持的彼此接触的的金属导体，C 为一带电金属球，以下操作中可以使 A 带电的有 ()

- A. 将 C 移近 A，分离 A、B，移走 C
- B. 将 C 移近 A，移走 C，分离 A、B
- C. 将 C 移近 A，将 B 接地，移走 C，剪断地线
- D. 将 C 移近 A，将 B 接地，剪断地线，移走 C

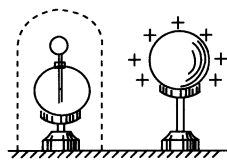


13. 请填写如右图所示实验的实验现象及结论：

(1) 在实验甲中，将带电的金属球靠近验电器，验电器的箔片_____（选填“能”或“不能”）张开，这演示的是_____现象；



(2) 在实验乙中，事先用金属网罩把验电器罩住，再将带电的金属球靠近验电器，验电器的箔片_____（选填“能”或“不能”）张开，这演示的是_____现象。

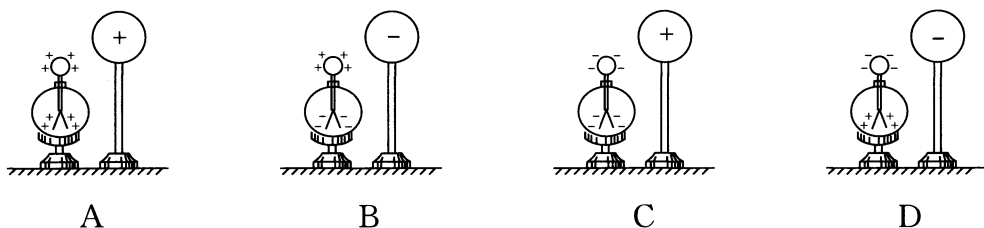


甲

乙

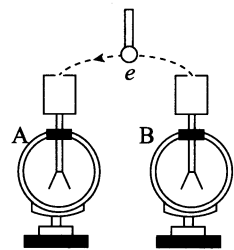


14. 将带电的金属球靠近不带电的验电器，验电器的箔片张开。下列各图表示验电器上感应电荷的分布情况，其中正确的是 ()



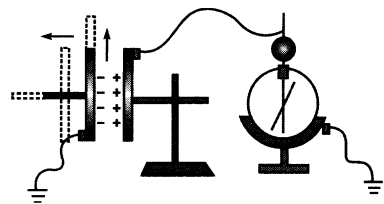
15. 在如图所示的两个验电器 A 与 B 的顶端各安装了一个金属圆筒（称作法拉第圆筒），验电器 B 带有电荷。现要用带有绝缘柄的金属小球 e ，把 B 上的电荷尽量多地搬移至 A，应采用的方法是 ()

- A. 使 e 与 B 的圆筒内壁接触后再与 A 的圆筒内壁接触，重复多次
 B. 使 e 与 B 的圆筒外壁接触后再与 A 的圆筒外壁接触，重复多次
 C. 使 e 与 B 的圆筒内壁接触后再与 A 的圆筒外壁接触，重复多次
 D. 使 e 与 B 的圆筒外壁接触后再与 A 的圆筒内壁接触，重复多次



16. 用控制变量法，可以研究影响平行板电容器电容的因素，如图所示。设两极板正对面积为 S ，极板间的距离为 d ，静电计指针偏角为 θ 。在实验中，极板所带电荷量保持不变，若

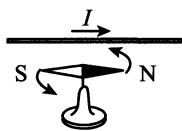
- A. 保持 S 不变，增大 d ，则 θ 变大
 B. 保持 S 不变，增大 d ，则 θ 变小
 C. 保持 d 不变，减小 S ，则 θ 变小
 D. 保持 d 不变，减小 S ，则 θ 不变



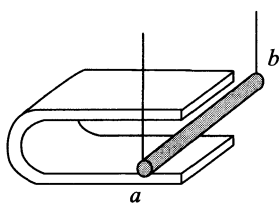
17. 如图所示，在进行奥斯特实验时，为了使实验现象更明显，通电直导线应该沿_____（选填“东西”或“南北”）方向放置。

18. 如图所示，放在蹄形磁铁两极之间的导体棒 ab ，当通有由 b 到 a 的电流时受到向右的安培力作用，则磁铁的上端是_____极。如果磁铁上端是 S 极，导体棒中的电流方向由 a 到 b ，则导体棒受到的安培力方向向_____。

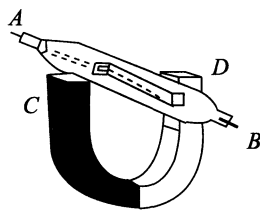
19. 用电子射线管演示带电粒子在磁场中受洛伦兹力的实验装置如图所示，图中虚线是带电粒子的运动轨迹，那么 A 接直流高压电源的_____极，C 为蹄形磁铁的_____极。



17 题图



18 题图



19 题图

20. 用洛伦兹力演示仪可以观察电子在磁场中的运动径迹。图 1 是洛伦兹力演示仪的实物图，图 2 是其结构示意图。励磁线圈通电后可以产生垂直于纸面的匀强磁场，励磁线圈中的电流越大，产生的磁场越强。图 2 中电子经电子枪中的加速电场加速后水平向左垂直于磁感线方向射入磁场。下列关于实验现象和分析中正确的是 ()

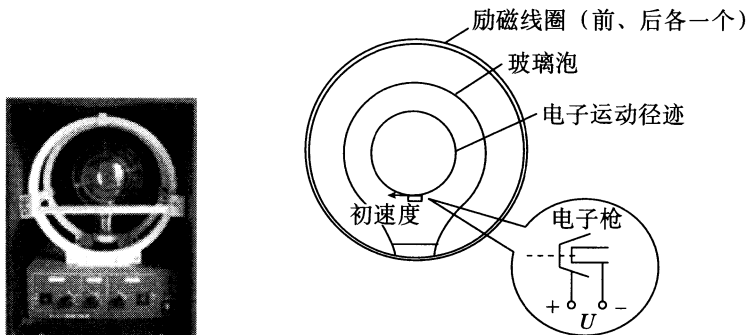
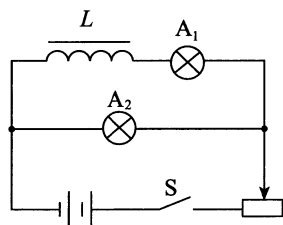


图 1

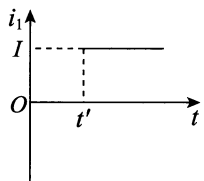
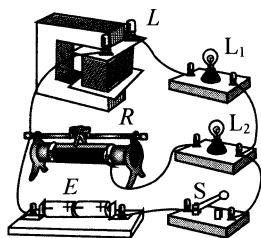
图 2

- A. 要使电子形成如图 2 所示的运动径迹，励磁线圈应通以顺时针方向的电流
 B. 仅增大励磁线圈中的电流，电子束径迹的半径将变大
 C. 仅升高电子枪加速电场的电压，电子束径迹的半径将变大
 D. 仅升高电子枪加速电场的电压，电子做圆周运动的周期将变大
21. 在如图所示的电路中， A_1 和 A_2 是完全相同的灯泡，线圈 L 的电阻可以忽略不计。下列说法中正确的是 ()

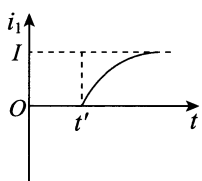
- A. 闭合开关 S 时， A_2 先亮， A_1 后亮，最后一样亮
 B. 闭合开关 S 时， A_1 和 A_2 始终一样亮
 C. 断开开关 S 时， A_2 立刻熄灭， A_1 过一会才熄灭
 D. 断开开关 S 时， A_1 和 A_2 都要过一会儿才熄灭



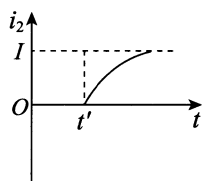
22. 在如右图所示的电路中，两个相同的小灯泡 L_1 和 L_2 分别串联一个带铁芯的电感线圈 L 和一个滑动变阻器 R 。闭合开关 S 后，调整 R ，使 L_1 和 L_2 发光的亮度相同，此时流过两个灯泡的电流均为 I 。然后，断开 S 。若 t' 时刻再闭合 S ，则正确反映在 t' 前后的一小段时间内，流过 L_1 的电流 i_1 、流过 L_2 的电流 i_2 随时间 t 变化的关系的图像是 ()



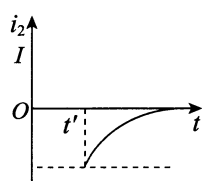
A



B



C

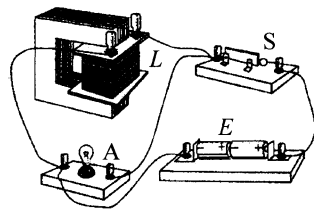


D

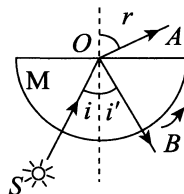


23. 某同学为了验证断电自感现象，自己找来带铁芯的线圈 L 、小灯泡 A 、开关 S 和电池组 E ，用导线将它们连接成了如图所示的电路。检查电路后，闭合开关 S ，小灯泡发光；再断开开关 S ，小灯泡仅有不显著的延时熄灭现象。虽经多次重复，仍未见老师演示时出现的小灯泡闪亮现象，他冥思苦想找不出原因。你认为最有可能造成小灯泡无法闪亮的原因是 ()

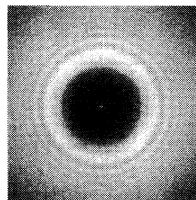
- A. 电源的内阻较大
B. 小灯泡电阻偏大
C. 线圈电阻偏大
D. 线圈的自感系数较大



24. 如图所示，光源 S 所发出的光线经狭缝沿半径方向进入临界角为 42° 的半圆形玻璃砖 M ，当 M 绕 O 点缓慢地沿逆时针方向旋转时，光线 OA 跟法线之间的夹角 r 逐渐_____，光线 OA 的强度逐渐_____，角 i 与角 r 的大小关系是_____；光线 OB 跟法线之间夹角 i' 逐渐_____，光线 OB 的强度逐渐_____，角 i 与角 i' 的大小关系是_____。当角 i 等于_____时，光线 OA 完全消失。



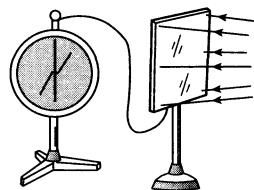
25. 在观察衍射现象的实验中，观察到如图所示的清晰图样，障碍物应是 ()
- A. 很小的不透明圆板
B. 很小的中间有圆孔的不透明圆板
C. 约有碗口大小的不透明圆板
D. 约有碗口大小的中间有圆孔的不透明圆板



26. 用某种单色光照射狭缝，没有观察到明显的衍射图样。要获得衍射图样，一定可行的措施是 ()
- A. 增大光的波长和狭缝宽度
B. 减小光的波长和狭缝宽度
C. 增大光的波长，减小狭缝宽度
D. 减小光的波长，增大狭缝宽度

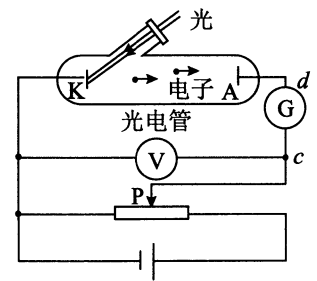
27. 将一块不带电的锌板与验电器相连，用弧光灯照射锌板时，验电器的指针张开了一个角度，如图所示，这时 ()

- A. 锌板带正电，指针带负电
B. 锌板带正电，指针带正电
C. 锌板带负电，指针带正电
D. 锌板带负电，指针带负电



28. 用如图所示的光电管研究光电效应，实验中用某种频率的单色光 a 照射光电管阴极 K，电流计 G 的指针发生偏转。而用另一频率的单色光 b 照射光电管阴极 K 时，电流计 G 的指针不发生偏转，那么 ()

- A. 单色光 a 的波长一定大于单色光 b 的波长
- B. 增加单色光 b 的强度可能使电流计 G 的指针发生偏转
- C. 用单色光 a 照射光电管阴极 K 时，通过电流计 G 的电流是由 d 到 c
- D. 即使增加单色光 b 的照射时间，也不可能使电流计 G 的指针发生偏转



学生实验

实验一 探究小车速度的规律

实验目的

1. 练习使用打点计时器。
2. 利用打点计时器测量小车的速度，研究小车速度随时间变化的规律。

实验原理

1. 打点计时器是一种使用交流电源工作的计时仪器，当电源频率为 50 Hz 时，它每隔 0.02 s 打一次点，因此纸带上各点之间的距离就表示相应时间间隔中物体的位移，研究纸带上的点就可以了解物体运动的情况。

2. 用打点计时器测量速度。

如图 1 所示，在纸带上选取包含待测点 E 点在内的一小段间隔 DF ，根据 D 、 F 两点间的距离 Δx 和时间 Δt ，即可算出纸带在这两点间的平均速度 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ，可以用这个平均速度粗略地代表纸带在打下 E 点时的瞬时速度。

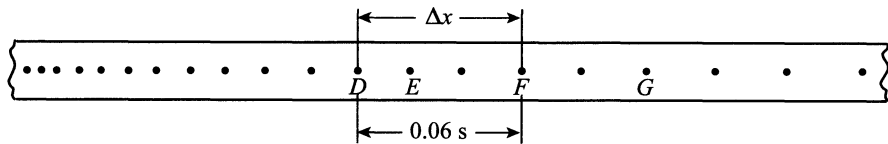


图 1

如图 2 所示，当所取的 2 个计数点越来越接近 E 点时，求得的平均速度就越能准确地反映纸带在打下该点时的运动快慢。若实验中取计数周期为 0.10 s，则纸带上与某一点相邻的 2 个计数点间的时间间隔为 0.20 s，这仍然比一条纸带所记录的总时间要小得多。因此，我们通常将纸带在打下与某一点相邻的 2 个计数点间的平均速度当作其在打下该点时的瞬时速度。

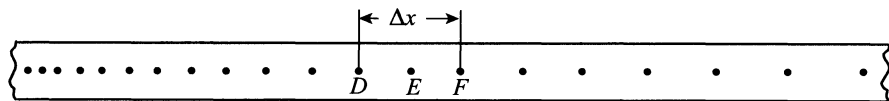


图 2



3. 研究小车速度随时间变化的规律。

以速度 v 为纵轴、以时间 t 为横轴建立直角坐标系，根据实验中获得的 v 、 t 数据，在坐标系中描点作出 $v-t$ 图像，根据图像分析小车运动的规律。若 $v-t$ 图像为一条倾斜直线，则说明小车的速度随时间均匀变化，即小车做匀变速直线运动。



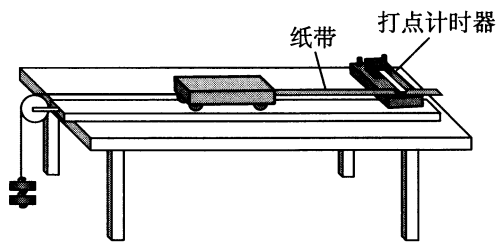
实验器材

打点计时器、纸带、交流电源、小车、细绳、一端附有滑轮的长木板、毫米刻度尺、槽码。



实验步骤

1. 把一端附有滑轮的长木板平放在实验桌上，并使滑轮伸出桌面，把打点计时器固定在长木板上没有滑轮的一端，如图所示，将打点计时器与电源相连。



2. 把一条细绳拴在小车上，再使细绳跨过滑轮并在细绳的另一端挂上槽码，调节滑轮使细绳和长木板平行，让小车能在长木板上平稳地加速滑行一段距离。把纸带穿过打点计时器，并把它的一端固定在小车的后面。

3. 把小车停在靠近打点计时器处，先接通电源，然后放开小车，让小车拖着纸带运动，打点计时器就会在纸带上打下一系列的点。断开电源，取下纸带。

4. 增减所挂槽码的个数，或在小车上放置重物，更换纸带，再做两次实验。

5. 舍掉纸带开头的一些过于密集的点，找一个适当的点作为计时起点。可选择相隔 0.10 s （或更短）的若干计数点，测量各计数点到计时起点之间的距离，作为各计数点的位置坐标，记入表格。用相同的方法完成对三条纸带的测量。

6. 选择一段位移 Δx ，找到对应的时间 Δt ，求出平均速度代表瞬时速度 v ，记入表格。

7. 在坐标纸上建立坐标轴，选择合适的标度，描点作图，根据 $v-t$ 图像分析小车的运动。



注意事项

1. 小车的加速度大小应适当，以能在纸带上长约 50 cm 的范围内取 $7\sim 8$ 个清晰的计数点为宜。

2. 要防止槽码落地及小车与定滑轮相撞；纸带打完后要及时断开电源。

3. 应区分打点计时器打出的点与人为选取的计数点（一般每 5 个打印点取 1 个计数点，即相邻计数点之间的时间间隔 $T=0.10\text{ s}$ ），选取的计数点不少于 6 个。

4. 测量各段位移时，尽量不移动毫米刻度尺（可先统一测量出各计数点到计数起点之间的距离，再分别相减，获得小车在各段时间内的位移）。

5. 使用毫米刻度尺测量时，应估读到毫米的下一位。



实验记录与数据处理

小车在各个时刻的位置

相邻计数点之间的时间间隔 $T = \underline{\hspace{2cm}}$ s。

纸带编号	x_0/cm	x_1/cm	x_2/cm	x_3/cm	x_4/cm	x_5/cm	x_6/cm	x_7/cm
①	0							
②	0							
③	0							

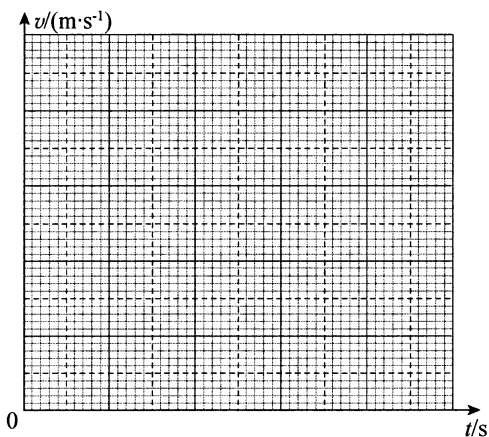
小车在各段时间内的位移

各段位移的时间 $\Delta t = \underline{\hspace{2cm}}$ s。

纸带编号	$(x_2 - x_0)/\text{cm}$	$(x_3 - x_1)/\text{cm}$	$(x_4 - x_2)/\text{cm}$	$(x_5 - x_3)/\text{cm}$	$(x_6 - x_4)/\text{cm}$	$(x_7 - x_5)/\text{cm}$
①						
②						
③						

小车在各个时刻的瞬时速度

计数点 n	1	2	3	4	5	6
时刻 t/s						
瞬时速度 $v_n/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	①					
	②					
	③					



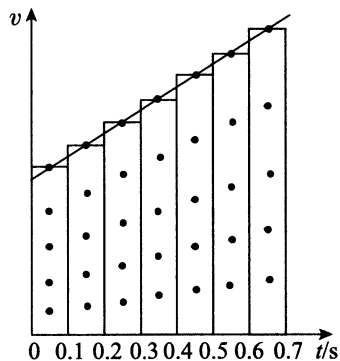
结论: _____。



问题与讨论

1. 实验中用纸带在两点之间的平均速度 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 代表其在这两点之间的某点的瞬时速度，从实验角度看， Δt 是不是越小越好？

2. 为研究实验小车沿斜面向下运动的规律，某同学用以下方法绘制了小车运动的 $v-t$ 图像。先把纸带每隔 0.1 s 剪断，得到若干短纸条。再把这些纸条并排贴在一张纸上，使这些纸条下端对齐，作为时间坐标轴，如图所示。最后将纸条上端中心连起来，于是得到 $v-t$ 图像。这样做有道理吗？说说你的看法。



巩固练习

1. 做“探究小车速度随时间变化的规律”实验，回答下列问题。

- (1) 实验室提供了以下器材：打点计时器、一端附有滑轮的长木板、小车、纸带、细绳、槽码、刻度尺、导线、交流电源、复写纸、弹簧测力计，其中，在本实验中不需要的器材是_____。
- (2) 图 1 所示的是某同学由打点计时器得到的能反映小车运动情况的一条清晰纸带，纸带上两相邻计数点之间还有四个点没有画出来，打点计时器打点的时间间隔 $T=0.02$ s，其中， $x_1=7.05$ cm、 $x_2=7.68$ cm、 $x_3=8.33$ cm、 $x_4=8.95$ cm、 $x_5=9.61$ cm、 $x_6=10.26$ cm。

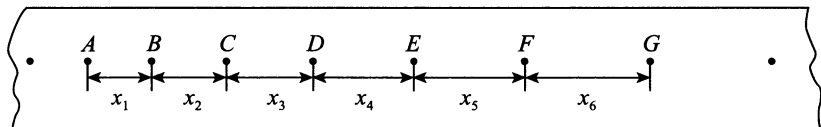


图 1



下表列出了打点计时器打下 B 、 C 、 F 点时小车的瞬时速度，请在表中填入打点计时器打下 D 、 E 两点时小车的瞬时速度。(结果保留三位有效数字)

位置	B	C	D	E	F
速度/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	0.737	0.801			0.994

(3) 以 A 点为计时起点，在图 2 所示坐标系中画出小车的速度-时间图像。

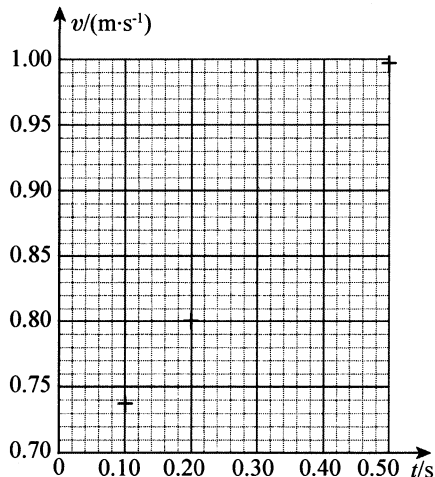


图 2

(4) 根据你画出的小车的速度-时间图像计算出小车的加速度 $a = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s^2 。(结果保留两位有效数字)

2. 用图 1 所示的实验装置研究小车速度随时间变化的规律。

主要实验步骤如下。

a. 安装好实验器材。接通电源后，让拖着纸带的小车沿长木板运动，重复几次。

b. 选出一条点迹清晰的纸带，找一个合适的点当作计时起点 O ($t=0$)，然后每隔相同的时间间隔 T 选取一个计数点，如图 2 中点 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F ……所示。

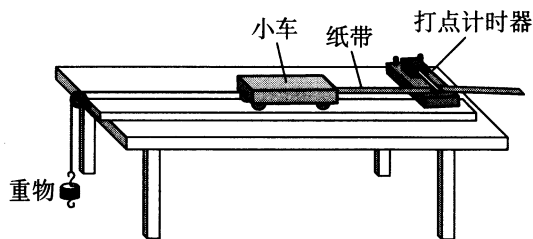


图 1

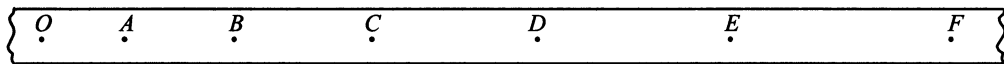


图 2

c. 通过测量、计算可以得到在打 A 、 B 、 C 、 D 、 E ……点时小车的速度，分别记作 v_1 、 v_2 、 v_3 、 v_4 、 v_5 ……。

d. 以速度 v 为纵轴、以时间 t 为横轴建立直角坐标系，在坐标纸上描点，如图 3 所示。

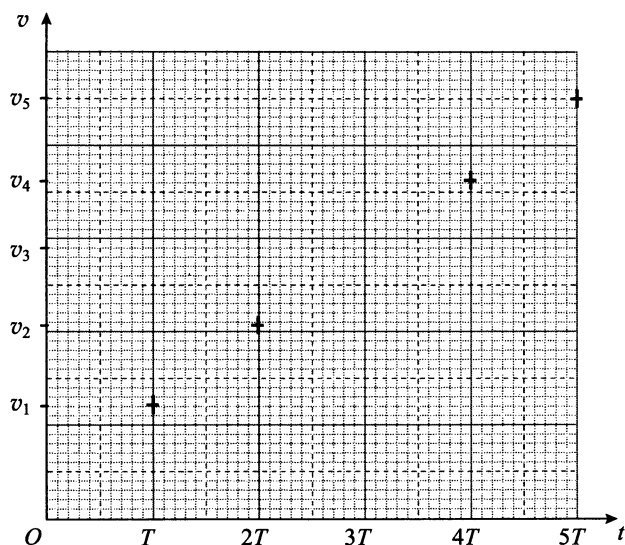


图 3

结合上述实验步骤，请你完成下列任务。

- (1) 在本实验中还需要使用下列仪器和器材中的_____和_____。(选填选项前的字母)
 - A. 电压合适的 50 Hz 交流电源
 - B. 电压可调的直流电源
 - C. 刻度尺
 - D. 停表
 - E. 天平 (含砝码)
- (2) 在图 3 中已标出计数点 A、B、D、E 对应的坐标点，请在该图中标出计数点 C 对应的坐标点，并画出 $v-t$ 图像。
- (3) 观察 $v-t$ 图像，可以判断出小车做的是匀变速直线运动，其依据是_____。
_____。 $v-t$ 图像的斜率的物理意义是_____。
- (4) 描绘 $v-t$ 图像前，还不知道小车是否做匀变速直线运动。此时若要用平均速度 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 表示各计数点的瞬时速度，从理论上讲，对 Δt 的要求是_____ (选填“越小越好”或“与大小无关”)；从实验的角度看，选取的 Δx 的大小与速度测量的误差_____ (选填“有关”或“无关”)。
- (5) 早在 16 世纪末，伽利略就猜想落体运动的速度应该是均匀变化的。当时只能靠滴水计时，为此他设计了如图 4 所示的“斜面实验”，在反复做了上百次实验之后，他验证了自己的猜想。请你结合匀变速直线运动的知识，分析说明如何利用伽利略的“斜面实验”检验小球的速度是随时间均匀变化的。

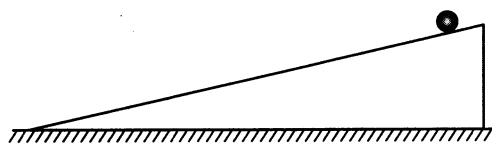


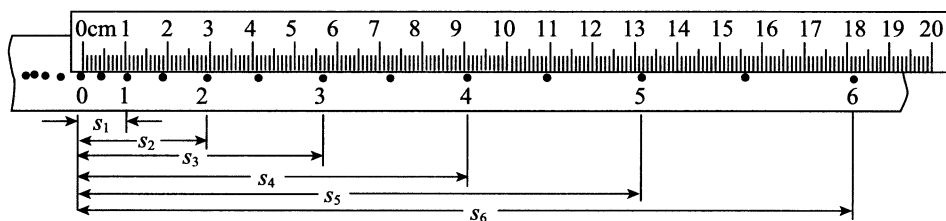
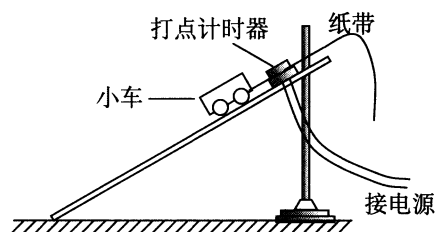
图 4



3. 某同学用如右图所示的实验装置研究小车在平板斜面上的运动。

实验步骤如下。

- 安装好实验器材。
- 接通电源后，让拖着纸带的小车沿平板斜面向下运动，重复几次。选出一条点迹比较清晰的纸带，舍去开始密集的点迹，从便于测量的点开始，每两个打点间隔取一个计数点，如下图中点0、1、2、…6所示。

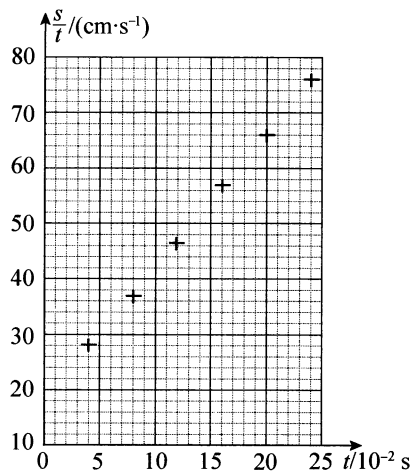


- 测量1、2、3、…6计数点到0计数点的距离，分别记作： s_1 、 s_2 、 s_3 、… s_6 。
- 通过测量和计算，该同学判断出小车沿平板斜面做匀加速直线运动。

- 分别计算出 s_1 、 s_2 、 s_3 、… s_6 与对应时间的比值 $\frac{s_1}{t_1}$ 、

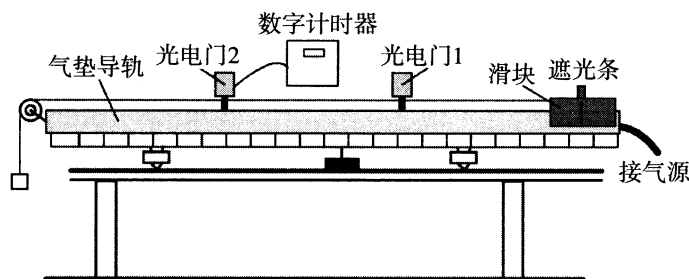
$$\frac{s_2}{t_2}, \frac{s_3}{t_3}, \dots, \frac{s_6}{t_6}.$$

- 以 $\frac{s}{t}$ 为纵坐标、以 t 为横坐标，标出 $\frac{s}{t}$ 与对应时间 t 的坐标点，画出 $\frac{s}{t}-t$ 图像。



请画出 $\frac{s}{t}-t$ 图像。根据 $\frac{s}{t}-t$ 图像可知，在打0计数点时，小车的速度 $v_0 =$ _____ m/s；它在平板斜面上运动的加速度 $a =$ _____ m/s²。

4. 某同学为了测定气垫导轨上滑块的加速度，在滑块上安装了宽度为2 cm的遮光条。然后利用数字计时器记录了遮光条通过光电门1所用的时间为 $\Delta t_1 = 0.02 \text{ s}$ ，通过光电门2所用的时间 $\Delta t_2 = 0.01 \text{ s}$ ，遮光条从开始遮住第一个光电门到开始遮住第二个光电门的时间为2.0 s。根据实验数据，计算滑块通过光电门1的速度为 _____，通过光电门2的速度为 _____，滑块的加速度大小为 _____。





实验二 探究弹簧弹力与形变量的关系



实验目的

1. 学会用列表法和图像法处理实验数据。
2. 探究弹簧弹力与弹簧形变量之间的定量关系。



实验原理

弹簧受力会发生形变，弹簧的形变量越大，弹力也就越大。将钩码悬挂于弹簧的下端，钩码静止时，弹簧弹力与钩码所受的重力大小相等。改变悬挂钩码的数量，测量与之对应的弹簧形变量，便可通过数学方法得到弹簧弹力与其形变量之间的定量关系。



实验器材

弹簧、铁架台、相同质量的钩码若干、刻度尺。



实验步骤

1. 如图所示，将弹簧悬挂于铁架台的横杆上，让弹簧自然下垂。待弹簧稳定后，用刻度尺测出弹簧的原长 l_0 并作记录。

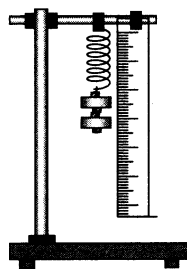
2. 依次在弹簧下面挂上一个钩码、两个钩码、三个钩码……每次在钩码回到静止状态后，测出弹簧的总长 l ，计算出弹簧形变量 $x=l-l_0$ ，列表并作记录。

3. 根据所测数据，以力 F 为纵坐标、以弹簧形变量 x 为横坐标，在坐标纸上描点。

4. 作弹簧的 $F-x$ 图像。按照坐标纸中各点的分布与走向，尝试作出一条平滑的曲线（包括直线）。

5. 以弹簧形变量为自变量，写出曲线的函数表达式。

6. 解释函数表达式中常数的物理意义。



注意事项

1. 实验时拉力不要过大，以免超出弹簧的弹性限度。
2. 在弹簧的弹性限度内，尽可能多测几组数据；在钩码处于静止时读数。
3. 作图时，图中各点不一定在曲线上，但要注意使曲线两侧的点数大致相同。

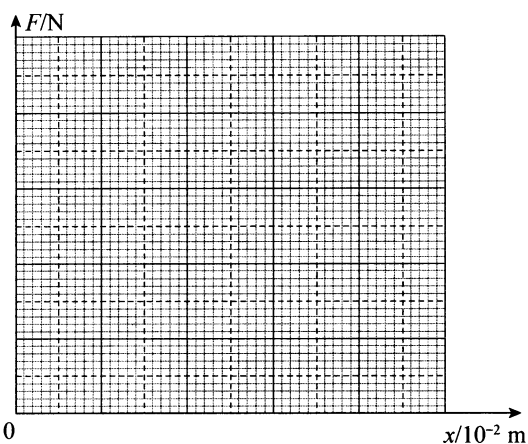


实验记录与数据处理

弹簧原长 $l_0 =$ _____ m。



	弹簧弹力 F/N	弹簧总长 l/m	弹簧形变量 x/m
1			
2			
3			
4			
5			
6			



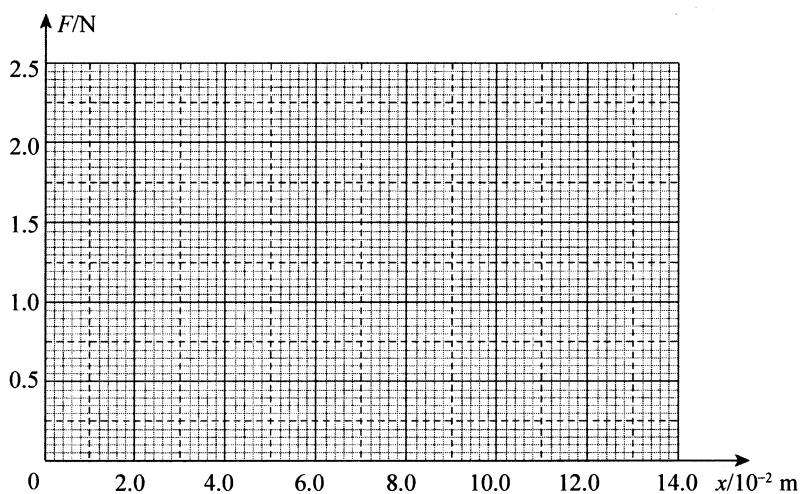
结论：在弹簧的弹性限度内，弹力与形变量的关系是_____，
函数关系式为_____，式中常数的物理意义为_____。

**巩固练习**

1. 下表是某同学为探究弹簧的弹力和形变量的关系所测的几组数据。

弹力 F/N	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
形变量 x/cm	2.30	5.08	6.89	9.80	12.40

(1) 请在图中坐标纸上画出 $F-x$ 图像。



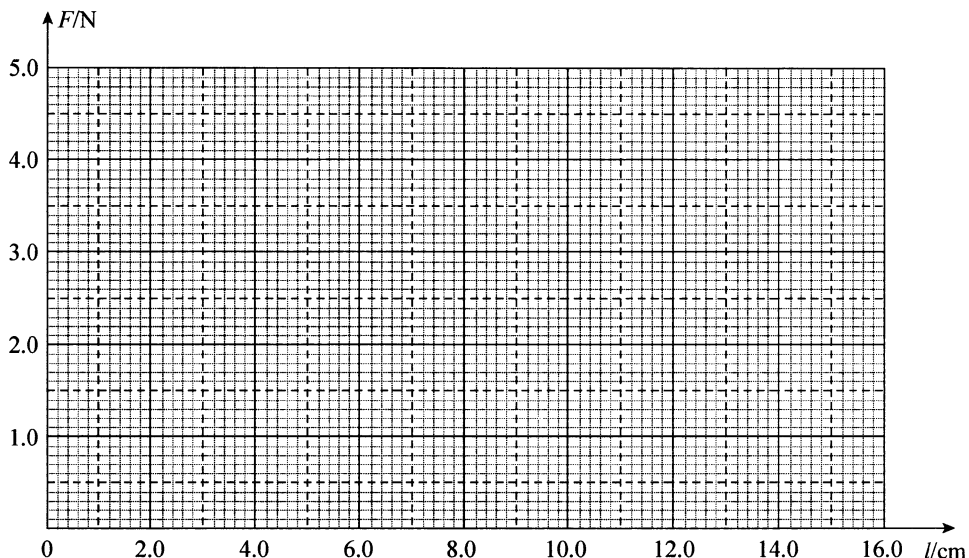
(2) 写出曲线的函数表达式。

(3) 已知弹簧的原长 l_0 为 15.00 cm，请你写出弹力 F 随弹簧长度 l 变化的函数表达式。
(变量均用国际单位)

2. 某实验小组做“探究弹力和弹簧形变量的关系”实验时，先把弹簧平放在桌面上，用直尺测出弹簧的原长 $l_0 = 4.60$ cm，再把弹簧竖直悬挂起来，在下端挂钩码，每增加一只钩码均记下对应的弹簧的长度 l ，数据记录如下表所示。

钩码个数	1	2	3	4	5
弹力 F/N	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
弹簧的长度 l/cm	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00

(1) 根据表中数据在下图中作出 $F-l$ 图像。



(2) 由此图像可得，该弹簧劲度系数 $k =$ _____ N/m。

(3) 图像中图线与 x 轴的交点的坐标大于 l_0 的原因是 _____。

3. 某同学和你一起探究弹力和弹簧形变量的关系，并测量弹簧的劲度系数 k 。做法是先将待测弹簧的一端固定在铁架台上，然后将最小刻度是毫米的刻度尺竖直放在弹簧一侧，并使弹簧另一端的指针恰好落在刻度尺上。当弹簧自然下垂时，将指针指示的刻度数值记作 L_0 ；当弹簧下端挂一个 50 g 的钩码时，将指针指示的刻度数值记作 L_1 ；当弹簧下端挂两个 50 g 的钩码时，将指针指示的刻度数值记作 L_2 ；……挂七个 50 g 的钩码时，将指针指示的刻度数值记作 L_7 。

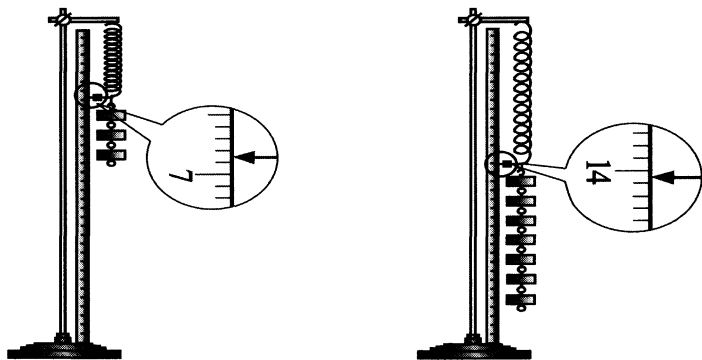
(1) 下表记录的是该同学已测出的六个值，其中有两个数值在记录时有误，它们的代表符号分别是 _____ 和 _____。

测量记录表如下表所示。

代表符号	L_0	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
刻度数值/cm	1.70	3.40	5.10		8.60	10.3	12.1	



- (2) 实验中, L_3 和 L_7 两个值还没有测定, 请你根据下图将这两个测量值填入测量记录表中。



- (3) 为充分利用测量数据, 该同学将所测得的数值按如下方法逐一求差, 分别计算出了三个差值:

$$d_1 = L_4 - L_0 = 6.90 \text{ cm}; d_2 = L_5 - L_1 = 6.90 \text{ cm}; d_3 = L_6 - L_2 = 7.00 \text{ cm}.$$

请你给出第四个差值: $d_4 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$ 。

- (4) 根据以上差值, 可以求出每增加 50 g 砝码的弹簧平均形变量 ΔL 。

ΔL 用 d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 表示的式子为: $\Delta L = \underline{\hspace{4cm}}$, 代入数据解得 $\Delta L = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$ 。

- (5) 弹簧的劲度系数 $k = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N/m}$ 。(g 取 9.8 m/s^2)



实验三 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力的合成规律。

实验原理

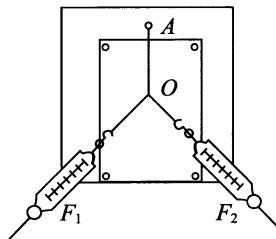
用互成角度的两个力 F_1 、 F_2 共同作用产生与第三个力 F 单独作用时相同的效果，探究 F 与 F_1 、 F_2 有什么关系。

实验器材

方木板、白纸、图钉（若干）、弹簧测力计（两个）、细绳套（两个）、橡皮条、三角板、刻度尺、铅笔。

实验步骤

1. 用图钉把白纸固定在水平放置的方木板上。
2. 用图钉将橡皮条的一端固定在方木板上的 A 点处，用两个细绳套系在橡皮条的另一端。
3. 用弹簧测力计分别钩住两个细绳套，互成角度地拉橡皮条，将结点拉伸到某一位置 O ，如图所示。用铅笔描下结点 O 的位置和两条细绳的方向，并记录此时两个弹簧测力计的示数。
4. 在白纸上用铅笔和刻度尺从结点 O 沿两条细绳方向画直线，按选定的标度（比例）作出这两个弹簧测力计的拉力 F_1 、 F_2 的图示。
5. 只用一个弹簧测力计，通过细绳套把橡皮条的结点拉到与前面相同的位置 O ，记下此时弹簧测力计的示数和细绳的方向，按同样的标度（比例）用刻度尺从 O 点起作出这个弹簧测力计的拉力 F 的图示。
6. 用虚线把 F 的箭头端分别与 F_1 、 F_2 的箭头端连接，看到连线与 F_1 、 F_2 所围成的形状像一个平行四边形，尝试验证其是否确实是平行四边形。（可以用三角板和刻度尺以 F_1 、 F_2 为两条邻边作出一个平行四边形，并作出 F_1 、 F_2 所夹的对角线 F' ，比较 F' 与 F 在实验误差允许的范围内是否重合）
7. 改变两个力 F_1 、 F_2 的大小和夹角，重复实验两次。



注意事项

1. 选择弹簧测力计时，可将两个弹簧测力计自由端钩在一起，沿水平方向相互拉伸，看它们读数的变化是否相同，若相同即可选用。
2. 在使用弹簧测力计前需先了解其量程、单位和最小刻度，再将其水平放置，检查、校正零点。读数时视线要正对刻度盘。



3. 用弹簧测力计测拉力时，应使拉力沿弹簧测力计的轴线方向；橡皮条、弹簧测力计和细绳套应位于与纸面平行的同一平面内。

4. 不要使用老化的橡皮条，检查橡皮条是否老化的方法是用一个弹簧测力计把橡皮条拉到某一确定的长度，反复做几次，看弹簧测力计读数是否发生变化。

5. 同一次实验中，橡皮条拉长后的结点位置 O 必须保持不变。

6. 画力的图示时应选择合适的标度，尽可能把图画得大一些；严格按力的图示要求和几何作图法作图。



实验记录与数据处理

在白纸上按要求作出力的图示，比较 F' 与 F 的大小和方向，得出实验结论。



问题与讨论

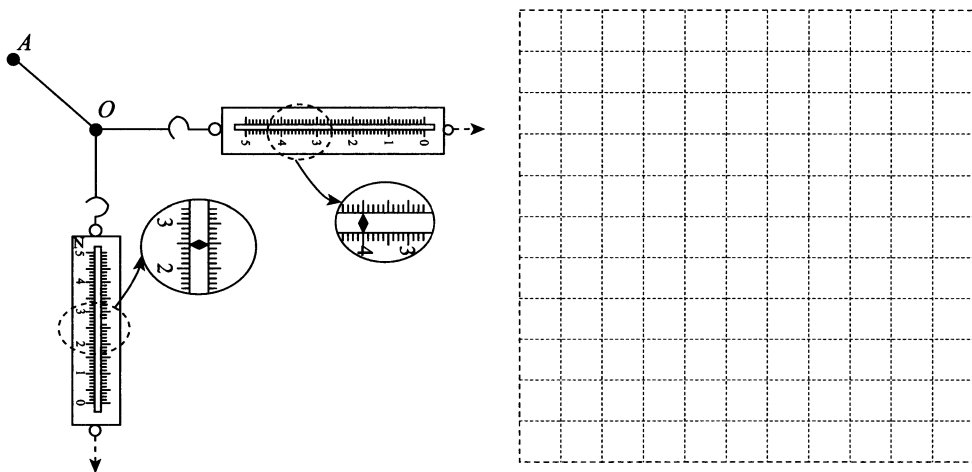
1. 在本实验中，“两个互成角度的力产生与第三个力相同的效果”中的“效果”指的是什么？

2. 为什么在同一次实验中，橡皮条拉长后的结点位置 O 必须保持不变？



巩固练习

1. 将橡皮条的一端固定在 A 点，另一端拴上两根细绳，每根细绳分别连着一个量程为 5 N 、最小刻度为 0.1 N 的弹簧测力计。沿着两个不同的方向拉弹簧测力计，当橡皮条的活动端拉到 O 点时，两根细绳相互垂直，如图所示。这时弹簧测力计的读数可由图读出。（只需读到 0.1 N ）



(1) 两个相互垂直的拉力的大小分别为_____ N 和_____ N 。

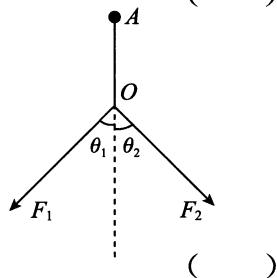
(2) 在坐标纸上按作图法的要求画出这两个力及它们的合力。

2. 在做“探究两个互成角度的力的合成规律”实验时，某同学认为必须注意以下几点，其中正确的是 ()

- A. 同一次实验中 O 点的位置不能改变
- B. 橡皮条应与两绳夹角的角平分线在同一直线上
- C. 使用弹簧测力计时要注意使弹簧测力计所在平面与方木板平面平行
- D. 实验中，把橡皮条的结点拉到 O 点时，两弹簧之间的夹角应取 90° 不变，以便计算合力的大小

3. 在做“探究两个互成角度的力的合成规律”实验时，橡皮条的一端固定在 A 点，另一端被两个弹簧测力计拉到 O 点，两弹簧测力计读数分别为 F_1 和 F_2 ，细绳方向与线段 AO 延长线的夹角分别为 θ_1 和 θ_2 ，如图所示。以下说法中正确的是 ()

- A. 每次把橡皮条另一端拉到 O 点时， F_1 与 F_2 的合力都相同
- B. 用平行四边形定则求得的合力 F 一定沿 OA 所在直线方向
- C. 若不改变 O 和 θ_1 ， F_1 增大，则 F_2 必减小
- D. 合力 F 必大于 F_1 或 F_2



4. 同学们在操作过程中有如下讨论，其中有助于减小实验误差的是

- A. 两细绳必须等长
- B. 用两个弹簧测力计同时拉橡皮条时，两条细绳之间的夹角应尽量大
- C. 弹簧测力计、细绳、橡皮条都尽可能位于与方木板平面平行的同一平面
- D. 拉橡皮条的细绳要适当长些，标记同一细绳方向的两点要远些

5. 如图 1 所示，在做“探究两个互成角度的力的合成规律”的实验中，某同学进行实验的主要步骤如下。

- a. 将橡皮条的一端固定在木板上的 A 点，另一端拴上两根绳套，每根绳套分别连着一个弹簧测力计。
- b. 沿着两个方向拉弹簧测力计，将橡皮条的活动端拉到某一位置，将此位置标记为 O 点，读取此时弹簧测力计的示数，分别记录两个拉力 F_1 、 F_2 的大小。
- c. 用笔在两绳的拉力方向上分别标记 a 、 b 两点，并分别将其与 O 点连接，表示两力的方向。
- d. 用一个弹簧测力计将橡皮条的活动端拉至 O 点，记录其拉力 F 的大小并用上述方法记录其方向。

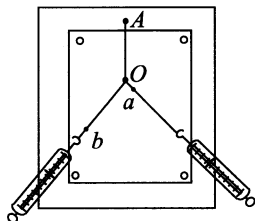


图 1

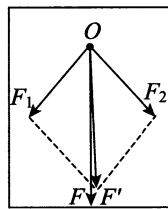


图 2

(1) 步骤 d 中用一个弹簧测力计将橡皮条的活动端拉至 O 点，这样做的目的是：_____。

(2) 这位同学在实验中确定分力方向时所标的 a 点 (如图 1 所示) 标记得不妥，其原因是：_____。

(3) 图 2 是在白纸上根据实验结果作出的力的图示，其中 _____ 是 F_1 和 F_2 的合力的测量值。 F 与 F' 两力中，方向一定沿 AO 方向的是 _____。



实验四 探究加速度与物体受力、物体质量的关系



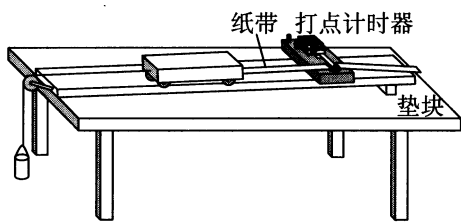
实验目的

探究加速度与物体受力、物体质量的关系。



实验原理

实验装置如图所示，保持小车总质量 M 不变，在桶内装砂。当砂和桶的总质量 m 远小于小车的总质量 M 时，小车所受的拉力 F 可认为等于砂和桶所受的总重力 mg 。改变桶内砂的质量，从而改变细绳对小车的拉力 F ，测出小车相应的加速度 a ，由多组 a 、 F 数据作出 $a-F$ 图像，探究物体加速度与所受外力的关系。



保持桶内砂的质量不变，在小车上加减砝码，改变小车的总质量 M ，测出小车相应的加速度 a ，由多组 a 、 M 数据作图像，探究加速度与质量的关系。



实验器材

小车、砝码、小桶、砂、细绳、附有滑轮的长木板、垫块、交流电源、打点计时器、纸带、天平、刻度尺。



实验步骤

1. 用天平测出小车的质量 M_0 。
2. 按上图装置把实验器材安装好，小车上不挂小桶，安装纸带，把长木板不带滑轮的一侧垫高，补偿打点计时器对小车的阻力及其他阻力（反复移动垫块的位置，直至小车在斜面上可保持匀速直线运动）。
3. 在小桶内装砂，用天平测出砂和桶的总质量 m 并记录。
4. 把细绳系在小车上并绕过滑轮悬挂小桶，调节滑轮使细绳与长木板所在平面平行。接通电源，放开小车，打点计时器在纸带上打下一系列点；断开电源，取下纸带并在纸带上标上编号。
5. 保持小车的质量不变，多次改变砂的质量，重复步骤 3、4。求出每条纸带对应的加速度并填入表中。
6. 用纵坐标表示加速度 a 、用横坐标表示作用力 F （等于砂和桶的总重力 mg ），作出 $a-F$ 图像，以探究加速度与合外力的关系。
7. 保持砂和桶的总质量不变，多次在小车上加放砝码以改变小车的总质量 M ，并做好记录。重复步骤 4，求出相应的加速度并填入表中。用纵坐标表示加速度 a ，横坐标表示小车和车内砝码总质量的倒数 $\frac{1}{M}$ ，作出图像，以探究加速度与质量的关系。



注意事项

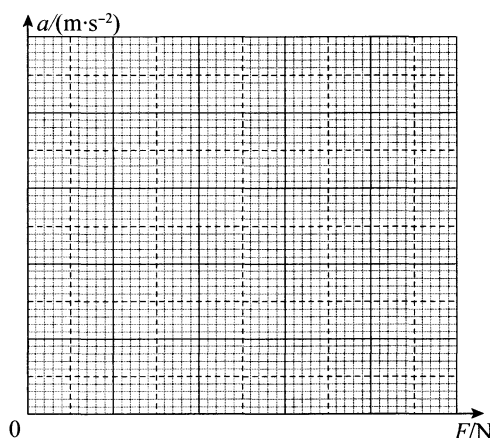
1. 砂和桶的总质量应远小于（不要超过小车和车内砝码总质量的 $\frac{1}{10}$ ）小车和车内砝码的总质量。
2. 调整安装在长木板上的定滑轮的高度，使连接小车和小桶的细绳与长木板所在平面平行。
3. 在补偿阻力时，可以利用打点计时器来判断长木板倾斜角度是否合适。用手给小车一个初速度，让小车滑行一段距离，如果纸带上打出的点是等间距的，说明小车受到的阻力与其自身所受重力沿斜面向下的分力平衡。



实验记录与数据处理

小车的质量 $M_0 =$ _____ kg。

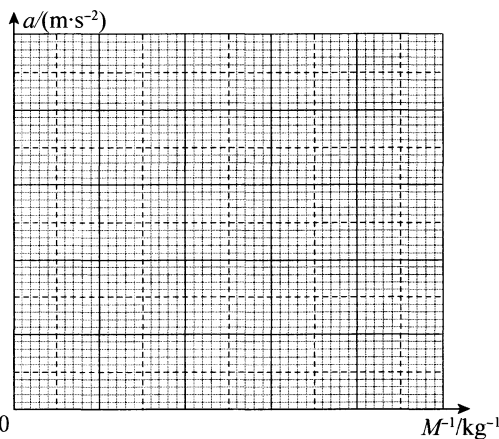
序号	砂和桶的总质量 m/g	砂和桶所受的 总重力 mg/N	加速度 $a/(m \cdot s^{-2})$
1			
2			
3			
4			
5			



结论 1: _____。

砂和桶的总质量 $m =$ _____ kg。

序号	小车的总质量 M/kg	小车总质量的倒数 M^{-1}/kg^{-1}	加速度 $a/(m \cdot s^{-2})$
1			
2			
3			
4			
5			



结论 2: _____。



问题与讨论

1. 在这个实验中，为什么需要平衡小车受到的摩擦阻力？为什么需要控制砂和桶的总质量 m 远小于小车和车内砝码的总质量 M ？



2. 改变小桶内的砂或车内砝码的质量后是否需要重新平衡摩擦力?

3. $a-F$ 及 $a-M^{-1}$ 图像中图线的斜率的物理意义分别是什么?



巩固练习

1. 某同学采用如图 1 所示的装置验证“物体质量一定时，其加速度与所受合力成正比”。

实验过程如下。

a. 按图 1 把实验器材安装好，不挂配重，反复移动垫木，直到小车做匀速直线运动。

b. 把细线系在小车上并绕过定滑轮悬挂配重，接通电源，放开小车，打点计时器在被小车带动的纸带上打下一系列点，取下纸带，在纸带上写上编号。

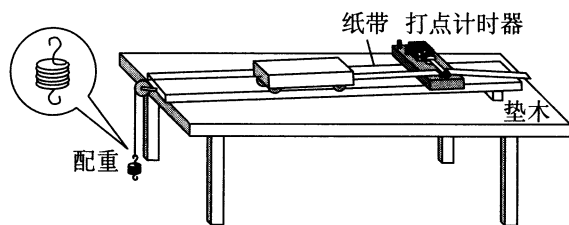


图 1

c. 保持小车的质量 M 不变，多次改变配重的质量 m ，再重复步骤 b。

d. 计算出每条纸带对应的加速度的值。

e. 用纵坐标表示加速度 a 、用横坐标表示配重受的重力 mg (作为小车受到的合力 F)，作出 $a-F$ 图像。

根据上述实验，回答下列问题。

(1) 在步骤 d 中，该同学是采用 $v-t$ 图像来求加速度的。图 2 所示为实验中打出的一条纸带的一部分，纸带上标出了连续的 3 个计数点，依次为 B、C、D 点，相邻计数点之间还有 4 个打印点没有标出。打点计时器接在频率为 50 Hz 的交流电源上。打点计时器打 C 点时，小车的速度为 _____ m/s。(结果保留两位有效数字)

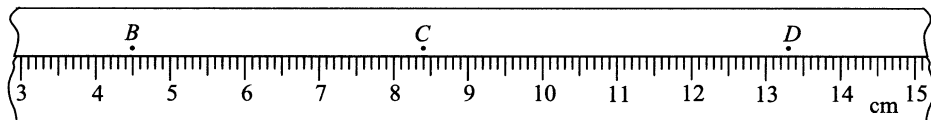


图 2

(2) 如图 3 所示, 除 C 点外的其他点对应的速度都标在 $v-t$ 坐标系中。 $t=0.10\text{ s}$ 时, 打点计时器恰好打 B 点。 请你将 (1) 中所得结果标在如图 3 所示的坐标系中, 并作出小车运动的 $v-t$ 图像, 利用图像求出小车此次运动的加速度 $a=$ _____ m/s^2 。(结果保留两位有效数字)

(3) 最终该同学所得的小车运动的 $a-F$ 图像如图 4 所示, 从图中可看出图线是一条经过原点的直线。 根据图像可以确定下列说法中不正确的是 ()

- A. 本实验中小车质量一定时, 其加速度与所受合力成正比
- B. 实验中小车的加速度可能大于重力加速度 g
- C. 可以确定小车的质量约为 0.50 kg
- D. 实验中配重的质量 m 远小于小车的质量 M

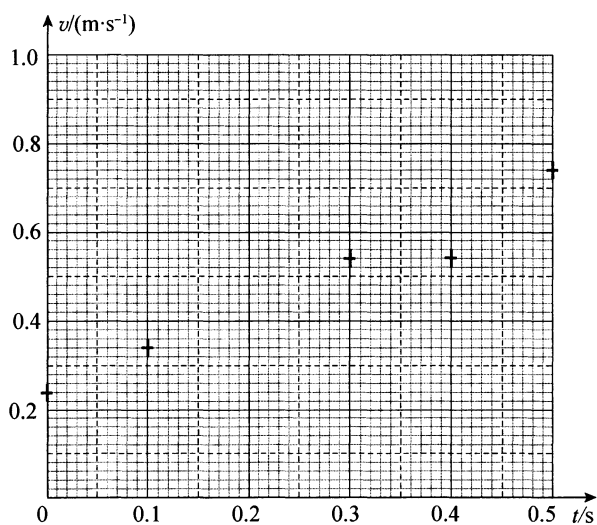


图 3

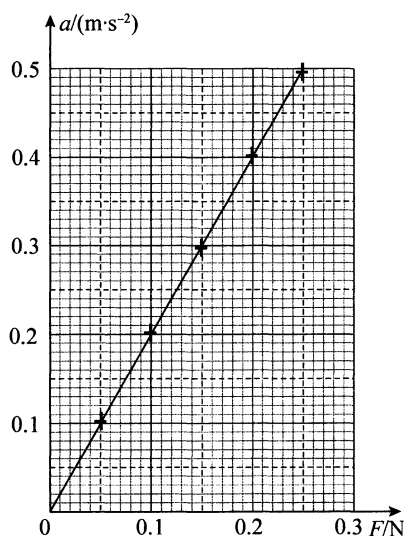
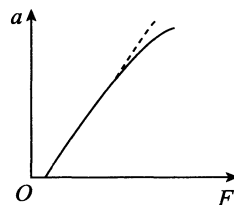


图 4

2. 某同学用上题图 1 所示的实验装置完成“探究加速度与物体受力、物体质量的关系”的实验。

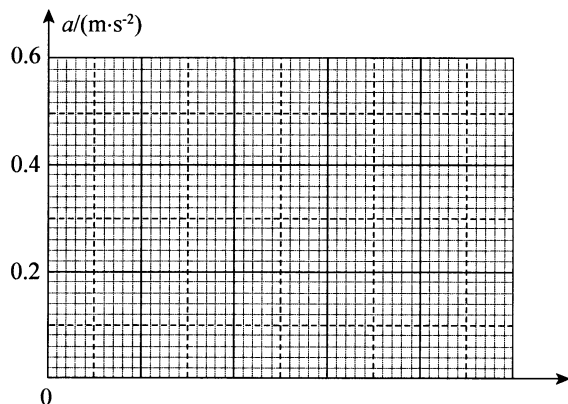
(1) 该同学在验证“物体质量一定时, 其加速度与所受合力成正比”的猜想时, 根据实验测得的数据, 得出的 $a-F$ 图像如下图所示。 图像既不过原点, 也不是直线, 请分析出现这种情况的原因: _____





(2) 该同学在验证“物体所受合力不变时，其加速度与质量成反比”的猜想时，得到了下表所示的数据。请在坐标纸上作出图像，以验证实验结论。

小车的质量 m/kg	小车的加速度 $a/(\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$
0.20	0.60
0.30	0.40
0.40	0.29
0.50	0.25
0.60	0.20



(3) 根据(2)中作出的图像，可以求得小车受到的合力为_____ N。

3. 某同学利用如图1所示的装置来探究加速度与力、质量的关系。

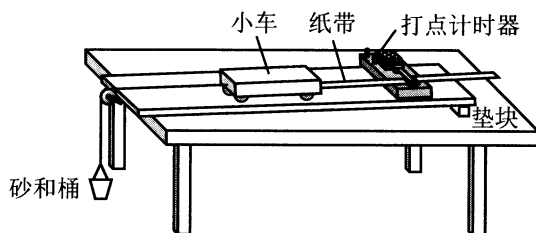


图1

(1) 除小车、砂和桶、打点计时器(含纸带和复写纸)、导线、开关等器材外，在下面的器材中，必须使用的有_____。(选填选项前的字母)

- A. 电压可调的直流电源 B. 电压合适的50 Hz交流电源
C. 刻度尺 D. 秒表 E. 天平

(2) 在设计“探究加速度与力的关系”的实验时，需要思考如何测量“力”。为简化“力”的测量，在_____后，小车受到的合力等于绳的拉力，在_____后，可以认为绳的拉力近似等于砂和桶所受的总重力。(均选填选项前的字母)

- A. 调整木板的倾斜度，使小车在不受牵引时能拖动纸带沿木板匀速运动
B. 调节滑轮的高度，使细绳与木板平行
C. 使砂和桶的总质量远小于小车的质量

(3) 将打点计时器接在电源上，某次实验得到的纸带及部分实验数据如图2所示，相邻计数点间有四个点未画出，则小车的加速度 $a = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}^2$ 。(结果保留两位有效数字)

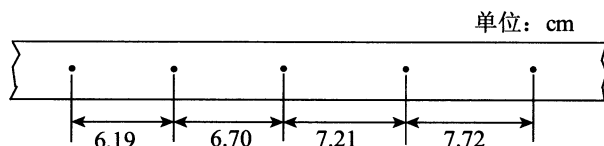


图2

- (4) 某同学猜想加速度与力成正比、与质量成反比，因此他认为可以不测量加速度的具体数值，仅测量不同条件下物体加速度的比值即可。他采用如图 3 所示的实验装置，将轨道分为上下双层排列，两小车尾部的刹车线由后面的刹车系统同时控制，能使两小车同时运动或同时停下来。实验中通过比较两辆小车的位移来比较它们的加速度。你认为这位同学的方法可行吗？请说明理由。

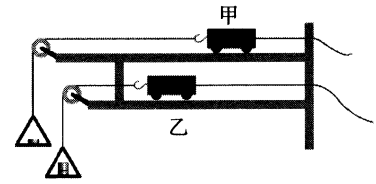


图 3



实验五 验证机械能守恒定律



实验目的

验证机械能守恒定律。

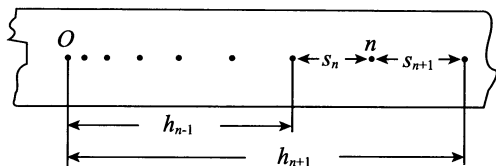


实验原理

1. 在自由落体运动过程中, 只有重力对物体做功, 物体的重力势能和动能可以互相转化, 但总的机械能保持不变。本实验借助打点计时器测量出某时刻物体下落的高度 h , 并计算出该时刻物体的瞬时速度 v , 从而验证在误差允许的范围内, 物体在自由下落过程中重力势能的减少量 mgh 与动能的增加量 $\frac{1}{2}mv^2$ 相等 (或在已打好点的纸带上任找两点 A 、 B , 测出两点间的距离 Δh , 并计算出两点对应的瞬时速度 v_A 、 v_B , 若物体的机械能守恒, 应有 $mg\Delta h = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$)。

2. 测定瞬时速度的方法

做匀变速直线运动的物体, 某段时间内中间时刻的瞬时速度等于这段时间的平均速度。如图所示, 计算打第 n 点时的瞬时速度, 可通过测量与第 n 点相邻的前、后两计数点间的距离, 由公式 $v_n = \frac{s_n + s_{n+1}}{2T}$, 或由公式 $v_n = \frac{h_{n+1} - h_{n-1}}{2T}$ 计算出。



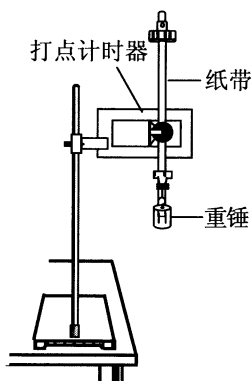
实验器材

铁架台、重锤、打点计时器、交流电源、纸带、毫米刻度尺。



实验步骤

- 按如图所示装置, 把打点计时器安装在铁架台上, 将打点计时器与电源接好。
- 把纸带的一端在重锤上用夹子固定好, 另一端穿过打点计时器的限位孔, 用夹子竖直提起纸带使重锤停靠在打点计时器附近。
- 接通电源, 松开纸带, 让重锤自由下落。重复几次, 得到 3~5 条打好点的纸带。
- 在打好点的纸带中挑选出一条点迹清晰的纸带, 在起始点标上 0, 之后各计数点依次标上 1、2、3……, 用毫米刻度尺测出对应的下落高度 h_1 、 h_2 、 h_3 ……。



5. 应用公式 $v_n = \frac{h_{n+1} - h_{n-1}}{2T}$ 计算各点对应的瞬时速度 v_1 、 v_2 、 v_3 ……。

6. 计算各点对应的重力势能的减少量 mgh_n 和动能的增加量 $\frac{1}{2}mv_n^2$, 并进行比较。

注意事项

1. 安装打点计时器时，应使限位孔沿竖直方向，以减小与纸带的摩擦阻力。
2. 实验时，需保持提纸带的夹子不动，待接通电源、让打点计时器正常工作后再松开纸带让重锤下落，以保证第一个点是一个清晰的小点。
3. 因不需要知道动能和重力势能的具体数值，所以不需要测量重锤的质量。

实验记录与数据处理

(贴纸带处)

$g = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s^2 , $T = \underline{\hspace{2cm}}$ s 。

序号 n	h_n/m	$v_n/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	$\frac{1}{2}v_n^2/(\text{J}\cdot\text{kg}^{-1})$	$gh_n/(\text{J}\cdot\text{kg}^{-1})$
1				
2				
3				
4				
5				

实验结论：_____。

问题与讨论

1. 实验时为什么必须选用质量较大的金属重锤？

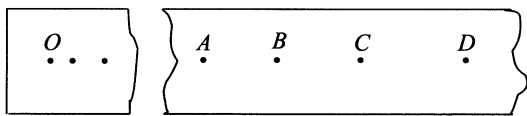
2. 动能和重力势能都跟物体的质量有关，本实验为什么不测量物体的质量？

3. 本实验中，重力加速度 g 取 9.8 m/s^2 ，还是取当地的重力加速度值？能否用本实验中的装置测量重力加速度？



巩固练习

1. 在做“验证机械能守恒定律”实验时，以下步骤中有些是必要的，有些是多余或错误的。请选出必要的步骤，并按正确的操作顺序排列_____。
- A. 用天平测出重锤的质量
 B. 把纸带的一端固定到重锤上，另一端穿过打点计时器的限位孔，用手竖直提起纸带，使重锤停靠在打点计时器附近
 C. 断开电源，调换纸带，重做几次
 D. 用停表测出重锤下落的时间
 E. 从打好的纸带中选出一条合适的，用刻度尺测出各计数点到起点之间的距离，记录数据、计算结果并得出结论
 F. 将打点计时器接到电压合适的交流电源上
 G. 接通电源，释放纸带
 H. 把打点计时器固定在桌边的铁架台上
2. 在做“验证机械能守恒定律”实验的过程中，已知打点计时器所用电源的频率为 50 Hz，当地的重力加速度 $g=9.80 \text{ m/s}^2$ ，测得所用的重物的质量为 1.00 kg。实验中得到一条点迹清晰的纸带，如图所示。把第一个点记作点 O ，在纸带上另取连续的 4 个点 A 、 B 、 C 、 D 作为测量的点，经测量可得点 A 、 B 、 C 、 D 到点 O 的距离分别为 62.99 cm、70.18 cm、77.76 cm、85.73 cm。根据以上数据，可知重物由点 O 运动到点 C ，重力势能的减少量等于_____ J，动能的增加量等于_____ J。（保留三位有效数字）



3. 利用如图 1 所示装置做“验证机械能守恒定律”实验。
- (1) 为验证机械能是否守恒，需要比较重物下落过程中在任意两点间的_____。
- A. 动能变化量与重力势能变化量
 B. 速度变化量与重力势能变化量
 C. 速度变化量与高度变化量
- (2) 除带夹子的重物、纸带、铁架台（含铁夹）、打点计时器、导线及开关外，还必须使用下列器材中的_____。
- A. 交流电源 B. 刻度尺 C. 天平（含砝码）

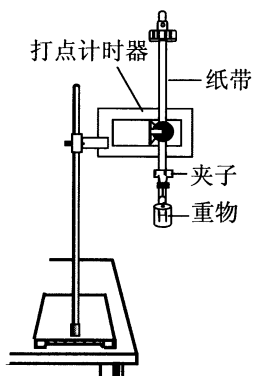


图 1

- (3) 实验中，先接通电源，再释放重物，得到如图 2 所示的一条纸带。在纸带上选取三个连续打出的点 A、B、C，测得他们到起始点 O 之间的距离分别为 h_A 、 h_B 、 h_C 。

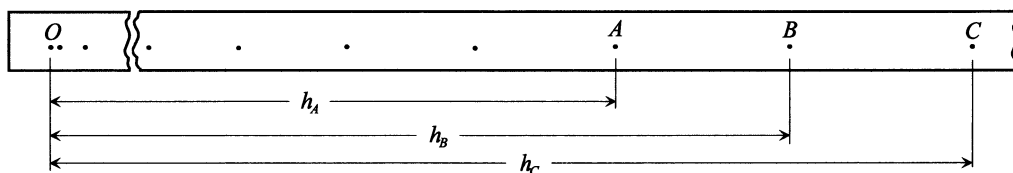


图 2

已知当地重力加速度为 g ，打点计时器打点的周期为 T 。设重物的质量为 m ，则从点 O 到点 B，重物的重力势能变化量 $\Delta E_p = \underline{\hspace{2cm}}$ ，动能变化量 $\Delta E_k = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

- (4) 大多数学生的实验结果显示，重力势能的减小量大于动能的增加量，原因是 。
- 利用了公式 $v=gt$ 来计算重物速度
 - 利用了公式 $v=\sqrt{2gh}$ 来计算重物速度
 - 存在空气阻力和摩擦阻力的影响
 - 没有采用多次实验取平均值的方法
- (5) 某同学用下述方法研究机械能是否守恒：在纸带上选取多个计数点，测量它们到起始点 O 之间的距离 h ，计算对应计数点的重物速度为 v ，描绘 $v^2 - h$ 图像，并做如下判断：若图像是一条过原点的直线，则重物下落过程中机械能守恒，请你分析论证该同学的判断依据是否正确。



实验六 探究平抛运动的特点



实验目的

1. 描出物体做平抛运动的轨迹。
2. 探究做平抛运动的物体在竖直方向和水平方向上的运动特点。



实验原理

做平抛运动的物体只受重力作用，初速度沿水平方向，将平抛运动沿竖直方向和水平方向进行分解，对其运动规律可以做出如下猜想：在竖直方向的运动是自由落体运动，在水平方向的运动是匀速直线运动。

竖直方向的运动满足 $y = \frac{1}{2}gt^2$ 。

水平方向的运动满足 $x = vt$ 。



实验器材

平抛竖落仪、平抛仪、白纸、复写纸、小钢球、刻度尺、铅笔、重锤线。



实验步骤

1. 用如图 1 所示的装置探究平抛运动竖直分运动的特点：用小锤击打弹性金属片后，A 球沿水平方向抛出，做平抛运动，同时 B 球被释放，自由下落，做自由落体运动。A、B 两球同时开始运动。观察两球的运动轨迹，比较它们落地的先后。分别改变小球距地面的高度和小锤击打的力度，多次重复实验。

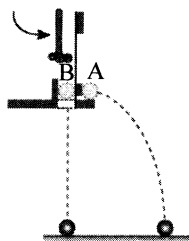


图 1

2. 用如图 2 所示的装置探究平抛运动水平分运动的特点。

(1) 将一张白纸和复写纸固定在装置的背板上，调节装置使背板与重锤线平行，即使背板处于竖直平面内。

(2) 调整斜槽 M，使其末段水平，即将钢球轻放在斜槽 M 末段的平直部分上任意位置处，钢球均可保持静止。

(3) 把钢球放在槽口处，并使球心在槽口末端的正上方，用铅笔记下球心在白纸上的投影点 O，O 点即为坐标原点。然后把重锤线的方向记录到白纸上，即为 y 轴方向。

(4) 让钢球从斜槽 M 上的某一固定位置由静止开始滚下，并由 O 点开始做平抛运动。钢球落到倾斜的挡板 N 上后，就会挤压复写纸，在白纸上留下印迹。上下调节挡板 N，通过多次实验，在白纸上记录钢球所经过的多个位置。最后，用平滑曲线把这些印迹连接起来，就得到钢球做平抛运动的轨迹。

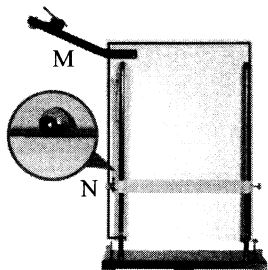


图 2

(5) 根据由 1 中得出的平抛运动在竖直方向上的分运动的规律, 设法确定“相等的时间间隔”。再根据相等的时间间隔内物体在水平方向上的位移, 确定水平分运动的规律。



注意事项

1. 实验中必须保持通过斜槽末端点的切线水平, 背板必须处在竖直平面内且与小球运动轨迹所在的竖直平面平行, 并使小球的运动靠近背板但不与背板接触。
2. 小球必须每次都由斜槽上的同一位置由静止开始滚下。
3. 小球做平抛运动的起点不是槽口的端点, 而是小球在槽口时, 其球心在白纸上的投影点。
4. 在斜槽上适当的高度释放小球, 尽量使它水平抛出后的轨迹由背板左上角到达右下角, 这样可以减小测量误差。



实验记录与数据处理

1. 探究平抛运动竖直分运动的特点

(1) 观察到的现象是_____。

(2) 结论是_____。

2. 探究平抛运动水平分运动的特点

(1) 确定“相等的时间间隔”的方法是_____。

(2) 测量相等的时间间隔内物体在水平方向上的位移。

轨迹上间隔了相等时间的各点在水平方向上的位置

位置	<i>O</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
x/cm	0						

相等的时间间隔内物体在水平方向上的位移

	<i>OA</i>	<i>AB</i>	<i>BC</i>	<i>CD</i>	<i>DE</i>	<i>EF</i>
$\Delta x/cm$						

(3) 结论是_____。



问题与讨论

1. 实验中为什么要使背板竖直以及使斜槽末段水平?
2. 为什么小球必须每次都从斜槽上的同一位置由静止开始滚下?



3. 除上述方法外, 你能否提供其他方法通过运动轨迹来确定平抛运动的特点?



巩固练习

1. 平抛运动的规律可以概括为以下两点:

①在水平方向上做匀速直线运动; ②在竖直方向上做自由落体运动。

(1) 为了研究平抛运动, 可做下面的实验: 如图 1 所示, 用小锤打击弹性金属片, A 球水平飞出; 同时 B 球被松开, 做自由落体运动。改变小球的高度和打击小球的力度, 多次重复实验。你观察到的现象是_____。

下列说法中正确的是

()

- A. 这个实验只能说明上述规律中的第①条
- B. 这个实验只能说明上述规律中的第②条
- C. 这个实验不能说明上述规律中的任何一条
- D. 这个实验能同时说明上述两条规律

(2) 用如图 2 所示的装置进一步研究平抛运动的规律。

a. 实验时, 需要的测量工具有

()

- A. 游标卡尺
- B. 停表
- C. 天平
- D. 弹簧测力计
- E. 刻度尺

b. 关于该实验, 下列说法中正确的是

()

- A. 应使小球每次都从斜槽上相同的位置自由滚下
- B. 斜槽轨道必须光滑
- C. 斜槽轨道末段必须水平
- D. 要使描出的轨迹更好地反映真实运动, 记录的点应适当多一些
- E. 为了比较准确地描出小球运动的轨迹, 应该用一条曲线把所有的点连接起来

c. 某同学在做实验时, 记录下小球抛出点的位置 O 和竖直方向, 如图 3 所示。 y 轴沿竖直方向, x 轴垂直于 y 轴。如何根据小球的运动轨迹得到小球水平分运动的特点? 请分析说明。

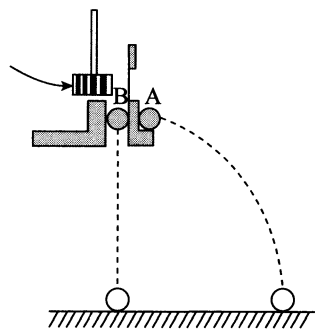


图 1

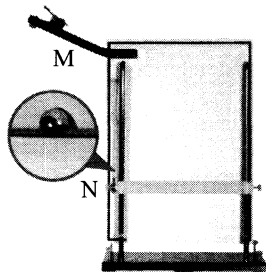


图 2

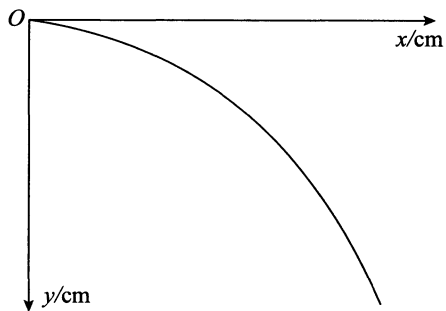


图 3



- d. 某同学在做探究平抛运动的实验时，只记录了竖直方向，忘记记录小球抛出点的位置，如图 4 所示，他如何求出小球平抛的初速度？请说明方法。

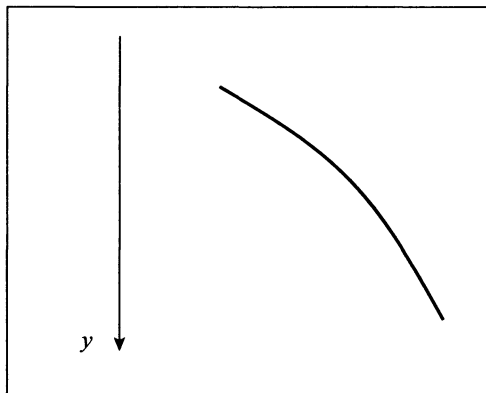
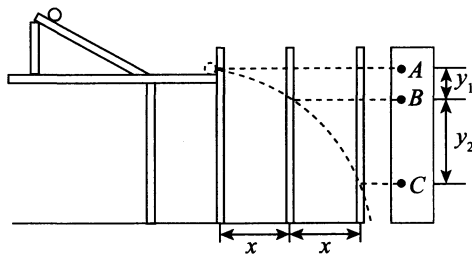


图 4

2. 某同学设计了一个探究平抛运动特点的家庭实验装置。如图所示，在水平桌面上放置一个斜面，让钢球从斜面上滚下，滚到桌边后钢球便做平抛运动，在一块平木板表面钉上复写纸和白纸，并将该木板竖直立于桌边。将小球从斜面上某位置由静止释放，让小球撞到木板并在白纸上留下痕迹 A；将木板向远离桌边方向平移距离 x ，再将小球从斜面上同一位置由静止释放，让小球撞到木板上得到痕迹 B；将木板再向远离桌边方向平移距离 x ，再将小球从斜面上同一位置由静止释放，得到痕迹 C。重复上述步骤，得到若干点（图中只画出 3 点），测量木板上记录的各相邻点间的距离 y_1, y_2, y_3, \dots 。若已知平抛运动在竖直方向上的运动规律与自由落体运动相同，在此前提下，如何由实验中测得的数据验证小球在水平方向的运动是匀速直线运动？





实验七 探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系



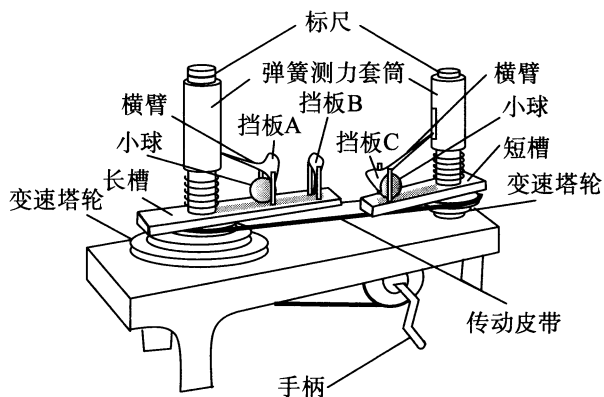
实验目的

探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系。



实验原理

右图所示为向心力演示器。摇动手柄，可使变速塔轮、长槽以及短槽随之匀速转动，槽内的小球就做匀速圆周运动。小球做圆周运动的向心力由挡板对小球的压力提供，小球对挡板的反作用力通过横臂的杠杆使弹簧测力套筒下降，从而露出标尺，标尺上露出的红白相间等分格子的多少可以显示出两个小球所受向心力的大小。



通过换用不同质量的小球来改变质量 m 。

长槽横臂上的挡板 B 到转轴的距离是挡板 A 到转轴的距离的 2 倍，长槽横臂上的挡板 A 和短槽横臂上的挡板 C 到各自转轴的距离相等。通过改变长、短槽上放小球的位置，来改变小球做圆周运动的半径 r 。

变速塔轮均为三层，在同一层上左边塔轮圆盘与右边塔轮圆盘的半径之比从上到下依次为 $1:1$ 、 $2:1$ 、 $3:1$ ，将传动皮带依次套在各层圆盘上，塔轮转动的角速度之比依次为 $1:1$ 、 $1:2$ 、 $1:3$ ，这样就可改变小球做圆周运动的角速度 ω 。



实验器材

向心力演示器，三个小球（半径相同，球 1、2 质量相同，球 3 的质量为球 1、2 质量的一半）



实验步骤

1. 调试向心力演示器

旋动左、右两标尺上方的调零螺母，使在静止的情况下两弹簧测力套筒的上沿都与标尺顶端对齐。将质量相同的两个小球（球 1、2）分别放在长、短槽上的半径相同的挡板处，将传动皮带套在变速塔轮最上层对应的圆盘上。摇动手柄，随着转速的增加，两标尺露出的格数也随之增加，但露出的格数应始终保持相等。

2. 探究向心力的大小与质量的关系

将球 1、3 分别放在长、短槽上半径相同的挡板处。然后摇动手柄，并逐渐增大转速，观察并记录两标尺露出的格数之比。

3. 探究向心力的大小与半径的关系

将球 1、2 分别放在长、短槽上半径不同的挡板处。然后摇动手柄，并逐渐增大转速，

观察并记录两标尺露出的格数之比。

4. 探究向心力的大小与角速度的关系

将球 1、2 分别放在长、短槽上半径相同的挡板处。改变传动皮带的位置，然后摇动手柄，并逐渐增大转速，观察并记录两标尺露出的格数之比。



注意事项

1. 实验前，应将横臂的紧固螺钉旋紧，以防小球和其他部件飞出造成事故。
2. 实验时，转动速度不宜过快，不宜使标尺漏出的格数过多，以免由于小球沿槽外移导致半径变化过大。
3. 注意防止传动皮带打滑，尽可能保证角速度的比值不变。
4. 摇动手柄时，应力求加速缓慢、转速均匀，待标尺露出格数稳定后再读数。
5. 圆盘转动时，一定不要靠近，更不要用手制动，以免碰伤。



实验记录与数据处理

(1) 当圆周运动的半径、角速度一定时。

质量之比为_____，向心力大小之比为_____。

结论：_____。

(2) 当小球的质量、圆周运动的角速度一定时。

半径之比为_____，向心力大小之比为_____。

结论：_____。

(3) 当小球的质量、圆周运动的半径一定时。

角速度之比为_____，向心力大小之比为_____。

角速度之比为_____，向心力大小之比为_____。

角速度之比为_____，向心力大小之比为_____。

结论：_____。



问题与讨论

应用向心力演示器能否探究向心力的大小与线速度大小的关系？



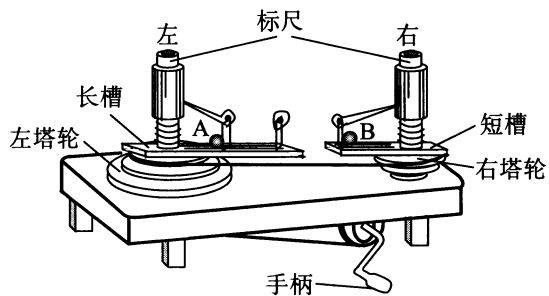
巩固练习

1. 用如图所示的向心力演示器探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系。

(1) 采用的科学方法是 ()

- A. 放大法 B. 累积法
C. 微元法 D. 控制变量法

(2) 现将小球 A 和 B 分别放在两边的槽内, 小球 A 和 B 的质量分别为 m_A 和 m_B , 做圆周运动的半径分别为 r_A 和 r_B 。皮带套在两塔轮半径



相同的两个轮子上, 实验现象为左侧标尺露出的等分格子多于右边, 则下列说法中正确的是 ()

- A. 若 $r_A > r_B$, $m_A = m_B$, 说明物体的质量和角速度相同时, 半径越大向心力越大
B. 若 $r_A > r_B$, $m_A = m_B$, 说明物体的质量和线速度相同时, 半径越大向心力越大
C. 若 $r_A = r_B$, $m_A \neq m_B$, 说明物体运动的半径和线速度相同时, 质量越大向心力越小
D. 若 $r_A = r_B$, $m_A \neq m_B$, 说明物体运动的半径和角速度相同时, 质量越大向心力越小

2. 某同学设计了“用圆锥摆验证向心力的表达式”实验。如图 1 所示, 悬点刚好与一个竖直的刻度尺零刻度线对齐。将画着几个同心圆的白纸置于水平桌面上, 使钢球静止时的投影刚好位于圆心。用手带动钢球, 使它做圆周运动的轨迹的投影与白纸上半径为 r 的圆重合, 钢球的质量为 m , 重力加速度为 g 。

(1) 用停表记录的钢球运动 n 圈的总时间为 t , 那么钢球做圆周运动所需要的向心力的表达式为 $F_n =$ _____。

(2) 通过刻度尺测得钢球轨道平面到悬点的距离为 h , 那么钢球做圆周运动时外力提供的向心力的表达式为 $F =$ _____。

(3) 改变钢球做圆周运动的半径, 多次重复实验, 得到如图 2 所示的 $\frac{t^2}{n^2} - h$ 图像。请分析说明, 利用这个图像, 是否可以粗略验证向心力的表达式。

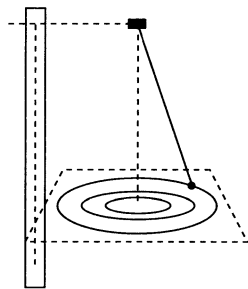


图 1

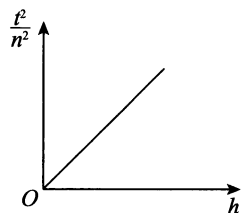


图 2

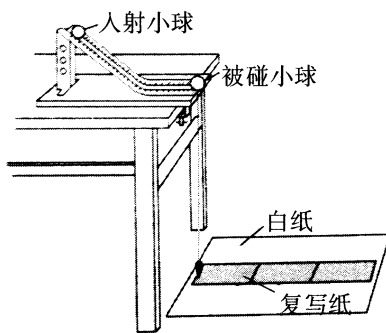
实验八 验证动量守恒定律

实验目的

验证两小球碰撞前后总动量守恒。

实验原理

如图所示，让质量为 m_1 的入射小球从斜槽某高度滚下，经水平轨道以一定的速度 v_1 与另一静止在槽口的质量为 m_2 的被碰小球发生对心正碰 ($m_1 > m_2$)。碰撞后两小球分别以 v_1' 、 v_2' 的水平初速度做平抛运动。根据动量守恒定律，应有 $m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ 。由于两小球做平抛运动的下落高度相同，它们在空中飞行的时间相等。因此，两小球碰撞后的速度之比就等于它们的落地点与抛出点的水平距离之比，只要测出两小球的质量 m_1 、 m_2 ，再测出不放被碰小球时入射小球在空中飞出的水平距离 x_1 以及入射小球与被碰小球碰撞后分别在空气中飞出的水平距离 x_1' 、 x_2' ，若 $m_1 x_1$ 在实验误差允许范围内与 $m_1 x_1' + m_2 x_2'$ 相等，就验证了两小球碰撞前后总动量守恒。

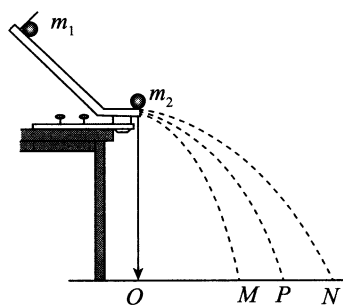


实验器材

斜槽、重锤线、两个半径相等而质量不等的小球、天平、白纸、复写纸、刻度尺、圆规。

实验步骤

1. 用天平测出入射小球与被碰小球的质量 m_1 、 m_2 。
2. 将斜槽固定在桌边，并使斜槽末段水平。
3. 在水平地面上铺一张白纸，白纸上铺放复写纸。
4. 在白纸上记下重锤线所指的位置 O (如右图所示)。
5. 先不放被碰小球，让入射小球从斜槽上某一高度处由静止开始滚下。重复 10 次 (每次都让小球从斜槽上同一高度由静止开始滚下)。用圆规作尽可能小的圆把所有落点圈在里面，该圆的圆心 P 就是小球落点的平均位置。



6. 把被碰小球放在槽口处，让入射小球从原来的高度由静止开始滚下，使两球发生正碰。重复 10 次。用步骤 5 中确定落点的平均位置的方法，求出碰撞后入射小球落点的平均位置 M 和被碰小球落点的平均位置 N 。

7. 用刻度尺测量线段 OM 、 OP 、 ON 的长度。
8. 分别计算出 $m_1 OP$ 与 $m_1 OM + m_2 ON$ 的值，看其在实验误差允许的范围内是否相等。

**注意事项**

1. 要调节好实验装置，使固定在桌边的斜槽末段水平。
2. 入射小球的质量应大于被碰小球的质量。
3. 入射小球每次都必须从斜槽上同一位置由静止滚下。(可在斜槽上适当高度处固定一挡板，使小球靠着挡板，然后释放小球)
4. 白纸铺好后不能移动。

**实验记录与数据处理**

自己设计表格、处理数据并得出实验结论。

**问题与讨论**

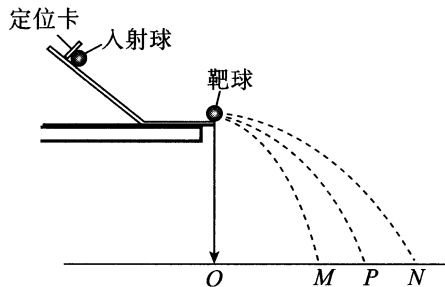
1. 在调节实验装置时，为什么要使固定在桌边的斜槽末段水平？
2. 为什么要使人射小球的质量大于被碰小球的质量？
3. 为什么入射小球每次都必须从斜槽上同一位置由静止滚下？

**巩固练习**

1. 如图所示为“验证动量守恒定律”实验中所用的装置。

(1) 下列说法中不符合本实验要求的是 ()

- A. 入射球比靶球质量大或者小均可，但二者的直径必须相同
- B. 在同一组实验的不同碰撞中，每次入射球必须从同一高度由静止释放
- C. 安装轨道时，轨道末段必须水平
- D. 需要使用的测量仪器有天平和刻度尺



- (2) 实验中记录了轨道末端在记录纸上的竖直投影 O 点，经多次释放入射球，在记录纸上找到了碰前入射球的平均落点位置 P 及碰后两球的平均落点位置 M 、 N ，分别测出了它们到 O 点的距离 OM 、 OP 和 ON 。已知入射球的质量为 m_1 ，靶球的质量为 m_2 ，如果在误差允许的范围内_____，则认为成功验证了动量守恒定律在碰撞过程中成立。若在误差允许的范围内还满足_____则说明小球的碰撞为弹性碰撞。



2. 某同学用如图 1 所示装置通过半径相同的 A、B 两球的碰撞来验证动量守恒定律。图中 PQ 是斜槽，QR 为水平槽。实验时先让 A 球从斜槽上某一固定位置 G 由静止开始滚下，落到位于水平地面的记录纸上，留下痕迹。重复上述操作 10 次，得到 10 个落点痕迹。再把 B 球放在水平槽上靠近槽末端的地方，让 A 球仍从位置 G 由静止开始滚下，A 球和 B 球碰撞后，A、B 两球分别在记录纸上留下各自的落点痕迹。重复这种操作 10 次。图中 O 点是水平槽末端 R 在记录纸上的垂直投影点。B 球落点痕迹如图 2 所示，其中刻度尺水平放置，且平行于 G、R、O 点所在的平面，刻度尺的零点与 O 点对齐。

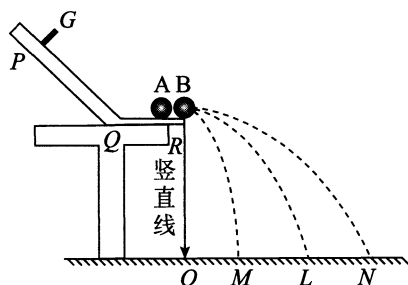


图 1

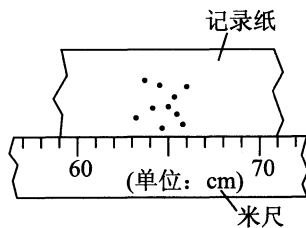


图 2

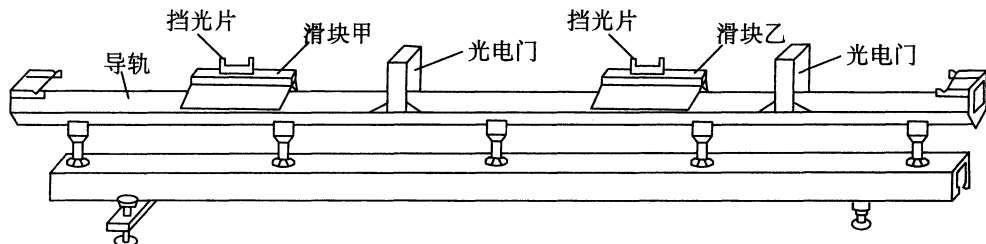
(1) 简要说明如何确定 B 球的平均落点：_____。

按此方法，碰撞后 B 球的水平射程应取为 _____ cm。

(2) 本次实验中还需测量的量有 _____ ()

- A. 水平槽上未放 B 球时，A 球落点位置到 O 点的距离
- B. 球碰撞后，A 球落点位置到 O 点的距离
- C. 小球的直径
- D. A、B 两球的质量（或两球质量之比）
- E. G 点相对于水平槽面的高度
- F. A、B 两球做平抛运动的飞行时间 t

3. 下图所示为气垫导轨。导轨上的两滑块质量相等，两滑块上的挡光片宽度相同。现将气垫导轨水平放置，做“验证动量守恒定律”实验。实验中用滑块甲撞击静止在导轨上的滑块乙。第一次实验在两滑块碰撞端装上弹簧片，第二次实验在两滑块碰撞端粘上橡皮泥。两次实验中滑块甲碰撞前通过光电门计时装置时挡光片的挡光时间相等，第一次和第二次实验中滑块乙碰撞后通过光电门计时装置时挡光片的挡光时间分别为 t_1 、 t_2 。实验验证了这两次碰撞均遵循动量守恒定律，则 t_1 、 t_2 的关系应为 t_1 _____ (选填“>”“<”或“=”) t_2 。





实验九 用单摆测量重力加速度的大小



实验目的

1. 利用单摆测量当地的重力加速度。
2. 正确熟练地使用停表。



实验原理

单摆在摆角很小时的摆动可以看成是简谐运动，其固有周期 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ，由此可得 $g=\frac{4\pi^2 l}{T^2}$ ，据此，只要测出摆长 l 和周期 T ，即可计算出当地的重力加速度。



实验器材

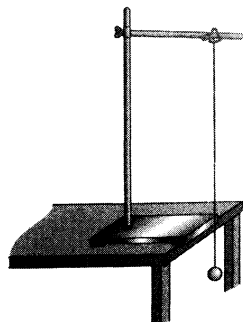
铁架台及铁夹、有孔的金属小球、长约 1 m 的细线、停表、刻度尺、游标卡尺。



实验步骤

1. 将细线穿过球上的小孔，打个结，制成一个单摆。
2. 如图所示，将做好的单摆用铁夹固定在铁架台的横杆上，把铁架台放在实验桌边，使铁夹伸到桌面以外，让摆球自由下垂。

3. 测量单摆的摆长 l （悬点到球心的距离）：用游标卡尺测出摆球的直径 d ，再用刻度尺测出从悬点至小球上端的悬线长 l' ，则摆长 $l=l'+\frac{d}{2}$ 。



4. 把单摆从平衡位置拉开一个小角度，使单摆在竖直面内摆动。用停表测量单摆完成 n 次（30 次或 50 次）全振动所用的时间 t 。求出完成一次全振动所用的时间，即单摆的周期 $T=\frac{t}{n}$ 。
5. 计算重力加速度。

方法 1：将测出的摆长 l 和周期 T 代入公式 $g=\frac{4\pi^2 l}{T^2}$ ，求出重力加速度 g 的值。改变摆长重做几次，求出 g 的平均值。

方法 2：测出多组 l 、 T 数据，分别以 l 和 T^2 为横、纵坐标，作出函数 $T^2=\frac{4\pi^2}{g}\cdot l$ 的图像，它应是一条直线。求出这条直线的斜率，进而求出重力加速度 g 。



注意事项

1. 悬线应选择细而轻又不易伸长的线，长度一般在 1 m 左右；摆球应选用密度大、体积小的金属球。

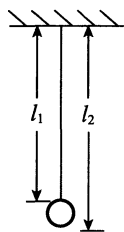
2. 单摆悬线的上端不可随意卷在铁架台的横杆上，应用铁夹夹紧，以免摆动时发生摆线下滑、摆长改变的现象。

3. 应在单摆处于自然下垂状态时测量单摆的摆长。

4. 摆球摆动时，要使之保持在同一个竖直平面内，不要形成圆锥摆。

5. 为减小误差，最好以摆球通过最低位置时开始计时，以摆球从同一方向通过最低位置时进行计数。

6. 若没有游标卡尺，可以用刻度尺量出右图中的 l_1 和 l_2 ，再通过公式 $l = \frac{l_1 + l_2}{2}$ 计算得到摆长。

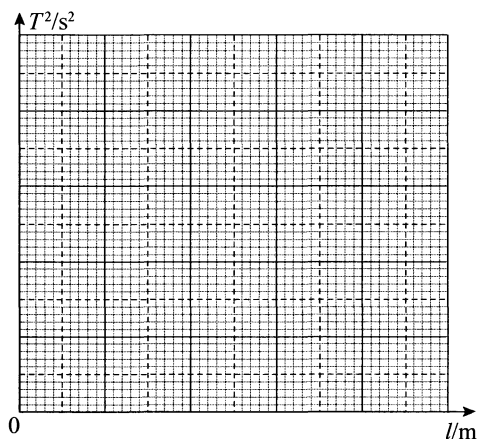


实验记录与数据处理

方法 1：利用公式 $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ 求重力加速度。

序号	悬线长 l'/cm	摆球直径 d/cm	摆长 l/m	50 次全振动 时间 t/s	周期 T/s	重力加速度 $g/(\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$	g 的平均值 $\bar{g}/(\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$
1							
2							
3							

方法 2：通过 $T^2 - l$ 图像求重力加速度。



结论： $g = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}^2$ 。



问题与讨论

1. 为什么摆球要选用密度大、体积小的小球？

2. 计算单摆的振动次数时，为什么最好以摆球通过最低位置时开始计时？

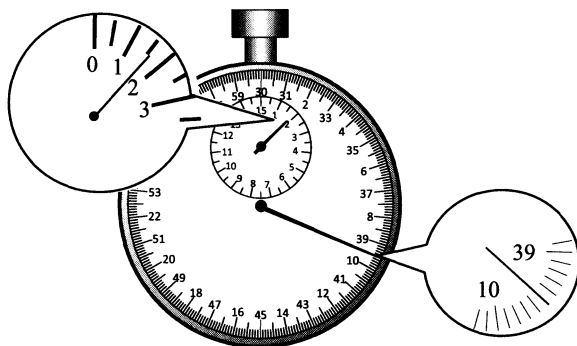


3. 实验中测量单摆的周期 T 时, 为什么采用先测量 50 次全振动所需的时间再求 T 的方法, 而不是直接测量 T ?



巩固练习

1. 某同学在做“用单摆测量重力加速度的大小”的实验中, 先测得摆线长为 101.00 cm, 摆球直径为 2.00 cm, 然后用停表记录了单摆振动 50 次所用的时间, 如下图所示。



- (1) 停表的示数为 _____ s。
 - (2) 该同学测得的重力加速度 $g =$ _____ m/s^2 。(计算结果保留三位有效数字)
 - (3) 该同学测得的 g 值偏大, 可能的原因是 ()
 - A. 测摆线长时摆线拉得过紧
 - B. 摆线上端未牢固地系于悬点, 振动中出现松动, 使摆线长度增加了
 - C. 开始计时的时侯, 停表过迟按下
 - D. 实验中将 49 次全振动数误记为 50 次
2. 某同学利用图 1 所示的装置测量当地的重力加速度。实验步骤如下:
- A. 按装置图安装好实验装置;
 - B. 用游标卡尺测量小球的直径 d ;
 - C. 用米尺测量悬线的长度 l ;
 - D. 让小球在竖直平面内小角度摆动。当小球经过最低点时开始计时, 并计数为 0, 此后小球每经过最低点一次, 依次计数 1、2、3、……, 当数到 20 时, 停止计时, 测得时间为 t ;
 - E. 多次改变悬线长度, 对应每个悬线长度, 每次都重复步骤 C、D;
 - F. 计算出每个悬线长度对应的 t^2 ;
 - G. 以 t^2 为纵坐标、以 l 为横坐标, 作出 $t^2 - l$ 图像。

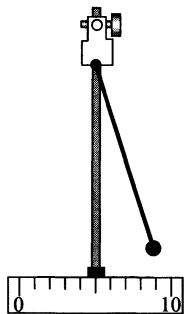


图 1

结合上述实验步骤，完成下列任务。

- (1) 用游标为 10 分度（测量值可准确到 0.1 mm）的卡尺测量小球的直径。某次测量的示数如图 2 所示，读出小球直径 d 的值为_____ cm。

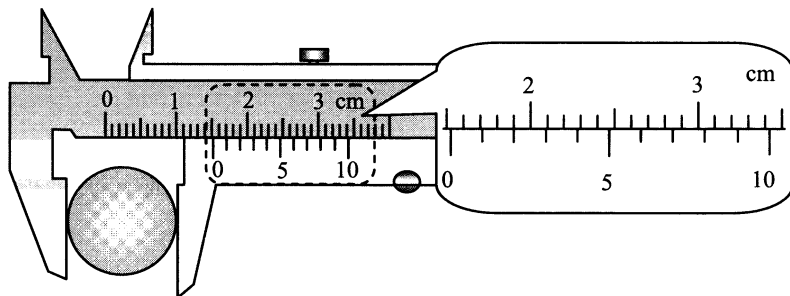


图 2

- (2) 该同学根据实验数据，利用计算机作出的 $t^2 - l$ 图像如图 3 所示。根据图像得到方程 $t^2 = 404.0l + 3.5$ ，由此可以得出当地的重力加速度 $g =$ _____ m/s^2 。（取 $\pi^2 = 9.86$ ，结果保留三位有效数字）

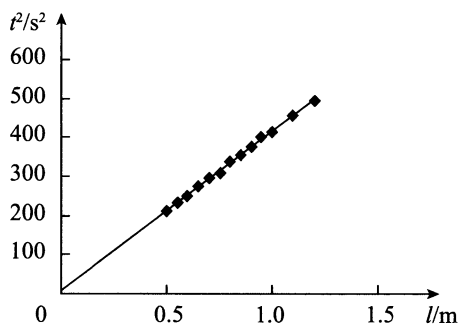


图 3

- (3) 该同学试图从理论上分析图像没有过坐标原点的原因，下列分析中正确的是 ()
- A. 不应在小球经过最低点时开始计时，应在小球运动到最高点时开始计时
 - B. 开始计时后，不应记录小球经过最低点的次数，而应记录小球做全振动的次数
 - C. 不应作 $t^2 - l$ 图像，而应作 $t - l$ 图像
 - D. 不应作 $t^2 - l$ 图像，而应作 $t^2 - (l + \frac{1}{2}d)$ 图像
- (4) 在实验中，有人提出以下几点建议，其中对提高测量结果精确度有利的是 ()
- A. 摆线适当长一些
 - B. 质量相同、体积不同的摆球，应选用体积较大的
 - C. 单摆偏离平衡位置的角度不能太大
 - D. 当单摆经过平衡位置时开始计时，经过一次全振动后停止计时，用此时间间隔作为单摆振动的周期



3. 用单摆测定重力加速度的实验装置如图 1 所示。

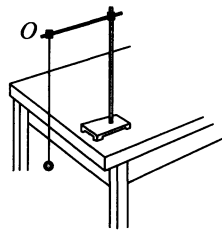


图 1

(1) 组装单摆时, 应选用下列器材中的_____。(选填选项前的字母)

- A. 长度为 1 m 左右的细线
- B. 长度为 30 cm 左右的细线
- C. 直径为 1.8 cm 的塑料球
- D. 直径为 1.8 cm 的铁球

(2) 若测出悬点 O 到小球球心的距离 (摆长) 为 L 、单摆完成 n 次全振动所用的时间为 t , 则重力加速度 $g = \underline{\hspace{2cm}}$ (用 L 、 n 、 t 表示)。

(3) 下表是某同学记录的 3 组实验数据, 并做了部分计算处理。

组次	1	2	3
摆长 L/cm	80.00	90.00	100.00
50 次全振动时间 t/s	90.0	95.5	100.5
振动周期 T/s	1.80	1.91	
重力加速度 $g/(\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$	9.74	9.73	

请计算出第 3 组实验中的 $T = \underline{\hspace{2cm}}$ s, $g = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s^2 。

(4) 通过用多组实验数据做出的 $T^2 - L$ 图像, 也可以求出重力加速度 g 。已知三位同学做出的 $T^2 - L$ 图像中图线的示意图如图 2 中的图线 a 、 b 、 c 所示, 其中图线 a 、 b 平行, 图线 b 、 c 都过原点, 图线 b 对应的 g 值最接近当地重力加速度的值。则相对于图线 b , 下列分析中正确的是_____。

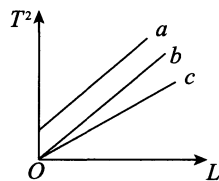


图 2

- A. 出现图线 a 的原因可能是误将悬点到小球下端的距离记成了摆长
- B. 出现图线 c 的原因可能是误将 49 次全振动记成了 50 次
- C. 图线 c 对应的 g 值小于图线 b 对应的 g 值

(5) 某同学在家里测重力加速度。他找到细线和铁锁, 制成了一个单摆, 如图 3 所示。由于家里只有一根量程为 $0 \sim 30 \text{ cm}$ 的刻度尺, 于是他在细线上的 A 点做了一个标记, 使得悬点 O 到 A 点间的细线长度小于刻度尺的最大测量值。保持该标记以下的细线长度不变, 通过改变 O 、 A 间细线长度以改变摆长。实验中, 当 O 、 A 间细线的长度分别为 l_1 、 l_2 时, 测得相应单摆的周期为 T_1 、 T_2 。由此可得重力加速度 $g = \underline{\hspace{2cm}}$ (用 l_1 、 l_2 、 T_1 、 T_2 表示)。

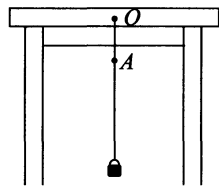


图 3



实验十 观察电容器的充、放电现象

实验目的

观察电容器充、放电过程中，电路中电流大小及方向和电容器两端电压的变化情况。

实验原理

1. 电容器的充电过程：如图 1 所示，当开关 S 接 1 时，电容器接通电源。

(1) 在电场力的作用下自由电子从正极板经过电源向负极板移动，正极板因失去电子而带正电，负极板因获得电子而带负电，电荷在移动的过程中形成电流。充电完成后，正、负极板带等量的异种电荷。

(2) 在充电过程中，由电源获得的电能储存在电容器中。

2. 电容器的放电过程：如图 2 所示，当开关 S 接 2 时，将电容器的两极板直接用导线连接起来。

(1) 电容器正、负极板上电荷发生中和，在电子移动过程中，形成电流。

(2) 放电完成后，两极板间不再有电场，电能转化为其他形式的能量。

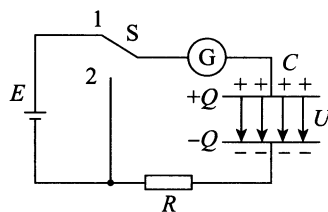


图 1

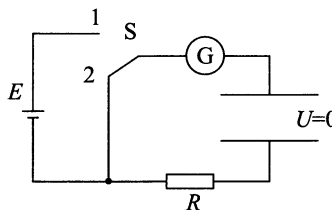


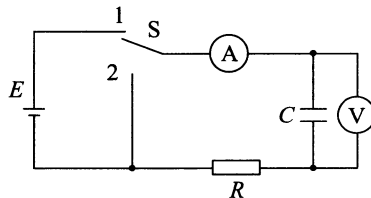
图 2

实验器材

直流电源、单刀双掷开关、电容器、灵敏电流计、电压表、定值电阻。

实验步骤

1. 按图连接好电路。
2. 把单刀双掷开关 S 接 1，观察电容器的充电现象，并将现象记录在表格中。
3. 将单刀双掷开关 S 接 2，观察电容器的放电现象，并将现象记录在表格中。
4. 记录好实验结果，关闭电源。



注意事项

1. 实验要在干燥的环境中进行。
2. 电流表要选用小量程的灵敏电流计。
3. 实验中，要选择容量大一些的电容器。
4. 要在电路中串联一个阻值较大的电阻，以免烧坏电流表。



实验记录与数据处理

实验项目	实验现象
电容器充电	电流表的读数由_____到_____, 最后为_____。(均选填“大”“小”或“0”) 电压表的读数由_____到_____, 最后为_____。(均选填“大”或“小”)
电容器放电	电流表的读数由_____到_____, 最后为_____。(均选填“大”“小”或“0”) 电压表的读数由_____到_____, 最后为_____。(均选填“大”“小”或“0”)



问题与讨论

为了便于观察, 可以采用哪些办法延长充、放电的时间?



巩固练习

1. 某同学把直流电源、电阻、电容器、电流表、电压表以及单刀双掷开关组装成如图 1 所示的电路进行实验, 观察电容器充、放电过程。

(1) 将开关 S 接 1, 观察到电流表示数_____。

- A. 逐渐增大到某一值后保持不变
- B. 逐渐增大到某一值后迅速减小
- C. 迅速增大到某一值后保持不变
- D. 迅速增大到某一值后逐渐减小

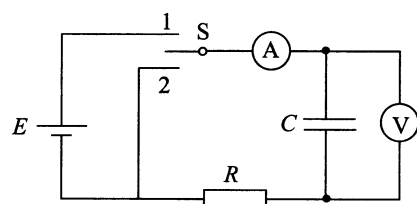


图 1

(2) 待电压表示数稳定后, 将开关 S 接 2, 测得电流随时间变化的图线如图 2 所示。则放电过程中通过 R 的电荷量 $Q_1 =$ _____ C。(结果保留两位有效数字)

(3) 该同学在分析数据时, 用电容器的电容与充电后的电压表稳定示数的乘积求出电荷量 Q_2 , 他发现 Q_1 与 Q_2 有明显差异。多次重复实验发现这种差异总是存在。据此判断 Q_1 _____ (选填“>”或“<”) Q_2 , 产生这一差异是由于_____ (选填“电流表”“电压表”或“电阻”) 的影响。

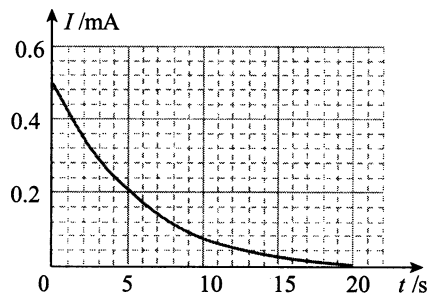


图 2

2. 电流传感器可以像电流表一样测量电流，不同的是它反应非常灵敏，可以捕捉到瞬间的电流变化。由于电流传感器可以和计算机相连，利用它能即时获得电流随时间变化的图像。图 1 是用电流传感器观察电容器放电过程的实验电路图，其中电源电压为 6 V。先使开关 S 接 1，待充电完成后，再使开关 S 接 2，电容器通过电阻放电，电流传感器将电流信息传入计算机，显示出电流随时间变化的 $I-t$ 图像如图 2 所示。

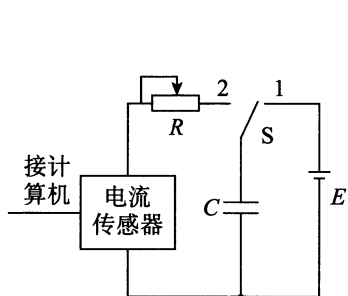


图 1

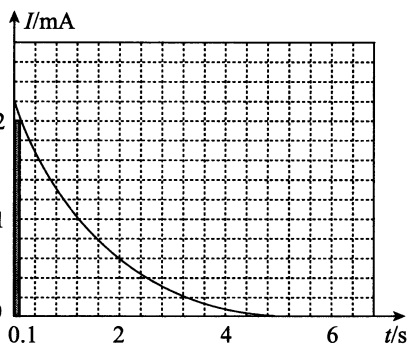
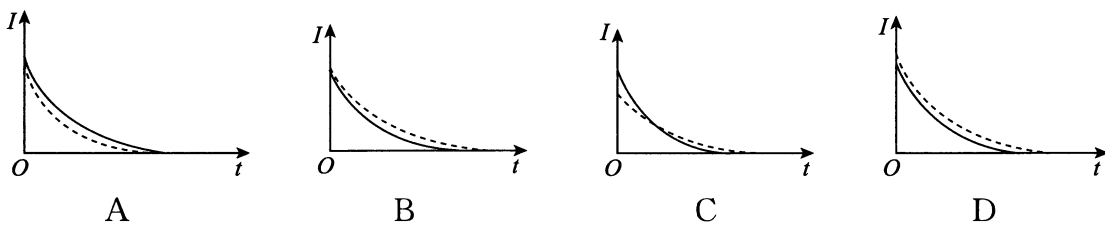
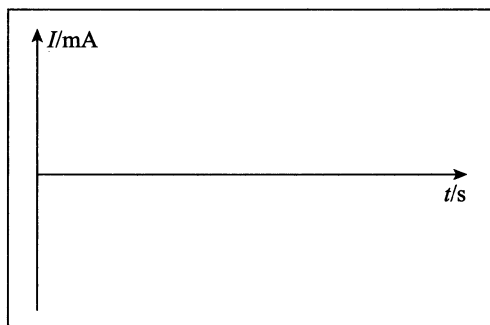
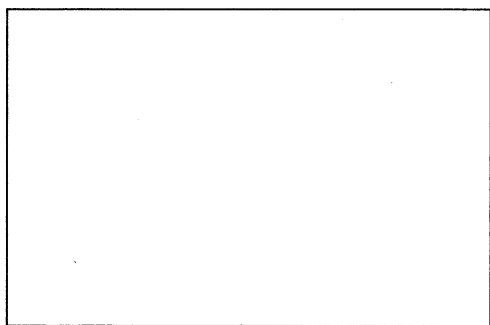


图 2

- (1) 在图 2 最左侧画有一个竖立的狭长矩形，它的面积的物理意义是_____。
- (2) 根据图像可估算出整个放电过程中释放的电荷量 $Q=_____$ 。
- (3) 根据以上数据可估算出该电容器电容 $C=_____ \mu\text{F}$ 。
- (4) 某同学在深入研究的过程中发现：当改变一个或几个物理量时， $I-t$ 图像会发生有规律的变化，图中的虚线表示 4 种可能的变化情形。如果只增大电阻 R ， $I-t$ 图像的变化应该是_____。（选填选项前的字母）



- (5) 如果要描绘充电时的 $I-t$ 图像，应该怎样连接电路？得到的曲线大致是什么形状的？请分别在下列框中画出电路图和 $I-t$ 图像。





实验十一 长度的测量及测量工具的选用



实验目的

1. 练习使用刻度尺、游标卡尺和螺旋测微器。
2. 掌握误差和有效数字的概念，能够对各种长度测量仪器进行准确读数。



实验原理

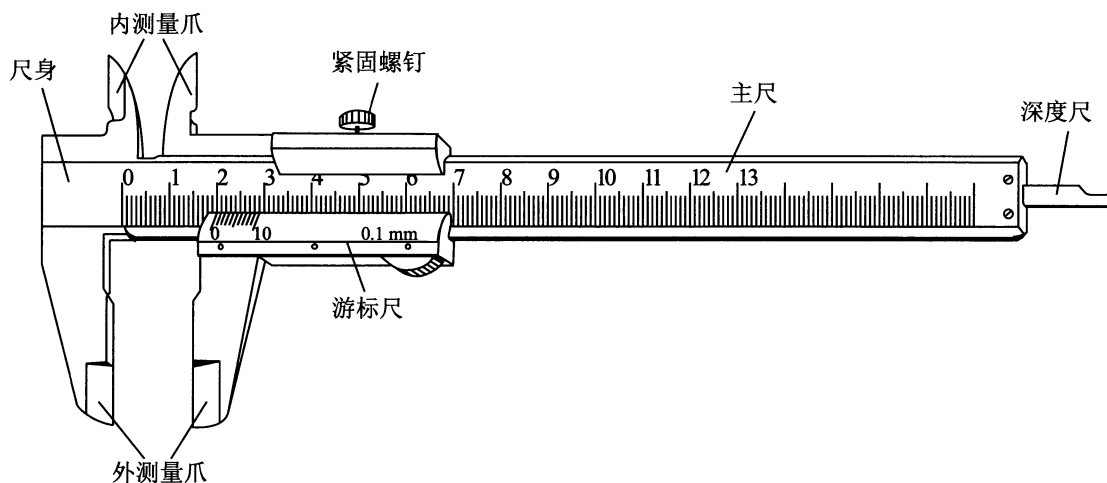
1. 刻度尺的使用

- (1) 刻度尺应与被测物体平行。
- (2) 读数时要估读到刻度尺最小刻度的下一位。

2. 游标卡尺

(1) 游标卡尺的构造

①主尺；②游标尺；③深度尺；④ 紧固螺钉。游标卡尺的构造如图所示。



(2) 游标卡尺的工作原理

常用游标卡尺的主尺的最小分度为 1 mm，游标卡尺有 10、20、50 不同分度规格，但其工作原理相同。

如 10 分度的游标卡尺，测量可精确到 0.1 mm，游标尺的刻度部分总长度为 9 mm，分成 10 等份，每份长度为 0.9 mm，因此，每份长度与主尺上的最小分度差 0.1 mm。当游标尺与主尺的 0 刻度线对齐时，除游标尺的末刻度线与主尺的 9 mm 刻度线重合外，其余刻度线均不重合，测量物体时，两尺 0 刻度线间的距离即被测物的长度，游标卡尺的读数由主尺（最小分度为 1 mm）读数和游标尺读数两部分组成。

游标卡尺的读数方法是：以游标尺 0 刻度线为准在主尺上读出整毫米数，再看游标尺上第几条刻度线（例如 k ）与主尺上任一刻度线对齐，用 k 乘精度得到 1 毫米以下的小数，两部分相加即为游标卡尺的读数。详见下表。

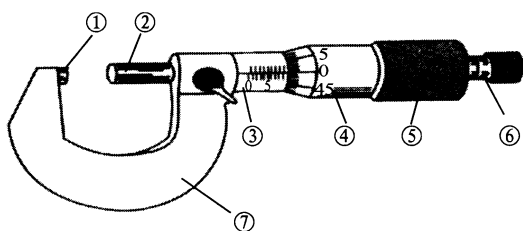


游标尺			精度 $\frac{1}{n}/\text{mm}$	游标尺上第 k 条刻度线与主尺上的刻度线对齐时的测量长度 L/mm $L=N+\frac{k}{n}$
总刻度格数 n	刻度总长度 /mm	每小格与主尺上的 1 格 (1 mm) 的长度差/mm		
10	9	0.1	0.1	N (主尺上读的毫米数) $+0.1k$
20	19	0.05	0.05	N (主尺上读的毫米数) $+0.05k$
50	49	0.02	0.02	N (主尺上读的毫米数) $+0.02k$

3. 螺旋测微器

(1) 螺旋测微器主要构造

① 测砧；② 测微螺杆；③ 固定刻度；④ 可动刻度；⑤ 旋钮；⑥ 微调旋钮；⑦ 尺架。螺旋测微器主要构造如图所示。



(2) 螺旋测微器的工作原理

固定刻度上的最小刻度为 0.5 mm (在中线的上侧)；测微螺杆②与固定刻度③之间的精密螺纹的螺距为 0.5 mm。可动刻度④每旋转一圈，测微螺杆②前进 (或后退) 0.5 mm。在可动刻度的一周上均匀刻有 50 条刻线，所以相邻两条刻线间的距离对应 0.01 mm，即可动刻度④每转动一小格，测微螺杆②前进 (或后退) 0.01 mm，即精度为 0.01 mm。

(3) 螺旋测微器的读数

1) 读数时，先从固定刻度上读取整、半毫米数，要注意固定刻度上表示半毫米的刻度线是否已经露出，如果已经露出，则从固定刻度上读出整毫米数+0.5 mm。

2) 然后从可动刻度上读取剩余部分。由于可动刻度是 10 分度，所以在最小刻度后必须再估读一位。因为要估读一位数，所以以毫米为单位时，读数应有 3 位小数，其中最后 1 位是估读值。

3) 再把上述两部分读数相加，即得到测量值。



实验器材

毫米刻度尺、游标卡尺、螺旋测微器、金属管、小量筒、待测金属丝若干。



实验步骤

1. 用毫米刻度尺测量金属管的长度

每次测量后让金属管绕轴转过约 45° ，再测量下一次，共测量四次，把测量的数据填入表格中，求出金属管长度的平均值。



2. 用游标卡尺测量金属管的内径和外径

在金属管的不同位置测量内径（或外径），把测量的数据填入表格中，分别求出内径和外径的平均值。

3. 用游标卡尺测量小量筒的深度

在小量筒内的不同位置共测量深度四次，把测量的数据填入表格中，求出小量筒深度的平均值。

4. 用螺旋测微器测量金属丝的直径

在金属丝的不同位置分别测量直径四次，把测量的数据填入表格中，求出金属丝直径的平均值。

**注意事项**

1. 用刻度尺测量长度时刻度尺的某一刻线一定要与被测物体左端对齐。读数时视线应垂直于尺面，以减小误差。

2. 使用游标卡尺时，要使测量爪以适当的压力接触被测物体，不可太紧，也不能让被测物体在测量爪间滑动，以防损伤平行度很高的测量爪刀口。

3. 游标卡尺要轻拿轻放，用毕放回木盒中保存，以防止尺身或测量爪碰伤或变形。对于游标卡尺，其主尺所标数值一般是厘米数，不能误认为是毫米刻度数。（注意：游标卡尺不估读，因为判断哪条刻度线对齐，本身已经包含了一定的估读成分）

4. 在使用螺旋测微器时，测微螺杆②快要接触被测物体时，要停止使用旋钮⑤，改用微调旋钮⑥，听到“喀喀”声时停止，然后读数。这样就不至于在测砧①、测微螺杆②和被测物体间产生过大的压力，既可以保护仪器又能保证测量结果的准确。

5. 读数时一定要注意螺旋测微器固定刻度上的半毫米的刻度线是否已经露出。

**实验记录与数据处理**

	金属管			小量筒	金属丝
	长度 l/mm	内径 D_1/mm	外径 D_2/mm	深度 h/mm	直径 d/mm
1					
2					
3					
4					
平均值					

**问题与讨论**

1. 测量值与真实值的差异称为误差。误差不是错误。错误是失误，是可以而且应当避免的。实验中误差是不可避免的，实验中要尽量减小误差。实验误差分为两大类：系统误差和

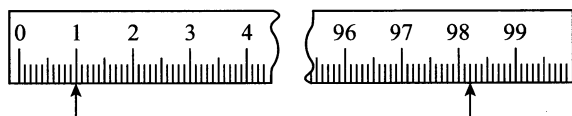
偶然误差。系统误差是由于仪器本身不精确，或实验方法粗略，或实验原理不完善而产生的，其特点是在多次重复做同一实验时，误差总是同样地偏大（测量值都比真实值大）或偏小（测量值都比真实值小）。偶然误差是由于各种偶然因素对实验者、测量仪器、被测物理量的影响而产生的，其特点是多次重复做同一实验时，误差总是有时偏大、有时偏小，并且偏大和偏小的概率相同。该实验中测量有没有误差？各属于哪一类误差？请你结合实验，科学推断出减小误差的方法，并做简要分析。

2. 带有一位不可靠数字的近似数字叫作有效数字，有效数字的最后一位是测量者估读出来的，因此这位数字是不可靠的。用本实验的三种测量工具测量同一对象，得到的测量值的有效数字有什么不同？有效数字的位数和小数点的位置有关吗？有效数字的位数和小数点后的位数是一致的吗？



巩固练习

1. 现用最小分度为 1 mm 的毫米刻度尺测量金属丝的长度，如图所示，图中箭头所指位置是拉直的金属丝两端在毫米刻度尺上相对应的位置，测得金属丝的长度为 _____ mm。在测量金属丝直径时，如果受条件限制，身边只有一把毫米刻度尺和一支圆柱形铅笔。如何较准确地测量金属丝的直径？请简述测量方法。





2. 用 20 分度的游标卡尺测量某物体的长度, 如图 1 所示, 由图可知其长度为_____ cm;
用螺旋测微器测量其直径, 如图 2 所示, 由图可知其直径为_____ mm。

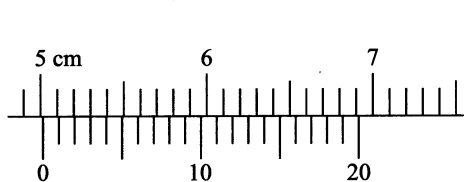


图 1

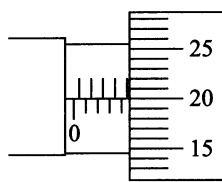
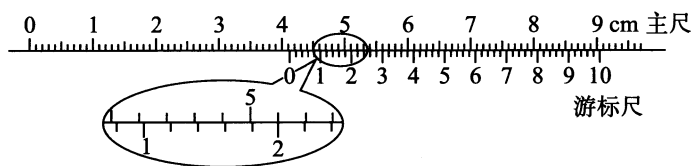
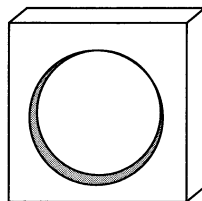


图 2

3. 有一种游标卡尺, 它的游标尺上有 50 个小的等分刻度, 总长度为 49 mm, 用它测量某物体长度时, 卡尺示数如图所示, 则该物体的长度是_____ cm。



4. 在通用技术课上, 某小组在组装潜艇模型时, 需要一枚截面为外方内圆的小螺母, 如图所示。现需要精确测量小螺母的内径, 可选用的仪器有:



- A. 50 分度的游标卡尺;
B. 螺旋测微器。

(1) 在所提供的仪器中应选用_____。(填字母)

(2) 在测量过程中, 某同学在小螺母的中空部分选取方向不同的直径进行多次测量, 并取平均值作为测量结果, 他的目的是_____。



实验十二 测量金属丝的电阻率



实验目的

1. 练习使用螺旋测微器。
2. 用伏安法测量电阻的阻值。
3. 测量金属的电阻率。



实验原理

根据电阻定律表达式 $R = \rho \frac{l}{S}$ ，只要测量出金属导线的长度 l 和它的直径 d ，计算出金属导线的横截面积 S ，并用伏安法测量出金属导线的电阻，即可计算出金属导线的电阻率。



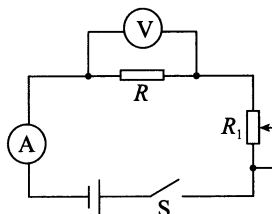
实验器材

被测金属导线（阻值约 5Ω ）、直流电源（4 V）、电流表（ $0 \sim 0.6 \text{ A}$ ，内阻约 0.1Ω ）、电压表（ $0 \sim 3 \text{ V}$ ，内阻约 $3 \text{ k}\Omega$ ）、滑动变阻器（ 20Ω ）、开关、导线若干、螺旋测微器、毫米刻度尺。



实验步骤

1. 用螺旋测微器在被测金属导线上的三个不同位置各测一次直径，求出其平均值 d 。
2. 按如右图所示的电路图连接好用伏安法测电阻的实验电路。
3. 用毫米刻度尺测量接入电路中的被测金属导线的有效长度，测量三次，求出其平均值 l 。



4. 把滑动变阻器的滑片调节到使接入电路中的电阻值最大的位置，电路经检查确认无误后，闭合开关 S ，改变滑动变阻器滑片的位置，读出几组相应的电流表、电压表的示数 I 和 U 的值，并填入记录表格，断开开关 S ，求出导线电阻 R 的平均值。

5. 将测得的 R 、 d 、 l 值，代入电阻率计算公式 $\rho = \frac{RS}{l} = \frac{\pi d^2 U}{4lI}$ 中，计算出金属导线的电阻率。

6. 拆去实验线路，整理好实验器材。



注意事项

1. 本实验中被测金属导线的电阻值较小，为了减小测量误差，实验电路必须采用电流表外接法。
2. 测量被测金属导线的有效长度，是指测量待测金属导线接入电路的两个端点之间的长



度，亦即电压表两并入点间的部分待测金属导线的长度，测量时应将导线拉直。

3. 闭合开关 S 之前，一定要使滑动变阻器的滑片处在有效电阻值最大的位置。

4. 在用伏安法测电阻时，通过待测金属导线的电流强度 I 的值不宜过大（电流表用 $0 \sim 0.6 \text{ A}$ 量程），通电时间不宜过长，以免金属导线的温度明显升高，导致其电阻率在实验过程中逐渐增大。

5. 求 R 的平均值可用两种方法：第一种是用 $R = \frac{U}{I}$ 算出各次的测量值，再取其平均值；第二种是用图像 ($U-I$ 图像) 的斜率来求 R 的平均值。若采用图像法，在描点时，要尽量使数据点分散一些，连线时要让各点均匀分布在直线的两侧，个别明显偏离较远的点可以不予考虑。



实验记录与数据处理

测量导线直径

次序	1	2	3	d 的平均值/mm
直径 d /mm				

测量导线有效长度

次序	1	2	3	l 的平均值/m
长度 l /m				

测量导线有效电阻

次序	U/V	I/A	R/Ω	R 的平均值/ Ω
1				
2				
3				

将测得的 R 、 l 、 d 值，代入电阻率计算公式 _____ 中，计算出金属导线的电阻率为 _____。



问题与讨论

1. 实验电路为什么必须采用电流表外接法？

2. 现有实验器材：干电池（4 节）、滑动变阻器（ $0 \sim 20 \Omega$ ）、单刀双掷开关一个、单刀单掷开关一个、电流表（ $0 \sim 0.6 \text{ A}$ ）、电阻箱（ $0 \sim 999.9 \Omega$ ）、导线若干。请用上述实验器材设计一个测量电阻丝的电阻的方案。画出电路图，写出实验步骤。



巩固练习

1. 在做“测量金属丝的电阻率”实验时，以下操作中正确的是 ()
- A. 用米尺测量金属丝的全长三次，算出其平均值
 - B. 用螺旋测微器在金属丝三个不同部位各测量一次直径，算出其平均值
 - C. 用伏安法测电阻时采用电流表内接电路，多次测量后算出其平均值
 - D. 实验中应尽量保持金属丝的温度不变

2. 用伏安法测电阻的实验中，用滑动变阻器改变通过待测电阻的电流，以便多测几组数据。变阻器有如图 1、2 所示的两种接法，关于这两种接法，下列说法中正确的是 ()

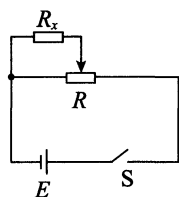


图 1

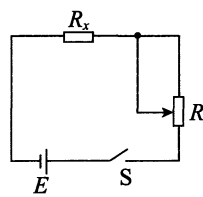


图 2

- A. 变阻器在图 1 中做分压器使用，在图 2 中做限流器使用
- B. 图 1 中的滑动变阻器应选总阻值比 R_x 大很多的，这样能方便调节 R_x 中的电流
- C. 图 2 中的滑动变阻器应选总阻值比 R_x 小的，这样能方便调节 R_x 中的电流
- D. 当变阻器的总阻值比待测电阻小得多时，用如图 1 所示电路能方便且较大范围地调节 R_x 中的电流

3. 有一个未知电阻 R_x ，用如图 1、2 所示的两种电路分别对它进行测量。用如图 1 所示的电路测量时，两表读数分别为 6 V、6 mA；用如图 2 所示的电路测量时，两表读数分别为 5.9 V、10 mA，则用如图_____所示的电路测该电阻的阻值误差较小，测量值 $R_x =$ _____ Ω ，测量值比真实值偏_____ (选填“大”或“小”)。

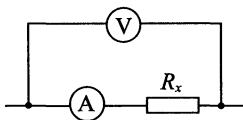


图 1

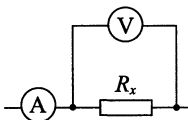


图 2

4. 欲用伏安法测量一段阻值约为 5Ω 的金属导线的电阻，要求测量结果尽量准确，现备有以下器材：

- A. 电池组 (3 V，内阻 1Ω)；
- B. 电流表 ($0 \sim 3 \text{ A}$ ，内阻 0.025Ω)；
- C. 电流表 ($0 \sim 0.6 \text{ A}$ ，内阻 0.125Ω)；
- D. 电压表 ($0 \sim 3 \text{ V}$ ，内阻 $3 \text{ k}\Omega$)；
- E. 电压表 ($0 \sim 15 \text{ V}$ ，内阻 $15 \text{ k}\Omega$)；
- F. 滑动变阻器 ($0 \sim 20 \Omega$ ，额定电流 1 A)；
- G. 滑动变阻器 ($0 \sim 2000 \Omega$ ，额定电流 0.3 A)；
- H. 开关、导线。

(1) 上述器材中应选用的是_____。(选填写各器材前的字母)

(2) 实验电路应采用电流表_____ (选填“内”或“外”)接法。



(3) 将图 1 中的器材连成实验电路。

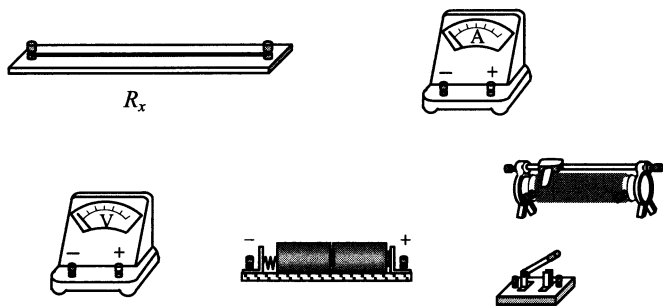


图 1

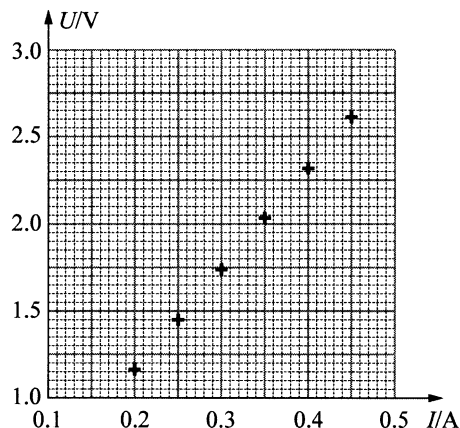
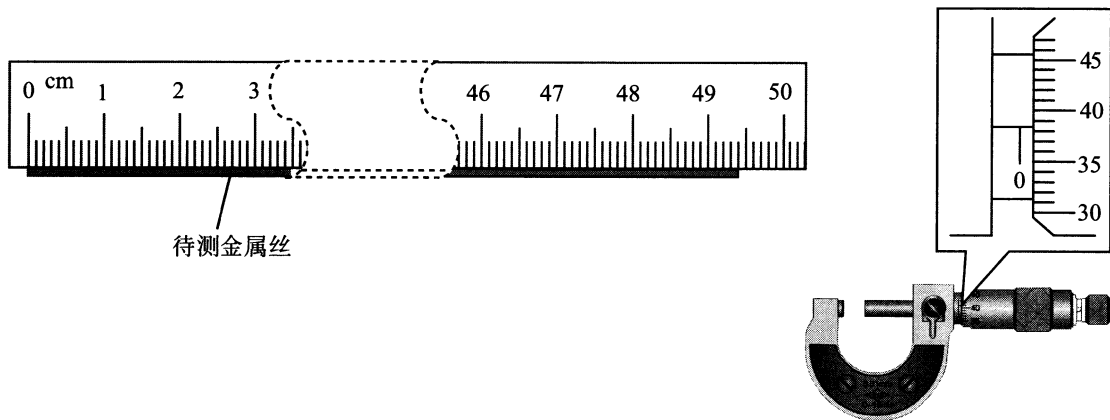


图 2

(4) 实验中测量金属丝两端的电压 U 和通过金属丝的电流 I ，得到多组数据，并在坐标图上标出，如图 2 所示。请作出该金属丝的 $U-I$ 图像，根据图像得出该金属丝的电阻 $R = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ (结果保留小数点后两位)。

5. 在“测量金属丝的电阻率”实验中，所用测量仪器均已校准。

(1) 用刻度尺和螺旋测微器分别测量金属丝的长度和直径，某次测量结果如图所示，在此次测量中该金属丝的长度为 $\underline{\hspace{2cm}}$ cm，直径为 $\underline{\hspace{2cm}}$ mm。



(2) 已知待测金属丝的电阻值 R_x 约为 5Ω 。可供选择的器材如下。

电源 E : 电动势 3 V ，内阻约 1Ω

电流表 A_1 : 量程 $0 \sim 0.6 \text{ A}$ ，内阻约 0.125Ω

电流表 A_2 : 量程 $0 \sim 3 \text{ A}$ ，内阻约 0.025Ω

电压表 V_1 : 量程 $0 \sim 3 \text{ V}$ ，内阻约 $3 \text{ k}\Omega$

电压表 V_2 : 量程 $0 \sim 15 \text{ V}$ ，内阻约 $15 \text{ k}\Omega$

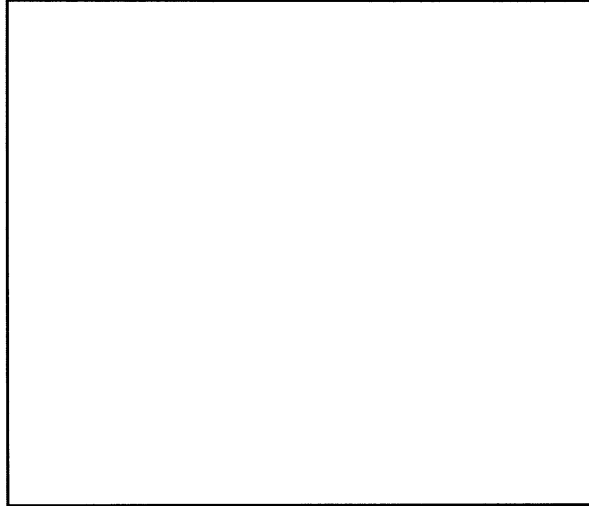
滑动变阻器 R_1 : 最大阻值 5Ω ，允许最大电流 2 A

滑动变阻器 R_2 : 最大阻值 1000Ω ，允许最大电流 0.6 A

开关一个，导线若干。

在上述器材中，应该选用的电流表是 $\underline{\hspace{2cm}}$ ，应该选用的电压表是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。若想尽量多测几组数据，应该选用的滑动变阻器是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。(均选填仪器前的字母)

(3) 用所选的器材，在框中画出电路图。



(4) 关于本实验的误差，下列说法中正确的是_____。

- A. 对金属丝的直径多次测量求平均值，可消除误差
- B. 由于电流表和电压表内阻引起的误差属于偶然误差
- C. 利用电流 I 随电压 U 的变化图线求 R_x 可减小偶然误差

实验十三 用多用电表测量电学中的物理量

实验目的

练习使用多用电表测量电学中的物理量。

实验原理

1. 多用电表欧姆挡原理

多用电表欧姆挡的原理是闭合电路欧姆定律，图 1 为其简化的结构示意图。设电源的电动势为 E ，内电阻为 r ，电流表的内阻为 R_g ，可调电阻为 R ，电流表满偏电流为 I_g ，欧姆表的总电阻为 R_Ω ，当红、黑表笔短接并调节 R 使表头指针满偏时有

$$I_g = \frac{E}{r + r_g + R} = \frac{E}{R_\Omega} \quad ①$$

当两表笔间接入待测电阻 R_x 时，有

$$I_x = \frac{E}{R_\Omega + R_x} \quad ②$$

联立①、②式解得

$$\frac{I_x}{I_g} = \frac{R_\Omega}{R_x + R_\Omega} \quad ③$$

由③式可知当 $R_x = R_\Omega$ 时， $I_x = \frac{1}{2} I_g$ ，指针指在表盘刻度中心，故称此时的 R_x 为欧姆表的中值电阻 R_\oplus ， $R_\oplus = R_\Omega$ ，由②式或③式可知每一个 R_x 都有一个对应的电流值 I_x ，如果在刻度盘上直接标出与 I_x 对应的 R_x 的值，那么当红、黑表笔分别接触待测电阻的两端时，就可以从表盘上直接读出电阻的阻值。

电流与电阻的关系为非线性关系，表盘上电流刻度线是均匀的，与其对应的电阻刻度线是不均匀的，而且电阻的 0 刻度线在电流满偏刻度处。

2. 多用电表表盘结构

多用电表可以用来测量电流、电压和电阻，又称万用电表。图 2 所示为一种多用电表的外形。多用电表表面的上半部分为表盘，共有三条刻度线，最上面的刻度线的左端标有“ ∞ ”，右端标有“0”，是用于测量电阻的，其刻度线分布不均匀。中间的刻度线是用于测量电流和电压的，其刻度线是均匀分布的。最下面一条刻度线左侧标有“ $\sim V$ ”，是用来测量 2.5 V 交变电压的，其刻度线分布不均匀。

多用电表表面的下半部分为选择开关，周围区域标有测量功能和量程。当选择开关旋转到相应功能区域时，就可用于测量电流、电压或电阻。

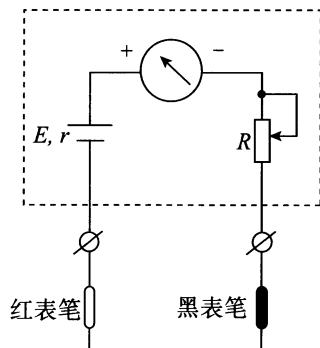


图 1

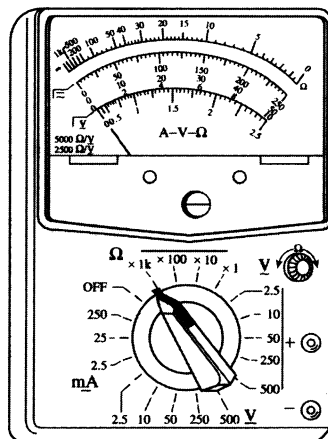


图 2

多用电表表面还有一对正、负插孔。红表笔插正插孔，黑表笔插负插孔，在插孔的上面的旋钮叫作调零旋钮，用它可进行电阻调零。另外，在表盘和选择开关之间还有一个指针定位螺丝，用它可以进行机械调零，即旋转该螺丝，可使指针（在不接入电路中时）指在左端0刻度线上。

3. 二极管的单向导电性

二极管全称叫作晶体二极管，是用半导体材料制成的电子元件，它有两根引线，一根叫作正极，另一根叫作负极，二极管的表示符号是 $\text{—}\text{▷}\text{—}$ 。

当二极管的正极接高电势点，负极接低电势点，即给二极管加正向电压时，二极管电阻很小，处于导通状态，相当于一个接通的开关；当给二极管加反向电压时，二极管的电阻非常大，相当于一个断开的开关，二极管的这种特性称为单向导电性。

4. 用多用电表探测黑箱内的电学元件

探测元件的基本思路：先用电压挡测量各个接线柱之间有没有电压，并找出电池的连接位置；再用欧姆挡正、反向测量任意各接线柱之间的电阻，如果正、反向测量的电阻阻值明显不等，则表明有二极管，反之则只有电阻。



实验器材

多用电表、电学黑箱、直流电源、开关、导线、定值电阻、小灯泡、二极管。



实验步骤

1. 熟悉多用电表表面结构，并观察多用电表在使用前，指针是否指在刻度线左端的“0”位置，若不在“0”位置，用小螺丝刀轻轻转动位于表盘和选择开关中间的指针定位螺丝，使指针指在刻度线左端的“0”位置。

2. 测量小灯泡的电压。

如图1所示，用直流电源给小灯泡正常供电，将多用电表的选择开关旋至直流电压挡，测量小灯泡两端的电压值。

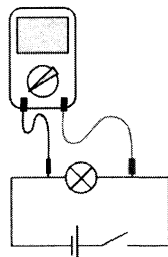


图1

3. 测量通过小灯泡的电流。

如图2所示，将多用电表串联在电路中，将多用电表的选择开关旋至直流电流挡，测量通过小灯泡的电流值。

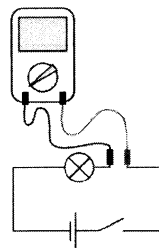


图2

4. 测量电阻。

分别测量定值电阻、小灯泡、人体和二极管的电阻。测量人体电阻时表笔分别与两手接触；测量二极管电阻时，要变换表笔与二极管连接的方式（正向或反向）。

5. 探测黑箱内电路。

如图3所示，黑箱上有三个接点，两个接点间最多只能接一个元件。黑箱内可能是电池与电阻串联、电阻与电阻串联、电阻与二极管串联。

(1) 将多用电表的选择开关旋至直流电压挡，并置于合适量程，用多用电表测量黑箱任意两个接线柱间的电压，记录电压值。

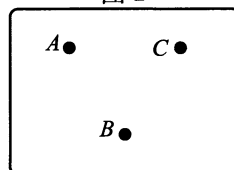


图3



(2) 若黑箱内无电源。

①用欧姆挡测量 A、C 间正、反向接电阻，记录电阻值。

②用欧姆挡测量 A、B 间正、反向接电阻，记录电阻值。

③用欧姆挡测量 B、C 间正、反向接电阻，记录电阻值。

(3) 据前面所测结果，画出黑箱内电路。



注意事项

1. 在使用多用电表前，应先观察指针是否指在电流表的 0 刻度线处，若有偏差，应进行机械调零。

2. 测量小灯泡的电压时应选择大于小灯泡两端电压估计值的量程，红表笔接触点的电势应该比黑表笔接触点的电势高。

3. 测量通过小灯泡的电流时应选择大于通过小灯泡电流估计值的量程，电流应该从红表笔流入多用电表。

4. 测量电路中的电阻时应将其与其他元件和电源断开，测量时手不要接触表笔的金属部分。

5. 合理选择挡位，使指针尽可能指在中间刻度附近（可参考指针偏转在 $\frac{R_{\text{中}}}{3} \sim 3R_{\text{中}}$ 的范围），若指针偏角太大，应改换低倍率挡位，若指针偏角太小，应改换高倍率挡位。每次换挡后均要重新欧姆调零，读数时应将指针示数乘以挡位倍率。

6. 在实际应用中要防止超量程，不得测量额定电流极小的电器（如灵敏电流表）的电阻。

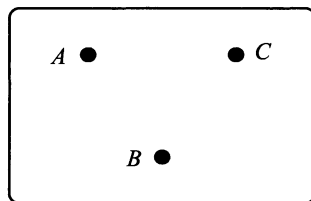
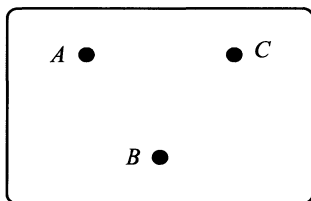
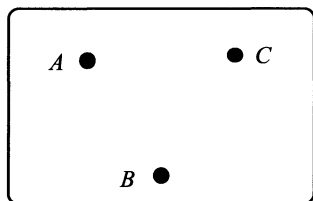
7. 测量完毕后应拔出表笔，选择开关置于“OFF”挡或交流电压最高挡，电表长期不用时应取出电池，以防电池漏电。



实验记录与数据处理

自行设计表格并记录数据：

画出黑箱内电路



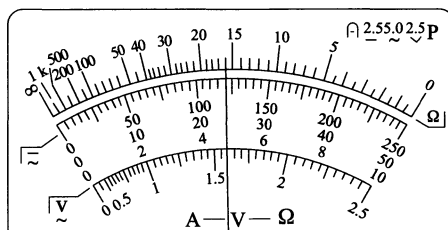
问题与讨论

如何用多用电表的电压挡、电流挡和欧姆挡检测电路故障？



巩固练习

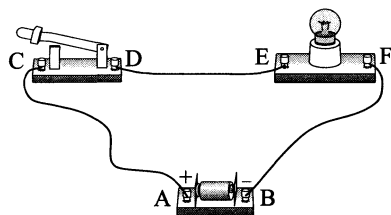
- 关于多用电表表盘上的刻度线，下列说法中正确的是 ()
 - 直流电流刻度线和直流电压刻度线都是均匀的，可以共用同一刻度线
 - 电阻刻度线是不均匀的
 - 交流电压刻度线都是均匀的
 - 电阻刻度上的 0 刻度线与直流电流的最大刻度线相对应
- 用多用电表欧姆挡测电阻时有许多注意事项，下列说法中错误的是 ()
 - 测量前必须调零，而且每测一次电阻都要重新调零
 - 每次换挡后必须欧姆调零
 - 待测电阻如果是连接在某电路中，应先把它与其他元件断开，再进行测量
 - 两个表笔要与待测电阻接触良好才能测得较准确，为此，应当用两个手分别将两个表笔与电阻两端紧紧捏在一起
 - 使用完毕应当拔出表笔，并把选择开关旋到交流电压最高挡
- 某实验小组使用多用电表测量电学中的物理量。
 - 甲同学用实验室的多用电表进行某次测量时，指针在表盘的位置如图所示。若所选挡位为 $\times 10 \Omega$ 挡，则示数为 _____ Ω 。
 - 乙同学用该表正确测量了一个约 150Ω 的电阻后，需要继续测量一个阻值约 20Ω 的电阻。请选择在测量这个电阻之前必须进行的操作步骤，按合理的顺序排列：_____。(选填字母代号)
 - 将红表笔和黑表笔短接
 - 把选择开关旋至“ $\times 100$ ”挡
 - 把选择开关旋至“ $\times 1$ ”挡
 - 调节欧姆调零旋钮使指针指向欧姆零点
- 调零后，用“ $\times 10$ ”挡测量一个电阻的阻值，发现指针偏转角度极小，则以下正确的判断和做法是 ()
 - 这个电阻阻值很小
 - 这个电阻阻值很大
 - 为了把电阻测得更准一些，应换用“ $\times 1$ ”挡，重新测量
 - 为了把电阻测得更准一些，应换用“ $\times 100$ ”挡，重新测量
- 多用电表中“+”孔插_____ (选填“红”或“黑”)表笔，电流从该表笔流_____ (选填“进”或“出”)。欧姆表内部电池的正极是接_____ (选填“红”或“黑”)表笔的。





6. 如图所示, 电池、开关和灯泡组成串联电路。当闭合开关时, 发现灯泡不发光。闭合开关后, 用多用电表 2.5 V 直流电压挡进行检测, 分别测量了电池、灯泡和开关两端的电压, 测量得到电池和灯泡两端的电压均约为 1.5 V, 开关两端的电压为 0, 由此可判断电路故障可能是 ()

- A. 电池没电了
B. 开关接触不良
C. 灯泡和灯座接触不良
D. 灯泡被短路



7. “黑盒子”表面有 a、b、c 三个接线柱, 盒内总共有两个电学元件, 每两个接线柱之间只可能连接一个元件。为了探明盒内元件的种类及连接方式, 某位同学用多用电表进行了如下探测:
第一步: 用电压挡, 对任意两接线柱正、反向测量, 指针均不发生偏转;
第二步: 用电阻 “ $\times 100$ ” 挡, 对任意两个接线柱正、反向测量, 指针偏转情况如图 1 所示。

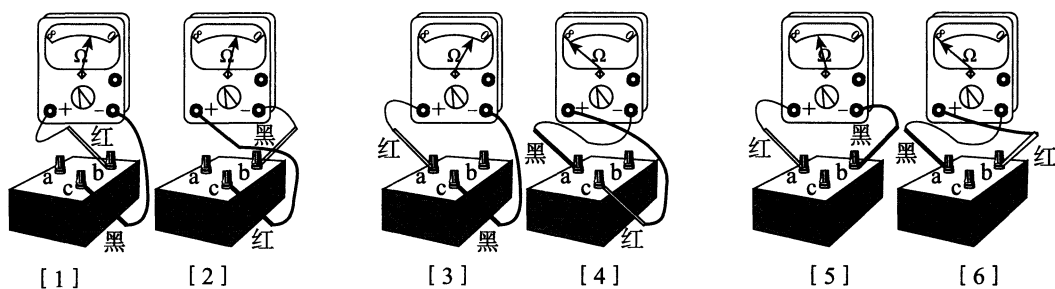


图 1

- (1) 第一步测量结果表明盒内_____。
(2) 图 2 表示出了图 1 [1] 和 [2] 中欧姆表指针所处的位置, 其对应的阻值是_____ Ω ;
图 3 表示出了图 1 [3] 中欧姆表指针所处的位置, 其对应的阻值是_____ Ω 。
(3) 请在图 4 的接线柱间, 用电路图符号画出盒内的元件及连接情况。

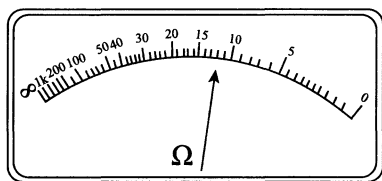


图 2

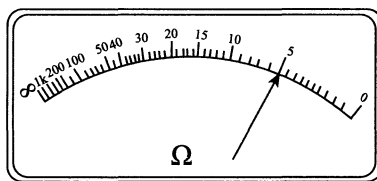


图 3

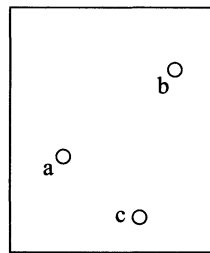


图 4

- (4) 一个小灯泡与 3 V 电池组的连接情况如图 5 所示。如果把图 5 中 e、f 两端用导线直接相连, 小灯泡可正常发光。欲将 e、f 两端分别与黑盒子上的两个接线柱相连, 使小灯泡仍可发光。那么, e 端应连接到_____接线柱, f 端应连接到_____接线柱。

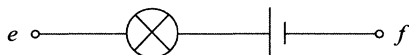


图 5



实验十四 测量电源的电动势和内阻

实验目的

测量电源的电动势和内阻。

实验原理

如图 1 所示, 改变 R 的阻值, 根据闭合电路欧姆定律可知, 路端电压 U 和干路电流 I 会随 R 变化。从电压表和电流表中读出几组 I 、 U 值, 利用 $E=U+Ir$ 求出几组 E 、 r 值, 最后分别算出它们的平均值。

此外, 还可以用作图法来处理数据, 即在坐标纸上以 I 为横坐标、以 U 为纵坐标, 用测出的几组 I 、 U 值画出 $U-I$ 图像 (如图 2 所示), 根据 $U=E-Ir$ 可知, 所得直线与纵轴的交点的坐标值即为电动势的大小, 直线斜率的绝对值即为内阻的大小。

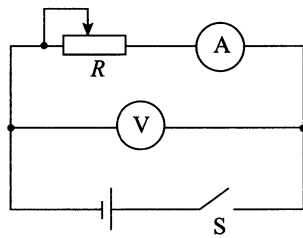


图 1

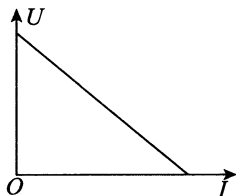


图 2

实验器材

待测干电池 (电动势约 1.5 V)、电压表 (0~3 V, 内阻约 3 k Ω)、电流表 (0~0.6 A, 内阻约 0.1 Ω)、滑动变阻器 (10 Ω)、开关、导线。

实验步骤

1. 按图 1 连接好电路。
2. 移动滑动变阻器的滑片, 使滑动变阻器接入电路的阻值最大。
3. 闭合开关, 调节滑动变阻器, 使电流表有明显示数, 记录一组数据 (I_1 , U_1)。用同样方法测量几组 I 、 U 值。
4. 断开开关, 整理好器材。
5. 处理数据, 用公式法和作图法分别求出电动势和内阻的值。

注意事项

1. 为了使电池的路端电压变化明显, 电池的内阻应大一些 (可选用已使用过一段时间的 1 号干电池)。
2. 实验中不要将 I 调得过大, 读电表示数要快, 每次读完立即断开开关。
3. 要测出不少于 6 组的 I 、 U 数据, 且变化范围要大一些, 用方程组求解时, 要将测出的 I 、 U 数据中的第 1 组和第 4 组作为一组, 第 2 组和第 5 组作为一组, 第 3 组和第 6 组作为一组, 分别解出 E 、 r 值, 再取平均值。
4. 在画 $U-I$ 图像时, 要使较多的点落在这条直线上或使各点均匀分布在直线的两侧, 个别偏离直线太远的点可舍去。这样, 就可使偶然误差得到部分抵消, 从而提高精确度。

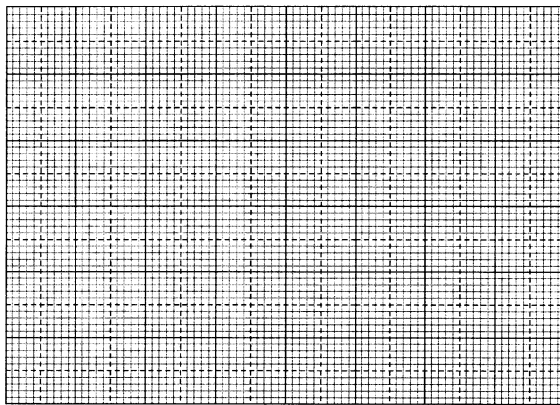


5. 干电池内阻较小时路端电压 U 受外电阻影响产生的变化也较小, 即路端电压不会比电动势小很多, 这时, 在画 $U-I$ 图像时, 纵轴的刻度线可以不从 0 开始, 而是根据测得的数据从某一恰当值开始 (横坐标 I 的刻度线必须从 0 开始)。但这时直线与横轴的交点的坐标值不再表示短路电流, 不过直线斜率的绝对值依然还表示电源内阻的大小。



实验记录与数据处理

次序	I/A	U/V
1		
2		
3		
4		
5		
6		



电源电动势 $E = \underline{\hspace{2cm}}$; 内阻 $r = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



问题与讨论

1. 现有仪器: 待测电池、电流表 ($0 \sim 0.6 \text{ A}$)、电阻箱、开关、导线。能否利用上述仪器测量一节电池的电动势和内阻? 若将电流表换成电压表 ($0 \sim 3 \text{ V}$) 呢? 请尝试画出实验电路图, 并说明操作步骤。

2. 能否直接用多用电表的欧姆挡测量电池的内阻?

3. 能否通过作出的 $U-I$ 图像说明电池的输出功率随外电阻变化的情况?



2. 学校兴趣小组成员在学校实验室发现了一种新型电池，他们想要测量该电池的电动势和内阻。

- (1) 小组成员先用多用电表粗测电池的电动势，将选择开关调到电压挡量程为 25 V 的挡位，将红黑表笔分别接电池的正、负极，多用电表的指针示数如图 1 所示，则粗测测得的电动势大小为_____ V。

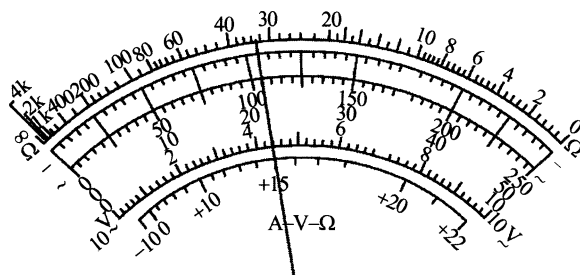


图 1

- (2) 为了精确测量，小组成员根据实验室提供的器材设计了如图 2 所示的测量电路，其中 $R_0 = 5 \Omega$ ，它在电路中的作用是_____。闭合开关前，应将电阻箱接入电路的电阻调到最_____（选填“大”或“小”）。
- (3) 闭合开关，调节电阻箱，测得多组电阻箱接入电路的阻值 R 及对应的电流表的示数 I ，得 $\frac{1}{I}-R$ 图像，如图 3 所示。

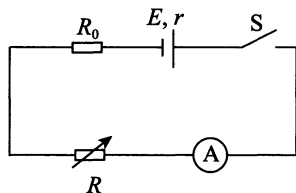


图 2

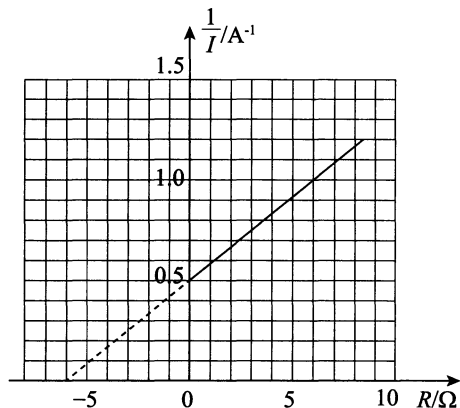


图 3

不计电流表的内阻，根据图像可求出电池的电动势为_____ V，内阻为_____ Ω 。（结果均保留两位有效数字）

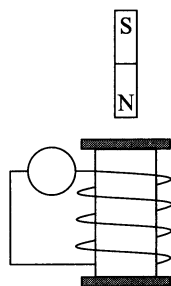
实验十五 探究影响感应电流方向的因素

实验目的

通过实验，探究影响感应电流方向的因素。

实验原理

穿过闭合回路的磁通量发生变化，会在闭合回路中产生感应电流。如图所示，结合电流计指针偏转的方向和线圈的绕法，确定在不同情况下线圈中感应电流的方向。然后用列表（或图示）、归纳的方法找到影响感应电流方向的因素。



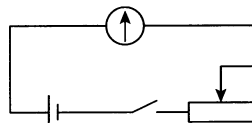
实验器材

磁铁、线圈、电流计、导线、一节干电池、开关、滑动变阻器。

实验步骤

1. 确定电流计指针的偏转方向和电流方向的关系。

(1) 用导线将干电池、电流计、滑动变阻器、开关连接成如右图所示的电路。



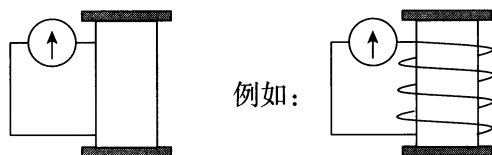
(2) 试触开关，记录电流流向和电流计指针偏转方向的关系。

例如：当电流从右侧接线柱流入电流计时，指针向右偏转。

这样，当我们观察到指针偏转方向时，也就知道电流的方向了。



2. 连接电路，观察确定线圈的绕向，并记录在图中。



3. 观察、记录不同情况下感应电流的方向。

(1) 将磁铁 N 极插入线圈，观察电流计指针偏转方向，并记录在表格示意图中。

(2) 将磁铁 S 极插入线圈，观察电流计指针偏转方向，并记录在表格示意图中。

(3) 将磁铁 N 极从线圈中抽出，观察电流计指针偏转方向，并记录在表格示意图中。

(4) 将磁铁 S 极从线圈中抽出，观察电流计指针偏转方向，并记录在表格示意图中。

(5) 根据指针偏转方向，判断几种情况下的电流方向，并在图示的线圈中标出。

4. 根据表格中记录的信息，归纳实验结论。

**注意事项**

1. 在判断电流计指针偏转方向和电流方向的关系时, 应选用稍旧的电池、阻值较大的滑动变阻器或保护电阻, 并用试触的方式进行测试, 避免破坏电表。
2. 将磁铁插入线圈后, 应稍做停顿。不要将磁铁插入线圈后又立即将磁铁从线圈中抽出。

**实验记录及现象分析**

实验现象 (在图中标画出线圈绕向和电流方向)				
穿过线圈的磁通量的变化				
磁铁的磁场方向				
感应电流的磁场方向				

实验结论: _____。

**巩固练习**

1. 图 1 所示为“探究影响感应电流方向的因素”实验的实验装置, 所用电流表指针偏转方向与电流方向的关系为: 当电流从“+”接线柱流入电流表时, 指针向右偏转。螺线管的绕线方向如图 2 所示。
 - (1) 如果实验时电流表指针偏转如图 1 所示, 请在图 2 中标出螺线管中的感应电流方向。这应是将条形磁铁按如图 1 所示的放置方式将 S 极_____ (选填“向下插入”或“向上抽出”) 螺线管时出现的现象。

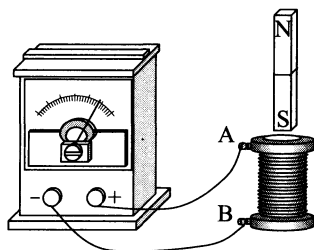


图 1

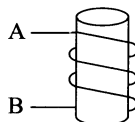


图 2

- (2) 经分析可得出结论: 当穿过螺线管的磁通量增加时, 感应电流产生的磁场与条形磁铁的磁场方向_____ (选填“相同”或“相反”)。
- (3) 按如图 1 所示的放置方式将条形磁铁 S 极从螺线管中抽出时, 电流表的指针向_____ (选填“左”或“右”) 偏转。

实验十六 探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系

实验目的

探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系。

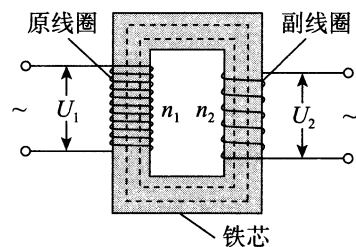
实验原理

变压器是由闭合铁芯和绕在铁芯上的两个线圈组成的，如图所示。一个线圈与交流电源连接，称为原线圈，也叫初级线圈；另一个线圈与负载连接，称为副线圈，也叫次级线圈。

互感现象是变压器工作的基础。电流通过原线圈时在铁芯中激发磁场，由于电流的大小、方向在不断变化，铁芯中的磁场也在不断变化。变化的磁场在副线圈中产生感应电动势，所以尽管两个线圈之间没有导线相连，副线圈也能够输出电流。

在输入电压一定时，原、副线圈取不同的匝数比，副线圈输出的电压就会不一样，变压器由此得名。

根据法拉第电磁感应定律可知，线圈中产生的感应电动势与线圈匝数成正比，可以通过测量不同匝数的原、副线圈两端的电压，探究电压与匝数的关系。

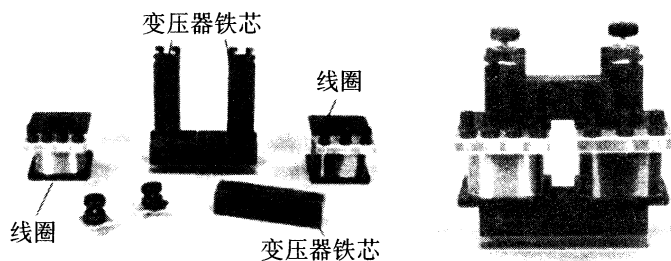


实验器材

可拆变压器（标明匝数）、低压交流电源、多用电表、导线、开关。

实验步骤

1. 组装可拆变压器，在原线圈上选一定匝数的线圈与低压交流电源和开关连接。



2. 保持原线圈的输入电压 U_1 一定，用多用电表交流电压挡测量不同匝数的副线圈的输出电压 U_2 ，把原线圈的匝数 n_1 和输入电压 U_1 ，以及副线圈的匝数 n_2 与对应的输出电压 U_2 ，记录在表格里。

3. 改变原线圈的匝数 n_1 ，重复实验步骤 2。
4. 观察表格中的数据，将原、副线圈的匝数与电压进行比较，寻找它们之间的关系。
5. 整理实验器材。



注意事项

1. 为了人身安全，只能使用低压交流电源，所用电压不要超过 12V；即使这样，通电时也不要用手接触裸露的导线、接线柱。
2. 为了不损坏多用电表，使用交流电压挡测电压时，先用最大量程挡试测，大致确定被测电压后，再选用适当的挡位进行测量。



实验记录与数据处理

原线圈匝数 n_1						
输入电压 U_1/V						
副线圈匝数 n_2						
输出电压 U_2/V						

实验结论：_____。



问题与讨论

此实验中产生误差的主要原因是什么？

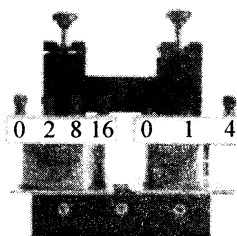


巩固练习

1. 在“探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系”实验中，某同学利用教学用的可拆变压器进行探究。
 - (1) 下列器材中，实验需要的器材是_____（多选）。

A. 干电池	B. 低压交流电源
C. 220 V 交流电源	D. 条形磁铁
E. 可拆变压器和导线	F. 直流电压表
G. 多用电表	
 - (2) 如图所示，当左侧线圈“0”“16”间接入 12V 电压时，右侧线圈“0”“4”接线柱间的输出电压可能是_____。

A. 6 V	B. 4.3 V	C. 2.1 V
--------	----------	----------





(3) 关于实验操作, 下列说法中正确的是_____。

- A. 为了人身安全, 原线圈两端只能使用低压交流电源, 所用电压不应超过 12 V
- B. 实验通电时, 可用手接触裸露的导线、接线柱等检查电路
- C. 使用多用电表测电压时, 先用中等量程挡试测, 再选用恰当的挡位进行测量

2. 实验室有一个变压器, 一侧线圈已标记为 200 匝, 另一侧线圈匝数无标记, 小明对它进行了实验探究。他用 200 匝的线圈作为原线圈, 用匝数未知 (记为 N) 的线圈作为副线圈, 如图 1 所示, 分别测量不同输入电压对应的输出电压, 测量结果如表 1 所示; 将原线圈、副线圈互换, 如图 2 所示, 重复上述操作, 测量结果如表 2 所示。实验过程中电源、电压表均正常工作。

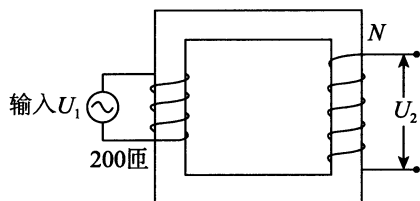


图 1

表 1

	第 1 组	第 2 组
输入电压 U_1/V	4.0	1.9
输出电压 U_2/V	8.0	3.7
电压比 U_1/U_2	0.50	0.51

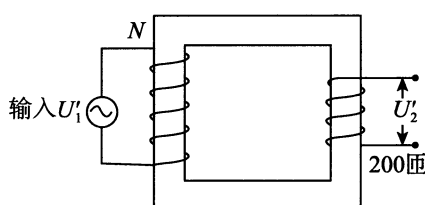


图 2

表 2

	第 3 组	第 4 组
输入电压 U_1'/V	8.2	6.1
输出电压 U_2'/V	3.2	2.3
电压比 U_1'/U_2'	2.56	2.65

分析表中数据, 以下推理中正确的是

()

- A. 若线圈的 200 匝标识是准确的, 则匝数 N 多于 400 匝
- B. 按图 1 实验时变压器没有损耗, 按图 2 实验时变压器有损耗
- C. 按图 1 实验时两侧线圈中电流频率相同, 按图 2 实验时频率不同

D. 若使用直流电源进行以上实验, 能够较好地得到 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{U_2'}{U_1'}$

实验十七 利用传感器制作简单的自动控制装置



实验目的

1. 了解传感器的工作原理和一般应用。
2. 研究一些传感器元件（如热敏电阻和光敏电阻）的电阻特性。
3. 利用传感器制作简单的自动控制装置。



实验原理

1. 传感器是指这样一类器件或装置：它能够感受诸如力、温度、光、声、化学成分等被测量，并能把它们按照一定的规律转换为便于传送和处理的可用信号并输出。通常转换成的可用信号是电压、电流等电学量，也可转换为电路的通断。传感器的基本部分一般由敏感元件、转换元件组成。敏感元件能直接感受或响应外界被测非电学量；转换元件能将敏感元件输出的信号直接转换成电信号。

2. 光敏电阻是光电传感器中常见的光敏元件。光敏电阻在被光照射时电阻发生变化，导电性变好。光敏电阻能够把光照强弱这个光学量转换为电阻这个电学量。

3. 金属热电阻和热敏电阻是传感器中常见的感知温度的敏感元件。金属的电阻率随温度的升高而增大。用金属丝可以制作温度传感器，称为热电阻。与金属不同，有些半导体在温度上升时导电能力增强，因此可以用半导体材料制作热敏电阻。金属热电阻和热敏电阻都能够把温度这个热学量转换为电阻这个电学量。

4. 图 1 是一个简单的门窗磁控防盗报警装置示意图。门的上沿嵌入一小块永磁体 M，门框内与 M 相对的位置嵌入干簧管 SA，并将干簧管接入报警电路。干簧管可将门与门框的相对位置这一非电学量转换为电路的通断。

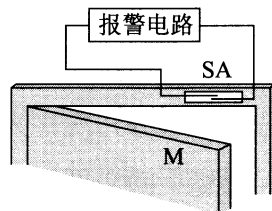


图 1 门窗磁控防盗报警装置示意图

图 2 是实现上述功能的电路图，采用干簧管作为传感器，用于感知磁体磁场是否存在。继电器（虚线方框部分）作为执行装置。发光二极管 LED 作为电路正常工作提示。发光二极管和普通二极管一样具有单向导电性，而且在导电时还能发光，有红、绿、黄等多种颜色。R 为发光二极管的限流电阻，起保护作用。蜂鸣器 H 作为报警提醒。

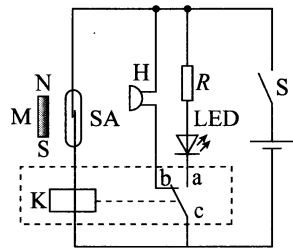


图 2 门窗磁控防盗报警装置电路图

闭合电路开关 S，系统处于防盗状态。当门窗紧闭时，磁体 M 靠近干簧管 SA，干簧管两个簧片被磁化相吸而接通继电器线圈 K，使继电器工作。此时继电器的动触点 c 与常开触点 a 接通，发光二极管 LED 发光，显示电路处于正常工作状态。当门窗开启时，磁体离开干簧管，干簧管失磁断开，继电器被断电。此时继电器的动触点 c 与常闭触点 b 接通，蜂鸣器 H 发声报警。干簧管在电路中起传感器和控制开关的作用，继电器则相当于一个自动的双向开关。



实验器材

铁架台（带铁夹）、温度计、烧杯、热敏电阻、光敏电阻、冷水、热水、多用电表、小灯泡、学生电源、导线、开关、滑动变阻器、光电传感器、计数器、厚纸板。

自动控制装置的基本元件及参数：

序号	名称	规格型号	数量
1	干簧管 SA	常开型	1
2	继电器	JQX-14FC 5 V	1
3	发光二极管 LED	绿色	1
4	电阻 R	330Ω	1
5	蜂鸣器 H	有源型	1
6	电源	干电池 6 V	1
7	小磁体		1
8	开关		1



实验步骤

1. 研究热敏电阻的热敏特性

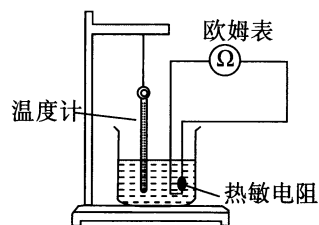
(1) 按右图连接好电路，多用电表选择开关置于“ $\times 100$ ”的欧姆挡。

(2) 先用多用电表测出烧杯中没有水时，热敏电阻的阻值，并记下温度计示数。

(3) 向烧杯中注入少量冷水，记下温度计示数及多用电表显示的热敏电阻的阻值。

(4) 将热水分几次注入烧杯中，测出不同温度下，热敏电阻的阻值。

(5) 观察不同温度下热敏电阻的阻值，归纳电阻随温度变化的规律。

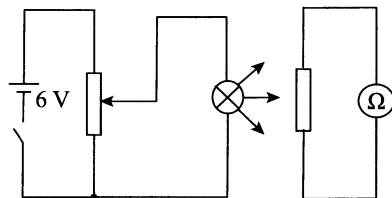


2. 研究光敏电阻的光敏特性

(1) 将光敏电阻、多用电表、灯泡、滑动变阻器和电源按右图连接好电路。

(2) 先测出小灯泡不发光时光敏电阻的阻值。

(3) 闭合开关，让小灯泡发光，调节小灯泡的亮度使其由暗变亮，观察光敏电阻阻值的变化。

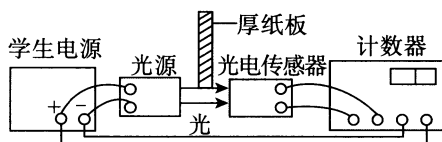


3. 光电记数实验

(1) 将光电传感器、小灯泡、计数器、学生电源按右图连接好电路。

(2) 接通电源，使小灯泡发光，照射到光电传感器上。

(3) 拿一厚纸板（或用手掌）插入光源与光电传感器之间，每插入一次，计数器就会记数一次。

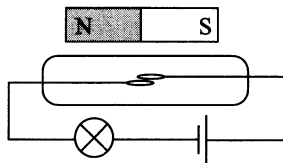


4. 制作简单的自动控制装置

(1) 连接电路前，要先判断一下干簧管是否可以正常工作。用磁体直接靠近干簧管，观察簧片能否正常动作。

(2) 确定各元件可以正常工作后，按照右图连接好电路。

(3) 接通电源后，依次将磁体靠近和远离干簧管，观察实验现象。



注意事项

1. 热敏电阻、烧杯、温度计易破损，实验时务必小心。
2. 温度自动报警器、光电计数器、小灯泡所需电压都很小（小于 6 V），勿超过其额定电压使用。

实验记录与数据处理

1. 研究热敏电阻的热敏特性

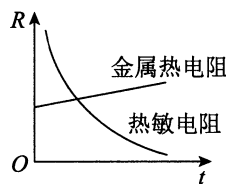
序号	1	2	3	4	5	6
温度/°C						
电阻/Ω						

2. 研究光敏电阻的光敏特性

序号	1	2	3	4
灯泡发光情况	不发光	暗	较亮	亮
电阻/Ω				

巩固练习

1. 热敏电阻常用于温度控制或过热保护装置中。右图为某种热敏电阻和某种金属热电阻的阻值随温度变化的示意图。由图可知，这种热敏电阻在温度上升时导电能力_____（选填“增强”或“减弱”）；相对金属热电阻而言，热敏电阻对温度变化的影响更_____（选填“敏感”或“不敏感”）。



2. 图 1 表示某金属丝的电阻 R 随摄氏温度 t 变化的情况。把这段金属丝与电池、电流表串联起来（如图 2 所示），用这段金属丝做测温探头，把电流表的刻度改为相应的温度刻度，就得到了一个简易温度计。下列说法中正确的是（ ）

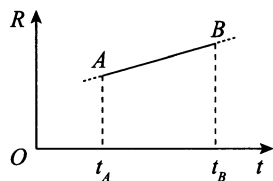


图 1

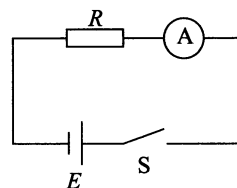


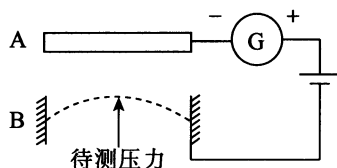
图 2

- A. t_A 应标在电流较大的刻度上，且温度与电流是线性关系
- B. t_A 应标在电流较大的刻度上，且温度与电流是非线性关系
- C. t_B 应标在电流较大的刻度上，且温度与电流是线性关系
- D. t_B 应标在电流较大的刻度上，且温度与电流是非线性关系



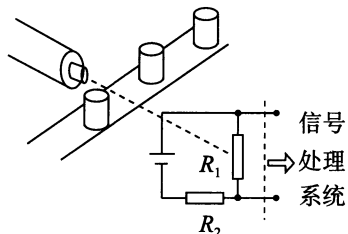
3. 传感器是一种采集信息的重要器件。如图所示为测定压力的电容式传感器，A 为固定电极，B 为可动电极，A、B 组成一个电容大小可变的电容器。可动电极两端固定，当待测压力施加在可动电极上时，可动电极发生形变，从而改变电容器的电容。现将此电容式传感器与零刻度线在中央的灵敏电流计和电源串联成闭合电路，已知电流从电流计正接线柱流入时指针向右偏转。当待测压力增大时 ()

- A. 电容器的电容将减小
B. 灵敏电流计指针在正中央零刻度线处
C. 灵敏电流计指针向左偏转
D. 灵敏电流计指针向右偏转



4. 如图所示为光敏电阻自动计数器的示意图，其中 R_1 为光敏电阻， R_2 为定值电阻。此光电计数器的基本工作原理是 ()

- A. 当有光照射 R_1 时，信号处理系统获得高电压
B. 当有光照射 R_1 时，信号处理系统获得低电压
C. 信号处理系统每获得一次低电压就计数一次
D. 信号处理系统每获得一次高电压就计数一次





实验十八 用油膜法估测油酸分子的大小

实验目的

1. 估测油酸分子的大小。
2. 学习间接测量微观量的方法。

实验原理

实验采用使油酸在水面上形成一层单分子油膜的方法估测油酸分子的大小。当把一滴用酒精稀释过的油酸滴在水面上时，油酸会在水面上散开，其中的酒精溶于水，并很快挥发，在水面上形成如图 1 所示形状的一层纯油酸薄膜。如果算出一定体积的油酸在水面上形成的单分子油膜的面积，即可算出油酸分子的大小。用 V 表示一滴油酸酒精溶液中所含油酸的体积，用 S 表示单分子油膜的面积，用 d 表示分子的直径，如图 2 所示，则 $d = \frac{V}{S}$ 。

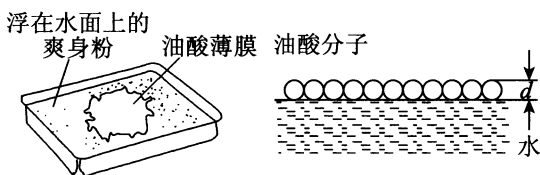


图 1

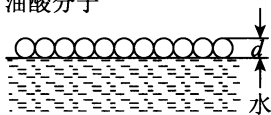


图 2

实验器材

盛水浅盘、滴管（或注射器）、容量瓶、坐标纸、玻璃板、爽身粉、油酸酒精溶液、量筒、彩笔。

实验步骤

1. 用稀酒精溶液及清水清洗浅盘，充分洗去油污、粉尘，以免给实验带来误差。
2. 配制油酸酒精溶液，取油酸 1 mL，注入 500 mL 的容量瓶中，然后向容量瓶内注入酒精，直到液面达到 500 mL 刻度线为止，摇动容量瓶，使油酸在酒精中充分溶解，这样就得到了 500 mL 含 1 mL 纯油酸的油酸酒精溶液。
3. 用注射器或滴管将油酸酒精溶液一滴一滴地滴入量筒中，并记下量筒内油酸酒精溶液达到一定体积 V_n 时的滴数 n 。
4. 根据 $V_0 = \frac{V_n}{n}$ 算出每滴油酸酒精溶液的体积 V_0 。
5. 向浅盘里倒入约 2 cm 深的水，并将爽身粉（或石膏粉）均匀地撒在水面上。
6. 用注射器或滴管将一滴油酸酒精溶液滴在水面上。
7. 待油酸薄膜的形状稳定后，将玻璃板（或有机玻璃板）放在浅盘上，并将油酸薄膜



的形状用彩笔描在玻璃板上。

8. 将描有油酸薄膜轮廓的玻璃板放在坐标纸上, 算出油酸薄膜的面积 S (求面积时以坐标纸上边长为 1 cm 的正方形为单位计算轮廓内正方形的个数, 不足半个的舍去, 多于半个的算一个)。

9. 根据油酸酒精溶液的配制比例, 算出一滴油酸酒精溶液中纯油酸的体积 V , 并代入公式 $d = \frac{V}{S}$ 算出油酸薄膜的厚度 d 。

10. 重复以上实验步骤, 多测几次油酸分子的直径, 并求平均值。



注意事项

1. 实验前将浅盘清洗干净, 以免给实验测量带来误差。
2. 爽身粉 (或石膏粉) 应少量、均匀地撒在水面上, 以免影响油酸薄膜在水面的扩展。
3. 待油酸薄膜轮廓稳定后再画出油酸薄膜的轮廓。
4. 当重做实验时, 将水从浅盘的一侧边缘倒出后, 在这一侧边缘会残留油酸。此时可用少量酒精清洗, 并用脱脂棉擦去, 再用清水冲洗, 以保持浅盘的清洁。



实验记录与数据处理

实验次数	量筒内增加 1 mL 溶液时的滴数 n	一滴溶液中纯油酸的体积 V/m^3	V 的平均值/ m^3
1			
2			

实验次数	油膜的面积 S/m^2	分子的直径 d/m	d 的平均值/ m
1			
2			



问题与讨论

1. 实验中为什么不直接使用油酸, 而要使用经酒精稀释后的油酸酒精溶液?
2. 待测油酸薄膜面扩散后又收缩, 这是什么原因?

巩固练习

1. “用油膜法估测油酸分子的大小”实验中的科学假设是 ()
- A. 将油酸形成的膜看成单分子油膜 B. 不考虑各油酸分子间的间隙
- C. 考虑了各油酸分子间的间隙 D. 将油酸分子看成球形

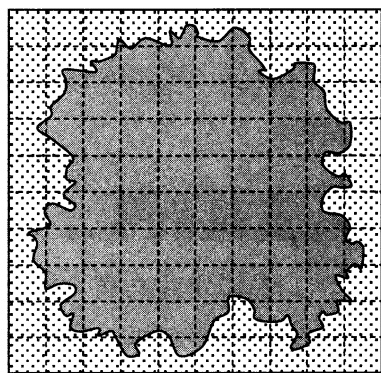
2. “用油膜法估测油酸分子的大小”实验的简要步骤如下：
- A. 用浅盘装入约 2 cm 深的水；
- B. 将一滴油酸酒精溶液滴在水面上，待油酸薄膜的形状稳定后，将玻璃板放在浅盘上，用彩笔将油酸薄膜的形状描绘在玻璃板上；
- C. 将画有油酸薄膜轮廓的玻璃板放在坐标纸上，数出轮廓内的方格数（不足半个的舍去，多于半个的算一个），再根据方格的边长求出油酸薄膜的面积 S ；
- D. 根据油酸酒精溶液的浓度，算出一滴溶液中纯油酸的体积 V ；
- E. 用公式 $d = \frac{V}{S}$ ，求出油酸薄膜厚度，即油酸分子的大小。

上述步骤中有遗漏或不完整的，请指出：

- (1) _____；
- (2) _____。

3. 在做“用油膜法估测油酸分子的大小”实验时，油酸酒精溶液的浓度为每 10^4 mL 溶液中有纯油酸 6 mL。用注射器测得 1 mL 上述溶液中有液滴 50 滴，把 1 滴该溶液滴入盛水的浅盘里，待水面稳定后，将玻璃板放在浅盘上，在玻璃板上描出油酸薄膜的轮廓，随后把玻璃板放在坐标纸上，其形状如图所示。坐标纸中正方形方格的边长为 20 mm。

- (1) 求油酸薄膜的面积。
- (2) 求每一滴油酸酒精溶液中含有纯油酸的体积。
- (3) 根据上述数据，估测出油酸分子的直径。



4. 某同学在做“用油膜法估测油酸分子的大小”实验时，计算结果偏大，可能是由于 ()
- A. 油酸未完全散开
- B. 油酸中含有大量酒精
- C. 计算油酸薄膜面积时，舍去了所有不足一格的方格
- D. 求每滴溶液中纯油酸的体积时，1 mL 的溶液的滴数误多记了 10 滴



实验十九 探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系



实验目的

1. 探究一定质量的气体发生等温变化时的规律。
2. 学习测量气体状态参量的方法。

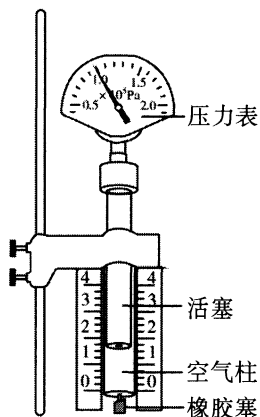


实验原理

描述气体状态的三个物理量：压强、温度和体积称为气体状态参量，当其中某个参量发生变化时，通常会引起另外两个参量的变化。要研究一定质量的气体的这三个参量的变化规律，可以运用控制变量的方法，分别研究两个参量之间的关系。本实验就是要研究在温度不变时，气体的压强与体积之间的关系。

实验装置如右图所示，注射器下端的开口处有橡胶塞，它和活塞一起把一段空气柱封闭。空气柱的长度 l 可以通过刻度尺读取，空气柱的横截面积为 S ，体积 $V=Sl$ 。空气柱的压强 p 可以从与注射器内空气柱相连的压力表读取。把活塞缓慢地向下拉或向上推，分别读取空气柱的长度与压强的实验数据，并通过绘制图像探究二者之间的关系。

本实验中不需要测量玻璃管的横截面积 S 。因为实验选取的玻璃管粗细均匀，管内的气体的体积与长度成正比，玻璃管的横截面积对实验结果没有影响。



实验器材

铁架台，气体体积与压强关系探究装置（活塞、压力表、刻度尺、橡胶塞、粗细均匀的玻璃管）。



实验步骤

1. 安装实验装置，将其固定在铁架台上。
2. 在注射器下端开口处套上橡胶塞，将一定质量的空气封闭在均匀玻璃管中，记录空气柱的初始长度和压力表的初始示数。
3. 缓慢向上拉动活塞改变空气柱的长度，选取两个合适的位置保持活塞稳定，并记录相应的空气柱的长度和空气柱的压强。
4. 缓慢向下推动活塞改变空气柱的长度，选取两个合适的位置保持活塞稳定，并记录相应的空气柱的长度和空气柱的压强。
5. 根据所测数据，分别以 V 和 $\frac{1}{V}$ 为横坐标、以 p 为纵坐标，在坐标纸上建立坐标系，并根据所得数据进行描点。

6. 按照坐标纸中各点的分布与走向, 尝试作出一条平滑的曲线, 观察在两种横坐标下图像的特点, 归纳 p 与 V 的关系。



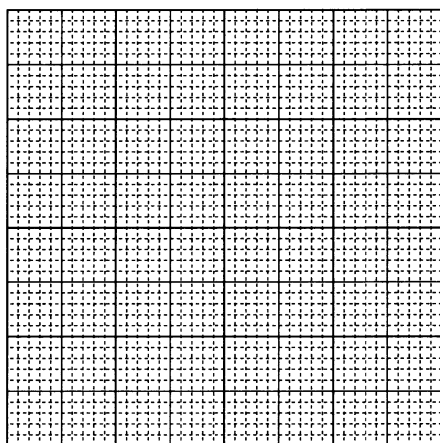
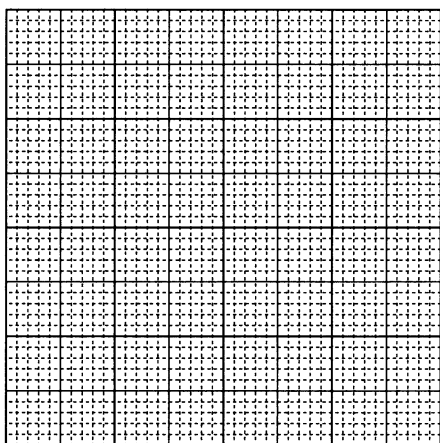
注意事项

1. 为了确保封闭气体的质量不变, 实验中使用的注射器活塞上需要涂抹润滑油。
2. 为了确保封闭气体的温度不变, 实验中需要缓慢移动活塞, 并且不能用手握住注射器上封闭有气体的部分。
3. 空气柱的体积不宜过小。



实验记录与数据处理

序号	均匀玻璃管内空气柱的长度 l/cm	气体的体积 $S \times l/\text{cm}^3$	体积的倒数 $\frac{1}{V}/\text{cm}^{-3}$	空气柱的压强 $p/10^5 \text{ Pa}$
1				
2				
3				
4				
5				



实验结论: _____。



问题与讨论

1. 在 $p - \frac{1}{V}$ 图像中, 图线的延长线是否过原点? 为什么?
2. 在实验过程中, 你认为哪些步骤 (或操作) 会给实验带来误差?



巩固练习

1. 某同学用如右图所示装置探究气体发生等温变化的规律。

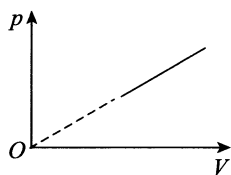
(1) 在本实验操作的过程中, 需要保持不变的量是气体的温度和_____。

(2) 在实验中, 下列哪些操作不是必需的_____。

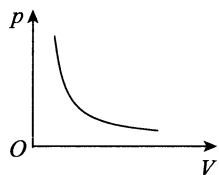
- A. 用橡胶塞密封注射器的下端
- B. 用游标卡尺测量活塞的直径
- C. 读取压力表上显示的气压值
- D. 读取刻度尺上显示的空气柱长度

(3) 用铁架台固定实验装置, 而不是用手握住玻璃管 (或注射器), 并且在实验中要缓慢推动活塞, 这些要求的目的是_____。

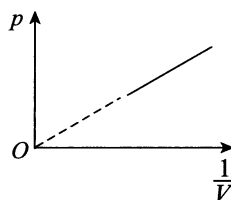
(4) 下列图像中, 最能直观反映气体做等温变化的规律的是_____。



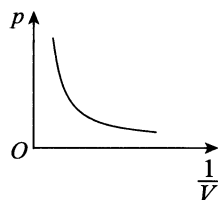
A



B

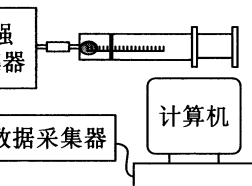
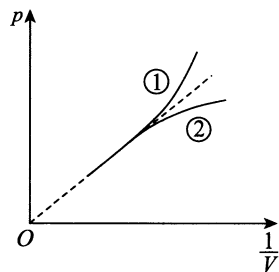


C



D

(5) 该同学做出 $p - \frac{1}{V}$ 图像, 发现当气体压强增大到一定值后, 实验数据描绘的图线偏离过原点的直线。若是因实验装置漏气导致的偏离, 则描绘的图线可能如图中的图线_____ (选填“①”或“②”) 所示。请通过分析说明你的判断。



2. 某同学利用玻意耳定律, 设计了测量小石块体积的实验方案, 并按如下步骤进行了实验:

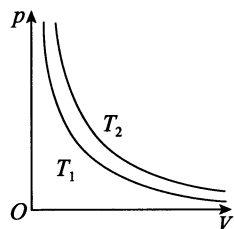
①如图所示, 将小石块装入注射器内, 再将压强传感器 (与注射器连接)、数据采集器以及计算机依次相连;

②缓慢推动活塞至某一位置, 记录活塞所在位置的容积刻度 V_1 , 从计算机上读取此时气体的压强 p_1 ;

- ③重复步骤②若干次，记录各次活塞所在位置的容积刻度 V_i ，并读取对应的气体压强 p_i ；
 ④处理记录的数据，求出小石块体积。

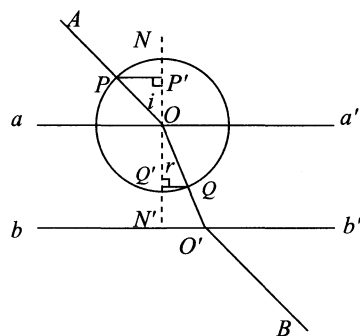
试回答下列问题：

- (1) 在实验过程中，除了确保注射器内封闭气体的质量不变，还应该让封闭气体的 _____ 保持不变。
- (2) 设小石块的体积为 V_0 ，任意两次测得的气体压强及体积分别为 p_1 、 V_1 和 p_2 、 V_2 ，则上述物理量之间的关系式为 _____ (列方程)。
- (3) 为了更直观地得到结论，实验数据通常采用作直线图线的方法来处理。横、纵坐标对应的物理量最佳的设置方法是：以 _____ 为横轴、以 _____ 为纵轴。
- (4) 指出实验中导致小石块体积测量误差的一个可能因素： _____。
3. 一定质量的气体，在不同温度下的等温线是不同的。图中的两条等温线中，哪条等温线表示的温度比较高？请你做出判断并说明理由，并画出气体在 T_1 和 T_2 时的 $p - \frac{1}{V}$ 图像。





方法3: 如图所示, 以 O 为圆心、以适当长度为半径作圆, 分别交入射光线 OA 、折射光线 OO' 于 P 、 Q 点。过 P 、 Q 点分别作法线 NN' 的垂线, 垂足分别为 P' 、 Q' 。用三角板测出 PP' 和 QQ' 的长度, 则玻璃的折射率 $n = \frac{PP'}{QQ'}$ 。测出不同入射角时的 PP' 和 QQ' 的长度, 记录在表中。计算出玻璃砖的折射率, 并求平均值。



注意事项

1. 玻璃砖要选用厚度、宽度较大的。
2. 大头针要竖直地插在白纸上, 且玻璃砖每一侧的两枚大头针 P_1 与 P_2 间、 P_3 与 P_4 间的距离要适当地大一些, 以减小确定光路方向时造成的误差。
3. 入射角不能太小或太大。入射角太小, 会使测量误差加大; 入射角太大, 出射光线较弱, 不易观察到 P_1 、 P_2 的像。
4. 实验过程中, 玻璃砖在纸面上的位置不可移动。
5. 严禁拿玻璃砖当尺子画界面。

实验记录与数据处理

选择一种数据处理的方法, 自己设计表格、处理数据。

问题与讨论

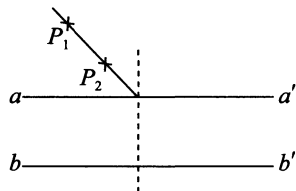
1. 为什么说 $O'B$ 能够代表沿 AO 入射的光线透过玻璃砖后的传播路径?
2. 如果没有量角器, 也没有圆规, 能否只用三角板测出玻璃砖的折射率?
3. 能否用上述实验方法测定三棱镜或半圆形玻璃砖的折射率? 如果可以, 请画出实验光路图, 并写出实验步骤。



巩固练习

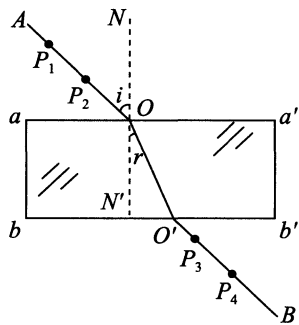
1. 在“测量玻璃的折射率”实验中，玻璃砖放在白纸上， aa' 和 bb' 分别是玻璃砖与空气的两个界面，如图所示。在玻璃砖的一侧插上两枚大头针 P_1 和 P_2 ，用“+”表示大头针的位置，然后在另一侧透过玻璃砖观察，并依次插上大头针 P_3 和 P_4 。在插 P_3 和 P_4 时，应使（ ）

- A. P_3 只挡住 P_1 的像
- B. P_4 只挡住 P_2 的像
- C. P_3 同时挡住 P_1 、 P_2 的像
- D. P_4 只挡住 P_3 的像



2. 在用两面平行的玻璃砖测量玻璃折射率的实验中，其实验光路如图所示，对实验中的一些具体问题，下列说法中正确的是（ ）

- A. 为了减小作图误差， P_3 和 P_4 的距离应适当取大些
- B. 为了减小测量误差， P_1 、 P_2 的连线与玻璃砖界面的夹角应取大些
- C. 若 P_1 、 P_2 的距离较大时，通过玻璃砖会看不到 P_1 、 P_2 的像
- D. 若 P_1 、 P_2 连线与法线 NN' 的夹角较大时，有可能在 bb' 面发生全反射，所以在 bb' 一侧就看不到 P_1 、 P_2 的像



3. 在做“测量玻璃的折射率”实验时，甲、乙、丙三位同学要分别测量形状不同的三个玻璃砖的折射率。甲同学测量一半圆形玻璃砖的折射率，方法如下：如图 1 所示，画有直角坐标系 xOy 的白纸位于水平桌面上，M 是放在白纸上的半圆形玻璃砖，其底面的圆心在坐标的原点，直边与 x 轴重合， OA 是画在纸上的直线， P_1 和 P_2 为竖直地插在直线 OA 上的两枚大头针， P_3 是竖直地插在纸上的第三枚大头针， α 是直线 OA 与 y 轴正方向的夹角， β 是直线 OP_3 与 y 轴负方向的夹角，只要直线 OA 画得合适，且 P_3 的位置取得正确，测得角 α 和 β ，便可求得玻璃的折射率。

(1) 甲同学用上述方法测量玻璃的折射率时，在他画出的直线 OA 上竖直地插上了 P_1 、 P_2 两枚大头针，但在 $y < 0$ 的区域内，不管从何处观察，都无法透过玻璃砖看到 P_1 、 P_2 的像，他应该采取的措施是_____。

(2) 若甲同学已透过玻璃砖看到了 P_1 、 P_2 的像，则确定 P_3 位置的方法是_____。

(3) 若甲同学已正确地测得了 α 、 β 的值，则玻璃的折射率

$$n = \underline{\hspace{2cm}}$$

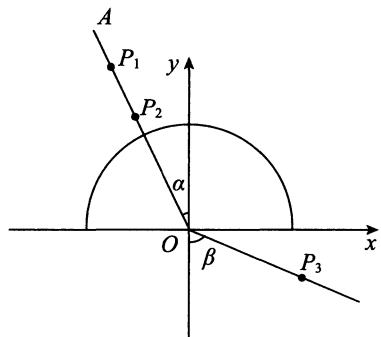


图 1

(4) 乙同学测量的是矩形玻璃砖的折射率，丙同学测量的是梯形玻璃砖的折射率。他们在纸上画出的界面 aa' 、 bb' 与玻璃砖位置的关系分别如图 2、3 所示。他们的其他操作均正确，且均以 aa' 、 bb' 为界面画光路图。则理论上乙同学测得的折射率与真实值相比_____（选填“偏大”“偏小”或“无偏差”），丙同学测得的折射率与真实值相比_____（选填“偏大”“偏小”或“无偏差”）。

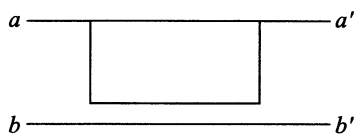


图 2

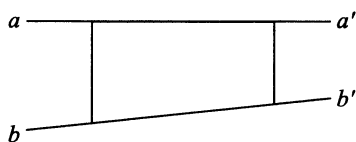
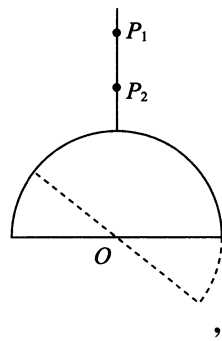


图 3

4. 某同学用大头针、三角板、量角器等器材测量半圆形玻璃砖的折射率。开始时玻璃砖的位置如图中实线所示，使大头针 P_1 、 P_2 与圆心 O 在同一条直线上，该直线垂直于玻璃砖的直径边，然后使玻璃砖绕圆心 O 缓慢转动，同时在玻璃砖直径边一侧观察 P_1 、 P_2 的像，且保持 P_2 的像挡住 P_1 的像。如此观察，当玻璃砖转到图中虚线位置时， P_1 、 P_2 的像恰好消失。此时只需测量出_____，



即可计算出玻璃砖的折射率。请用你的测量量表示出折射率_____。

实验二十一 用双缝干涉实验测量光的波长

实验目的

1. 观察白光和单色光的干涉图样。
2. 测量单色光的波长。

实验原理

1. 如图 1 所示, 光源发出的光经过滤光片成为单色光。单色光通过单缝 S 时发生衍射, 这时单缝 S 相当于一个线光源。衍射光波同时到达双缝 S_1 、 S_2 后, S_1 、 S_2 相当于两个频率、相位和振动方向都相同的单色相干光源。透过双缝 S_1 、 S_2 的单色光在屏上相遇并叠加, 形成平行于双缝的明暗相间的干涉条纹。

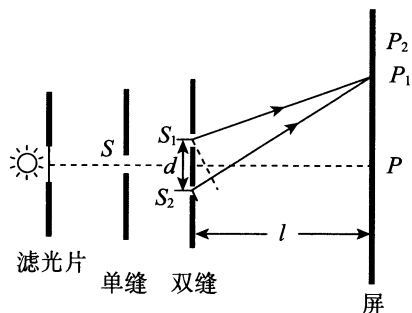


图 1

2. 相邻两亮条纹 (或相邻两暗条纹) 的中心间距 Δx 与光波波长 λ 、双缝间的距离 d 以及双缝到屏的距离 l 有关, 其关系为 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ 。因此, 只要测出 Δx 、 d 、 l 即可测出波长 λ 。双缝间的距离 d 是已知的, 双缝到屏的距离 l 可用刻度尺来测量, 相邻两亮 (暗) 条纹的中心间距 Δx 用测量头测出。

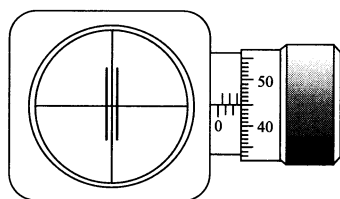


图 2

3. 如图 2 所示, 测量头由分划板、目镜、手轮等构成。转动手轮, 分划板会左、右移动。测量时, 应使分划板中心刻线与一条亮 (暗) 条纹的中心对齐 (如图 3 所示), 记下此时手轮上的读数 a_1 。转动手轮, 使分划板向一侧移动, 当分划板中心刻线与另一条亮 (暗) 条纹中心对齐时, 记下此时手轮上的读数 a_2 。两次读数之差就是这两条条纹间的距离。由于相邻两亮 (暗) 条纹的中心间距 Δx 很小, 直接测量相对误差较大。通常测出第 1 条和第 n 条亮 (暗) 条纹的中心间距 a , 再推算相邻两条亮 (暗) 条纹的中心间距, 即 $\Delta x = \frac{a}{n-1}$ 。

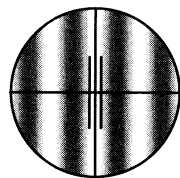


图 3

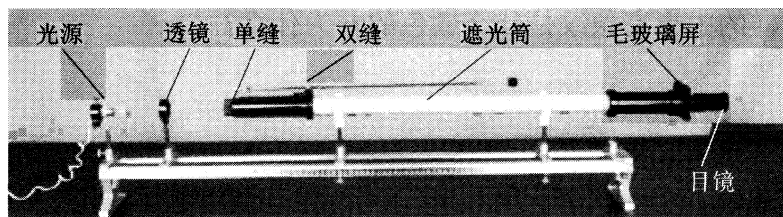
实验器材

双缝干涉仪 (光具座、学生电源、导线、光源、透镜、滤光片、单缝、双缝、遮光筒、毛玻璃屏及测量头), 刻度尺。

实验步骤

1. 观察双缝干涉图样

(1) 将光源、透镜、单缝、双缝、遮光筒、毛玻璃屏依次安放在光具座上, 如图所示。



- (2) 接好光源，闭合开关，使灯丝正常发光。
- (3) 调节各器件的高度及透镜的位置，使灯丝发出的光能沿着遮光筒的轴线到达光屏。
- (4) 观察白光的干涉条纹。
- (5) 在单缝前放上滤光片，观察单色光的干涉条纹。

2. 测量单色光的波长

- (1) 用刻度尺测量双缝到光屏间的距离 l ，从双缝上读出双缝间距 d 。
- (2) 将毛玻璃屏换成测量头，调节至可清晰观察到干涉条纹。

(3) 转动手轮，使分划板中心刻线与某条亮（暗）条纹中心对齐，计为第 1 条亮（暗）条纹中心，并记下此时手轮上的读数 a_1 。继续转动手轮，使分划板中心刻线与第 n 条亮（暗）条纹中心对齐，记下此时的条纹数 n 和手轮上的读数 a_2 ， a_2 与 a_1 的差值即为第 1 条与第 n 条亮（暗）条纹中心的间距。

(4) 重复步骤 (3) 的测量，做好记录，计算并求出波长的平均值。

(5) 换用不同的滤光片重复实验，并将数据记录在表格中，计算出不同单色光的波长的平均值。



注意事项

1. 安装时，注意调节光源、透镜、滤光片、单缝、双缝的中心位置，使之均在遮光筒的轴线上，并使单缝、双缝平行且竖直。
2. 光源灯丝最好为线状灯丝，并与单缝平行且靠近。



实验记录与数据处理

自行设计表格，并处理数据。



问题与讨论

1. 白光干涉条纹为什么是彩色的？



2. 白光干涉图样的中央亮条纹是什么颜色的? 为什么?



巩固练习

1. 在做“用双缝干涉测量光的波长”实验时, 将双缝干涉实验仪按要求安装在光具座上(如图1所示), 并选用缝间距 $d=0.20\text{ mm}$ 的双缝屏。从仪器注明的规格可知, 毛玻璃屏与双缝屏间的距离 $l=700\text{ mm}$ 。然后, 接通电源使光源正常工作。

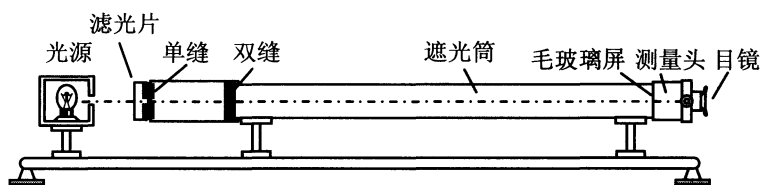


图1

(1) 已知测量头主尺的最小刻度是毫米, 副尺上有50分度。某同学调整手轮后, 从测量头的目镜看去, 第一次映入眼帘的干涉条纹如图2a所示, 图2a中的数字是该同学给各亮条纹的编号, 此时图2b中游标尺上的读数 $x_1=1.16\text{ mm}$; 接着再转动手轮, 映入眼帘的干涉条纹如图3a所示, 此时图3b中游标尺上的读数 $x_2 =$ _____ mm。

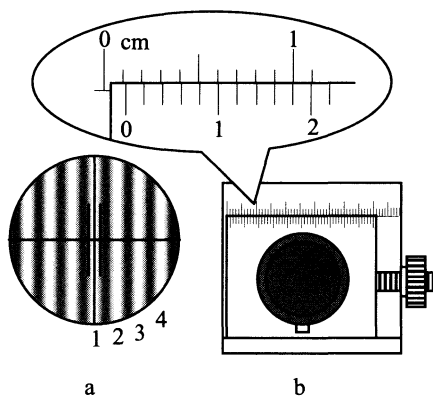


图2

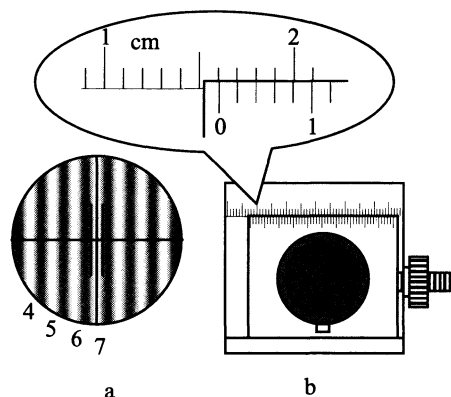


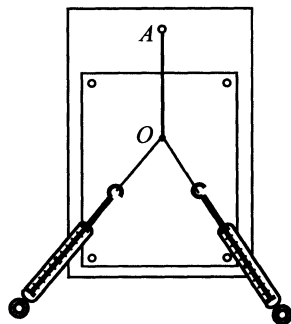
图3

- (2) 利用上述测量结果, 经计算可得两个相邻亮条纹(或暗条纹)的中心间距 $\Delta x =$ _____ mm; 这种色光的波长 $\lambda =$ _____ nm。
- (3) 关于本实验, 下列说法中正确的是_____。
- A. 减小双缝间的距离, 干涉条纹间的距离会减小
 - B. 增大双缝到毛玻璃屏的距离, 干涉条纹间的距离会增大
 - C. 将滤光片由红色换为绿色, 干涉条纹间的距离会减小
 - D. 去掉滤光片后, 干涉现象消失

实验综合练习

1. 在做“探究两个互成角度力的合成规律”实验的过程中，某同学采取了以下实验步骤：

- A. 用铅笔和直尺在白纸上从 O 点沿着两细绳方向画直线，按一定标度作出两个力 F_1 和 F_2 的图示，根据平行四边形定则作图求出合力 F ；
- B. 只用一个弹簧测力计，通过细绳把橡皮条与细绳的连接点拉到同样的位置 O ；
- C. 用铅笔记下 O 点的位置和两条细绳的方向，读出两个弹簧测力计的示数；



- D. 在水平放置的木板上，垫一张白纸并用图钉固定，把橡皮条的一端固定在板上 A 点，用两条细绳连接在橡皮条的另一端，通过细绳同时用两个弹簧测力计互成角度地拉橡皮条，使橡皮条与细绳的连接点到达某一位置 O ；
- E. 记下弹簧测力计的读数和细绳方向，按同一标度作出这个力的图示 F' ，比较这个实测合力和按平行四边形定则求出的合力 F ，看它们的大小和方向是否相等；
- F. 改变两弹簧测力计拉力的大小和方向，多次重复实验，根据实验得出结论。

(1) 将以上实验步骤按正确顺序排列，应为_____。(填字母)

(2) 在物理学中，和力一样在运算时须遵循平行四边形定则的物理量还有_____ (至少写出三个，要求写名称)。

2. 某同学用如图 1 所示的装置做“探究弹簧弹力与形变量的关系”实验，他在弹簧下端挂上钩码，并逐个增加钩码，同时用毫米刻度尺分别测出加挂不同钩码时弹簧的长度 l 。他测出了几组弹簧的弹力 F (F 的大小等于所挂钩码受到的重力) 与对应的弹簧长度 l 的数据，并逐点标注在了如图 2 所示的坐标纸上。由此可以得到该弹

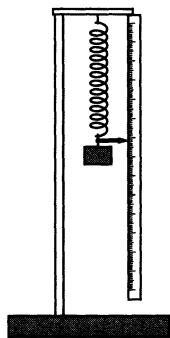


图 1

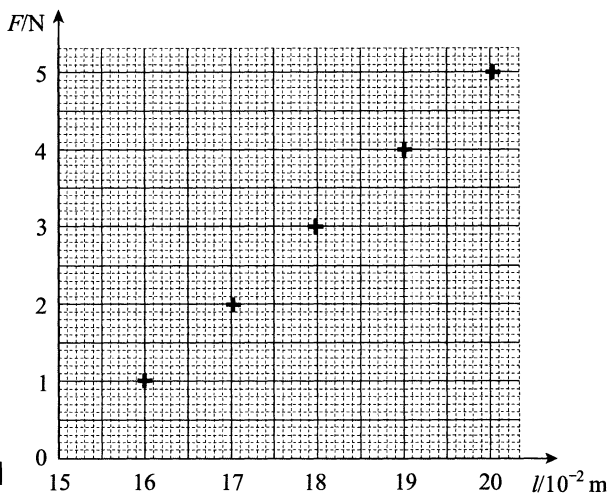


图 2

簧的原长 $L_0 =$ _____ cm；该弹簧的劲度系数 $k =$ _____ N/m。



3. 用如图 1 所示装置做“探究物体的加速度跟物体受力的关系”的实验。实验时保持小车的质量不变,用槽码所受的重力作为小车受到的合力,用打点计时器和小车后端拖动的纸带测出小车运动的加速度。

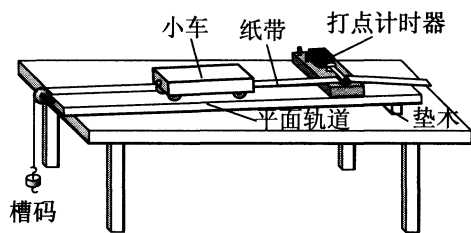


图 1

- (1) 若用槽码所受重力作为小车受到的合力,为减小误差,需满足的条件是_____。
- (2) 实验时先不挂槽码,反复调整垫木的左右位置,直到小车做匀速直线运动,这样做的目的是:_____。
- (3) 图 2 所示为实验中打出的一条纸带的一部分。从比较清晰的点迹起,在纸带上标出了连续的 5 个计数点 A、B、C、D、E,每两个相邻计数点之间都有 4 个点迹没有标出,测出各计数点到 A 点之间的距离。已知打点计时器接在频率为 50 Hz 的交流电源两端,则此次实验中小车运动的加速度的测量值 $a = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s^2 。(结果保留两位有效数字)

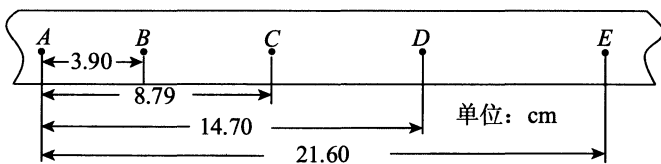


图 2

- (4) 实验时改变所挂槽码的质量,分别测量小车在不同外力作用下的加速度。根据测得的多组数据画出 $a-F$ 图像,如图 3 所示。此图像的 AB 段明显偏离直线,造成此现象的主要原因可能是_____。

- A. 小车与平面轨道之间存在摩擦
B. 平面轨道倾斜角度过大
C. 所挂槽码的总质量过大
D. 所用小车的质量过大

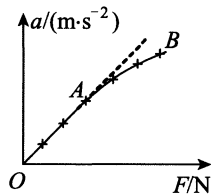


图 3

4. 某物理学习小组用图 1 所示的装置做“验证机械能守恒定律”实验。

- (1) 实验所需的器材除打点计时器(带导线)、纸带、复写纸、铁架台、纸带夹和重物外,还需要_____。

- A. 直流电源 B. 交流电源 C. 游标卡尺
D. 刻度尺 E. 天平 F. 停表

- (2) 他们先接通打点计时器的电源,再释放重物,打出的某条纸带如图 2 所示, O 是纸带静止时打出的点, A 、 B 、 C 是标出的三个计数点,测出它们到 O 点的距离分别为 $x_1 = 12.16 \text{ cm}$ 、 $x_2 = 19.1 \text{ cm}$ 和 $x_3 = 27.36 \text{ cm}$,其中有一个数据测量有误,测量错误的是_____ (选填“ x_1 ”“ x_2 ”或“ x_3 ”)。

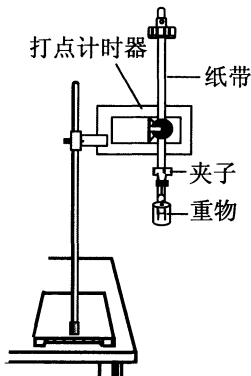


图 1

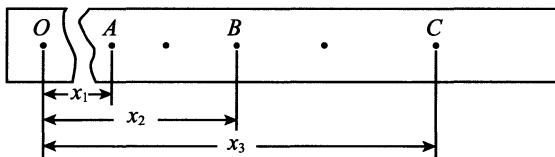
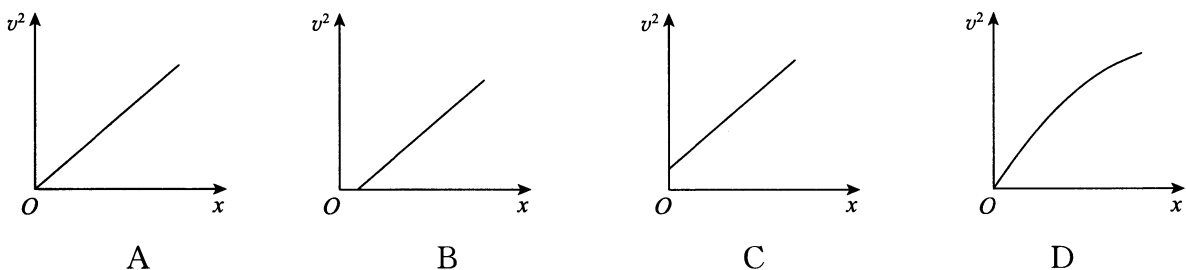


图 2



- (3) 已知电源频率是 50 Hz, 利用 (2) 中给出的数据求出打 B 点时重物的速度 $v_B =$ _____ m/s。
- (4) 重物在计数点 O、B 间对应的运动过程中, 减小的重力势能为 mgx_2 , 增加的动能为 $\frac{1}{2}mv_B^2$, 通过计算发现, $mgx_2 > \frac{1}{2}mv_B^2$, 其原因是: _____。
- (5) 他们在纸带上选取更多的计数点后, 测量它们到起始点 O 之间的距离 x , 并计算出打相应计数点时重物的速度 v , 通过描绘 $v^2 - x$ 图像研究机械能是否守恒。若实验中重物所受阻力不可忽略, 且阻力大小保持不变, 从理论上分析, 合理的 $v^2 - x$ 图像是下图中的 _____。



5. 某同学在做“用单摆测量重力加速度的大小”实验的过程中进行了如下的实践和探究。
- (1) 用游标卡尺测量摆球直径的结果如图 1 所示, 则摆球直径为 _____ cm。把摆球用细线悬挂在铁架台上, 测量摆长 L 。
- (2) 用停表测量单摆的周期。当单摆摆动稳定且到达最低点时开始计时并记为 0, 单摆每经过最低点记数一次, 当数到 $n=60$ 时停表的示数如图 2 所示, 则该单摆的周期 $T =$ _____ s。(结果保留三位有效数字)
- (3) 测量出多组周期 T 、摆长 L 数值后, 画出的 $T^2 - L$ 图像如图 3 所示, 则此图线斜率的物理意义是 _____。

- A. g B. $\frac{1}{g}$ C. $\frac{4\pi^2}{g}$ D. $\frac{g}{4\pi^2}$

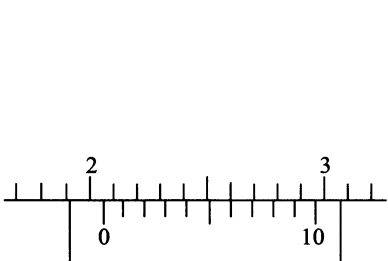


图 1

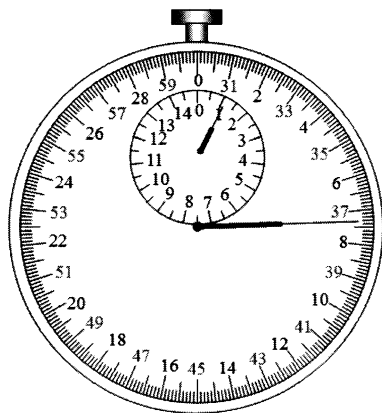


图 2

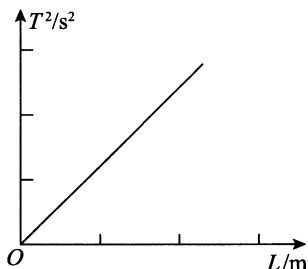


图 3



(4) 若将应用公式计算的结果与实际的重力加速度值比较,发现测量结果偏大,原因可能有_____。

- A. 振幅偏小
B. 在未悬挂单摆之前就先测定了摆长
C. 将摆线长当成了摆长
D. 将摆线长和球的直径之和当成了摆长

6. 某同学在做“探究平抛运动的特点”实验。

(1) 先采用如图 1 所示装置,用小锤打击弹性金属片,球 A 沿水平方向弹出,同时球 B 被松开,自由下落,观察到两球同时落地。改变小锤打击的力度,即改变球 A 被弹出时的速度,重复实验,两球仍然同时落地,这说明:_____。

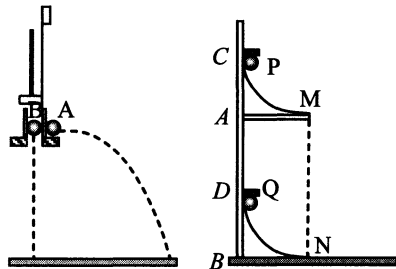


图 1

图 2

(2) 他又用如图 2 所示装置做实验,两个相同的弧形轨道 M、N,分别用于发射小铁球 P、Q,其中 M 的末端是水平的, N 的末端与光滑的水平板相切;两轨道上端分别装有电磁铁 C、D,调节电磁铁 C、D 的高度,使 $AC=BD$,从而保证小球 P、Q 在轨道出口处的水平初速度 v_0 相等。现将小铁球 P、Q 分别吸在电磁铁 C、D 上,然后切断电源,使两小铁球能以相同的初速度 v_0 同时分别从轨道 M、N 的下端射出。实验可观察到的现象是:_____,高度不变 (A、C 距离保持不变),改变弧形轨道 M 的高度,重复上述实验,能观察到相同的现象,这说明:_____。

7. 用半径相同的小球 1 和小球 2 的碰撞验证动量守恒定律,实验装置如图 1 所示,斜槽与水平槽平滑连接。安装好实验装置,在地上铺一张白纸,白纸上铺放复写纸,记下重锤线所指的位置 O。接下来的实验步骤如下。

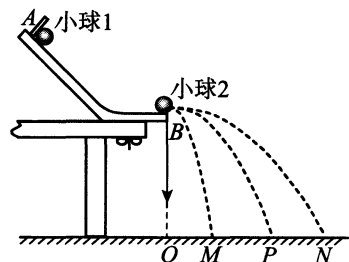


图 1

步骤 1: 不放小球 2,让小球 1 从斜槽上 A 点由静止滚下,并落在地面上。重复多次,用尽可能小的圆,把小球的所有落点圈在里面,认为其圆心就是小球落点的平均位置 P。

步骤 2: 把小球 2 放在斜槽前端边缘处的 B 点,让小球 1 从 A 点由静止滚下,使它们碰撞。重复多次,并使用与步骤 1 同样的方法分别标出碰撞后两小球落点的平均位置 M、N。

步骤 3: 用刻度尺分别测量三个落地点的平均位置 M、P、N 离 O 点的距离,即线段 OM、OP、ON 的长度。

步骤 3: 用刻度尺分别测量三个落地点的平均位置 M、P、N 离 O 点的距离,即线段 OM、OP、ON 的长度。

(1) 若小球 1 质量为 m_1 , 小球 2 质量为 m_2 , 则 m_1 _____ (选填“>”“<”或“=”) m_2 。

(2) 以下提供的器材中,本实验需要的有_____。

- A. 刻度尺 B. 游标卡尺 C. 天平 D. 停表

(3) 设球 1 的质量为 m_1 ，球 2 的质量为 m_2 ， OM 、 OP 、 ON 的长度分别为 l_1 、 l_2 、 l_3 ，则本实验验证动量守恒定律的表达式为 _____，即满足此式则说明两球的碰撞遵守动量守恒定律。

(4) 完成实验后，实验小组对上述装置进行了如图 2 所示的改变，并进行了如下操作：①在木板表面先后钉上白纸和复写纸，并将木板竖立靠近槽口处，使小球 1 从斜槽轨道上某固定点 A 由静止释放，撞到木板并在白纸上留下痕迹 O；②将木板向右平移适当的距离固定，再使小球 1 从原固定点 A 由静止释放，撞到木板上得到痕迹 P；③把半径相同的小球 2 静止放在斜槽轨道水平段的最右端 B，让小球 1 仍从 A 点由静止开始滚下，与小球 2 相碰后，两球撞在木板上得到痕迹 M 和 N；④用刻度尺测量纸上 O 点到 M、P、N 三点的距离并分别记为 y_1 、 y_2 、 y_3 。请你写出用直接测量的物理量来验证两球碰撞过程中动量守恒的表达式：_____。(小球 1、2 的质量分别为 m_1 、 m_2)

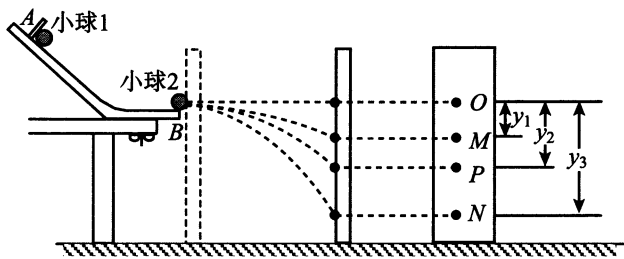
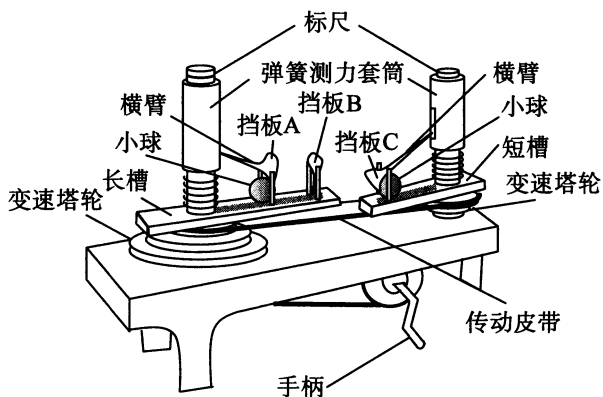


图 2

8. 我们可以用如图所示的实验装置来探究影响向心力大小的因素。长槽横臂的外侧挡板 B 到转轴的距离是内侧挡板 A 到转轴的距离的 2 倍，长槽横臂的内侧挡板 A 到转轴的距离和短槽横臂上的挡板 C 到转轴的距离相等。转动手柄使长槽和短槽分别随变速塔轮匀速转动，槽内的球做匀速圆周运动。横臂的挡板对球的压力提供了向心力，球对挡板的反作用力通过横臂的杠杆作用使弹簧测力筒下降，从而露出标尺，标尺上的红白相间的等分格显示出两个球所受向心力的比值。关于这个实验，下列说法中正确的是 ()



- A. 探究向心力和质量的关系时，应将传动皮带套在半径相同的塔轮上，将质量相同的小球分别放在挡板 A 和挡板 C 处
- B. 探究向心力和角速度的关系时，应将传动皮带套在半径不同的塔轮上，将质量相同的小球分别放在挡板 A 和挡板 C 处
- C. 探究向心力和角速度的关系时，应将传动皮带套在半径相同的塔轮上，将质量相同的小球分别放在挡板 B 和挡板 C 处
- D. 探究向心力和半径的关系时，应将传动皮带套在半径相同的塔轮上，将质量相同的小球分别放在挡板 B 和挡板 C 处



9. 有三种规格的滑动变阻器，它们的最大阻值分别是 $R_1 = 20 \Omega$ ， $R_2 = 200 \Omega$ ， $R_3 = 1750 \Omega$ 。将它们分别接入如图 1 所示的电路。保持 M 、 N 间电压恒定，从左向右移动滑片 P ，测量小灯泡两端的电压 U 与滑片的滑动距离 L （滑片从左向右滑动的最大距离为 L_0 ），图 2 中“ \times ”为根据实验数据描出的点，请你结合图 2，判断若要描绘小灯泡的伏安特性曲线，应该选择哪一种规格的滑动变阻器最合适，并简要说明理由：

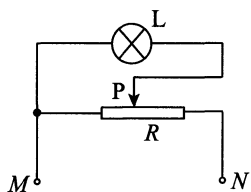


图 1

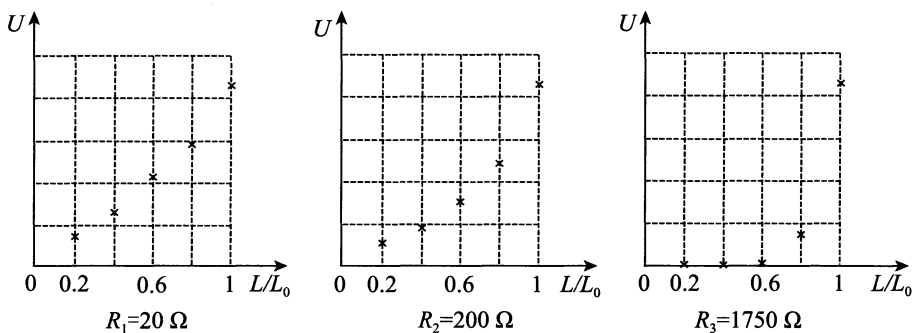


图 2

10. 某同学通过实验测定一个阻值约为 5Ω 的电阻 R_x 的阻值。

(1) 现有电源（4 V，内阻可不计）、滑动变阻器（ $0 \sim 50 \Omega$ ，额定电流 2 A）、开关和导线若干，以及下列电表：

- A. 电流表（ $0 \sim 3 \text{ A}$ ，内阻约 0.025Ω ）；
 B. 电流表（ $0 \sim 0.6 \text{ A}$ ，内阻约 0.125Ω ）；
 C. 电压表（ $0 \sim 3 \text{ V}$ ，内阻约 $3 \text{ k}\Omega$ ）；
 D. 电压表（ $0 \sim 15 \text{ V}$ ，内阻约 $15 \text{ k}\Omega$ ）。

为减小测量误差，在实验中，电流表应选用_____，电压表应选用_____（均选填器材前的字母）。实验电路应采用图_____（选填“1”或“2”）所示电路。

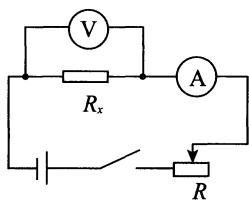


图 1

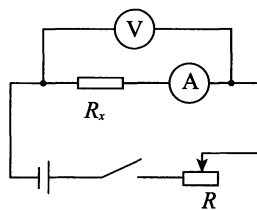


图 2

- (2) 图 3 是实验器材实物图，图中已连接了部分导线。请根据在（1）问中所选的电电路图，补充完成图 3 中实物间的连线。

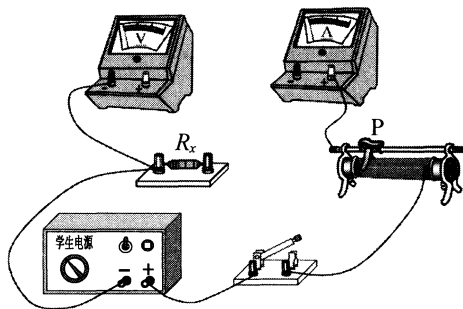


图 3

(3) 接通开关, 改变滑动变阻器滑片 P 的位置, 并记录对应的电流表示数 I 、电压表示数 U 。某次测量时电表示数如图 4 所示, 可得该电阻的测量值 $R_x = \frac{U}{I} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ 。

(计算结果保留两位有效数字)

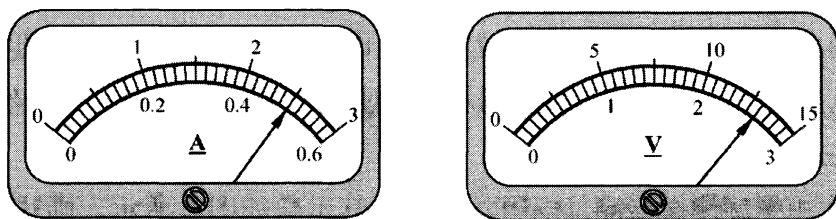
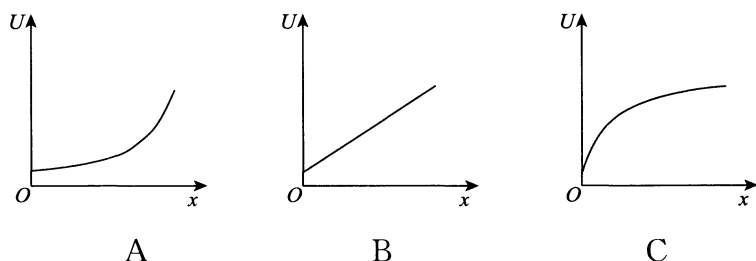


图 4

(4) 若在 (1) 问中选用图 1 所示的电路, 产生误差的主要原因是 ; 若在 (1) 问中选用图 2 所示的电路, 产生误差的主要原因是 。(均选填选项前的字母)

- A. 电流表测量值小于流经 R_x 的电流值
- B. 电流表测量值大于流经 R_x 的电流值
- C. 电压表测量值小于 R_x 两端的电压值
- D. 电压表测量值大于 R_x 两端的电压值

(5) 在不损坏电表的前提下, 将滑动变阻器滑片 P 从一端滑向另一端, 随滑片 P 移动距离 x 的增加, 被测电阻 R_x 两端的电压 U 也随之增加, 下列反映 $U-x$ 关系的图像中正确的是 。



11. 小明利用实验室提供的器材测量某种电阻丝的电阻率, 所用电阻丝的电阻约为 20Ω 。他首先把电阻丝拉直后将其两端固定在刻度尺两端的接线柱 a、b 上, 在电阻丝上夹上一个与接线柱 c 相连的小金属夹, 沿电阻丝移动金属夹, 可改变其与电阻丝接触点 P 的位置, 从而改变接入电路中电阻丝的长度。可供选择的器材还有:

- 电池组 E (电动势为 3.0 V , 内阻约 1Ω);
- 电流表 A_1 (量程 $0 \sim 100 \text{ mA}$, 内阻约 5Ω);
- 电流表 A_2 (量程 $0 \sim 0.6 \text{ A}$, 内阻约 0.2Ω);
- 电阻箱 R ($0 \sim 999.9 \Omega$);
- 开关、导线若干。

小明的实验操作步骤如下:

- A. 用螺旋测微器在电阻丝上三个不同的位置分别测量电阻丝的直径;

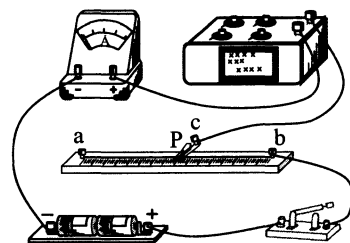


图 1



- B. 根据所提供的实验器材, 设计并连接好如图 1 所示的实验电路;
 C. 调节电阻箱使其接入电路中的电阻值较大, 闭合开关;
 D. 将金属夹夹在电阻丝上某位置, 调整电阻箱接入电路中的电阻值, 使电流表满偏, 记录电阻箱的电阻值 R 和接入电路的电阻丝长度 L ;
 E. 改变金属夹与电阻丝接触点的位置, 调整电阻箱接入电路中的阻值, 使电流表再次满偏。重复多次, 记录每一次电阻箱的电阻值 R 和接入电路的电阻丝长度 L ;
 F. 断开开关。

- (1) 小明某次用螺旋测微器测量电阻丝直径时其示数如图 2 所示, 则这次测量中该电阻丝直径的测量值 $d =$ _____ mm。
 (2) 实验中应选择电流表 _____ (选填 “ A_1 ” 或 “ A_2 ”)。

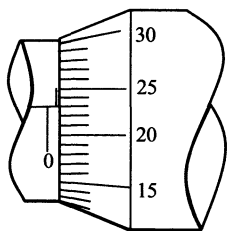


图 2

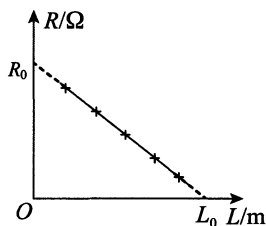


图 3

- (3) 小明用记录的多组电阻箱的电阻值 R 和对应的接入电路中的电阻丝长度 L 的数据, 绘出了如图 3 所示的 $R-L$ 图像, 图像在 R 轴上的截距为 R_0 , 在 L 轴上的截距为 L_0 , 再结合测出的电阻丝直径 d , 可求出这种电阻丝的电阻率 $\rho =$ _____。(用给出的物理量符号和已知常数表示)
 (4) 若在本实验中的操作、读数及计算均正确无误, 那么电流表内阻的存在, 对电阻率的测量结果是否会产生影响? 请分析说明原因。

12. 用如图 1 所示的电路, 测定一节旧干电池的电动势和内阻。除电池、开关和导线外, 可供使用的实验器材如下:

双量程电流表 A (量程 $0 \sim 0.6$ A, $0 \sim 3$ A);

双量程电压表 V (量程 $0 \sim 3$ V, $0 \sim 15$ V);

滑动变阻器 R_1 (阻值范围 $0 \sim 10 \Omega$, 额定电流 2 A);

滑动变阻器 R_2 (阻值范围 $0 \sim 100 \Omega$, 额定电流 1 A)。

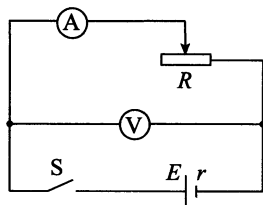


图 1

- (1) 为了调节方便, 测量精度更高, 实验中应选用电流表的量程为 _____ A, 电压表的量程为 _____ V, 应选用滑动变阻器 _____ (选填 “ R_1 ” 或 “ R_2 ”)。

(2) 根据图 1 将图 2 中的实物正确连接, 注意闭合开关时滑动变阻器的滑片 P 应处于正确的位置并选择正确的电表量程进行连线。

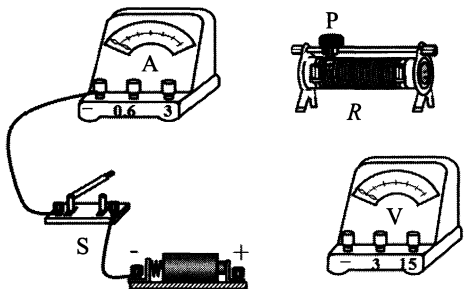


图 2

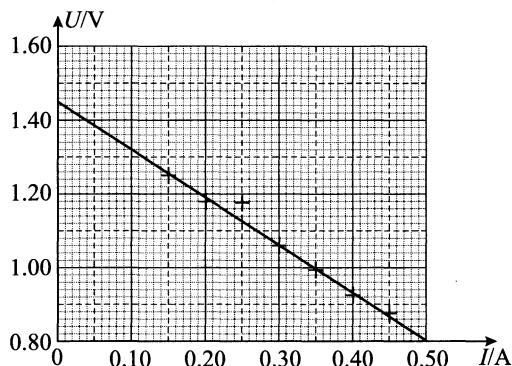


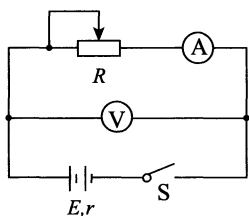
图 3

(3) 通过多次测量并记录对应的电流表示数 I 和电压表示数 U , 利用这些数据在图 3 中画出了 $U-I$ 图像。由图像可以得出此干电池的电动势 $E = \underline{\hspace{2cm}}$ V (保留三位有效数字), 内阻 $r = \underline{\hspace{2cm}}$ Ω (保留两位有效数字)。

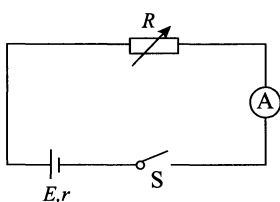
(4) 引起该实验的系统误差的主要原因是_____。

- A. 电压表的分流作用造成电流表读数总是比电源实际输出的电流小
- B. 电压表的分流作用造成电流表读数总是比电源实际输出的电流大
- C. 电流表的分压作用造成电压表读数总是比路端电压小
- D. 电流表的分压作用造成电压表读数总是比路端电压大

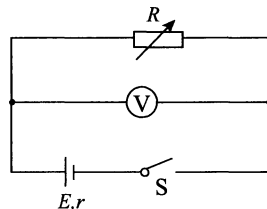
13. 如图所示, 某同学用甲、乙、丙三种方案测量一节干电池的电动势和内阻。



甲



乙



丙

在甲方案中, 他改变 R 的阻值, 从电压表和电流表中读出若干组 I 、 U 值。在坐标纸上以 I 为横坐标, U 为纵坐标, 利用几组 I 、 U 值作出 $U-I$ 图像; 在乙方案中, 他用电阻箱阻值和电流表测量值的乘积 IR , 替代丙方案中的 U , 作出 $U-I$ 图像; 在丙方案中, 他用电压表测量值和电阻箱阻值的比值 U/R , 替代丙方案中的 I , 作出 $U-I$ 图像。

在三种方案中, 均可利用所得直线跟纵轴交点得出_____的测量值, 利用图像的斜率的绝对值得到_____的测量值。其中, 电动势测量值小于真实值的是方案_____, 电源内阻测量值小于真实值的是方案_____。

14. 某研究性学习小组利用图 1 所示的电路测量某蓄电池的电动势 E 和内阻 r 。由于蓄电池的内阻很小，因此在电路中接入一个定值电阻 $R_0 = 2.0 \Omega$ 。闭合开关 S ，调整电阻箱 R 的阻值，读出电压表相应的示数 U ，得到的数据如下表所示。

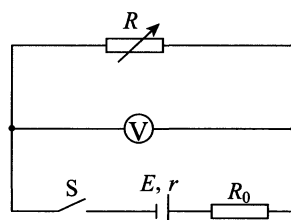


图 1

实验序号	1	2	3	4	5	6
R/Ω	40.0	20.0	12.0	8.0	6.0	5.0
U/V	1.89	1.78	1.66	1.57	1.43	1.35

- (1) 如何用图像法处理上述实验数据以获得电池的电动势 E 和内阻 r ？请分析说明。

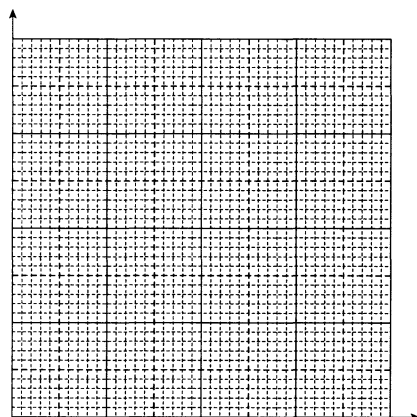


图 2

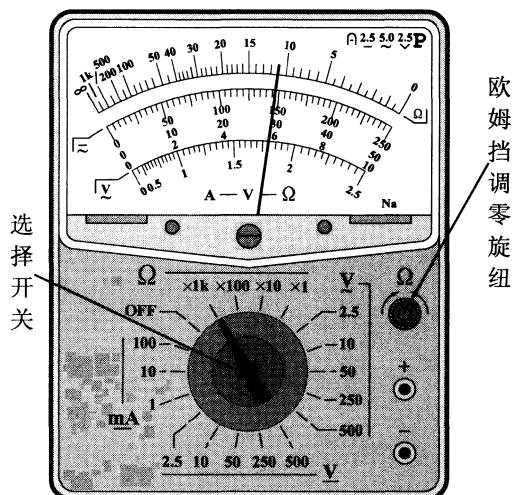
- (2) 按你设计的数据处理方案在图 2 所给的坐标纸中作图，利用图像得到电动势 $E = \underline{\hspace{2cm}}$ V，内阻 $r = \underline{\hspace{2cm}}$ Ω 。

15. (1) 用多用表的欧姆挡测量阻值约为十几千欧的电阻 R_x ，以下给出的是可能的操作步骤：
- 将两表笔短接，调节欧姆挡调零旋钮使指针对准刻度盘上欧姆挡的零刻度线，断开两表笔；
 - 将两表笔分别连接到被测电阻的两端，读出 R_x 的阻值后，断开两表笔；
 - 旋转选择开关，对准欧姆挡“ $\times 1k$ ”的位置；
 - 旋转选择开关，对准欧姆挡“ $\times 100$ ”的位置；
 - 旋转选择开关，对准交流“OFF”挡，并拔出两表笔。

①请把你认为正确的步骤前的字母按合理的顺序填写在横线上_____。

②根据如图所示指针位置，此被测电阻的阻值约为_____。

- (2) 一同学用该多用电表判断一个大容量的电容器是否漏电。他将旋转开关置于“ $\times 1k$ ”位置，将两支表笔分别接触电容器的两脚，发现指针有较大的偏转然后又缓慢回到了电阻无穷大位置，据此判断该电容器_____（选填“漏电”或“不漏电”）。



16. 某班同学在做“用多用电表测量电学中的物理量”实验。

- (1) 某同学用多用电表的欧姆挡测量电阻 R_x 的阻值，当选择开关置于欧姆挡“ $\times 100$ ”的位置时，多用电表指针位置如图 1 所示，此被测电阻的阻值约为 _____ Ω 。

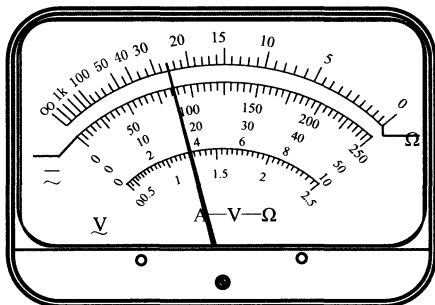


图 1

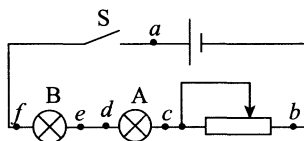


图 2

- (2) 某同学按如图 2 所示的电路图连接元件后，闭合开关 S，发现 A、B 灯都不亮。该同学用多用电表的欧姆挡检查电路的故障。检查前，应将开关 S _____（选填“闭合”或“断开”）。
- (3) 若 (2) 中同学检查结果如表所示，由此可以确定 _____。

测试点	$b、f$	$b、e$	$b、d$	$d、e$
多用表表盘指示				

- A. 灯 A 断路 B. 灯 B 断路 C. 灯 A、B 都断路 D. $d、e$ 间导线断路

17. 某同学用传感器做“观察电容器的充、放电”实验，采用的实验电路如图 1 所示。

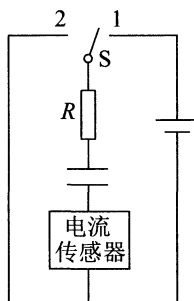


图 1

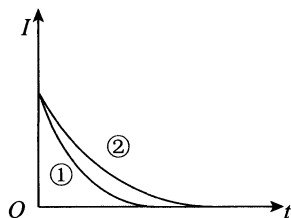
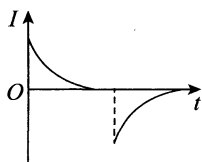


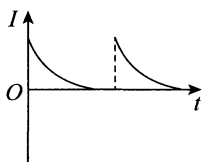
图 2

- (1) 先将开关与“1”端闭合，使电容器进行 _____（选填“充电”或“放电”），稍后再将开关与“2”端闭合。

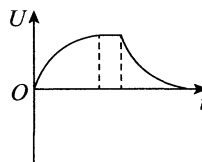
在下列四个图像中，能表示以上过程中，通过传感器的电流随时间变化的图像为 _____，电容器两极板间的电压随时间变化的图像为 _____。（均选填选项对应的字母）



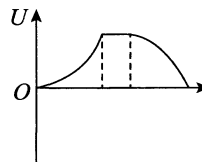
A



B



C



D



- (2) 该同学用同一电路分别给两个不同的电容器充电，两电容器的电容相比 $C_1 < C_2$ ，充电时通过传感器的电流随时间变化的图像如图 2 中的图线①、②所示，其中对应电容为 C_1 的电容器充电过程图像的是图线_____（选填“①”或“②”）。请说明你的判断依据。

18. (1) 为完成探究变压器线圈两端的电压与线圈匝数的关系的实验，需要选用的器材有_____。

- A. 有闭合铁芯的原、副线圈
B. 无铁芯的原、副线圈
C. 交流电源
D. 直流电源
E. 多用电表（交流电压挡）
F. 多用电表（直流电压挡）

- (2) 用匝数 $n_1 = 100$ 和 $n_2 = 200$ 的变压器进行实验，测量数据如下表所示。

U_1/V	1.80	2.80	3.80	4.90
U_2/V	4.00	6.00	8.02	10.01

根据测量数据可判断连接电源的线圈是_____（选填“ n_1 ”或“ n_2 ”）。

19. 在粗测油酸分子大小的实验过程中，具体操作如下：

- ①取油酸 1.00 mL 注入 2500 mL 的容量瓶内，然后向瓶中加入酒精，直到液面达到 2500 mL 的刻度为止，摇动容量瓶使油酸在酒精中充分溶解，形成油酸酒精溶液；
- ②用滴管吸取制得的溶液逐滴滴入量筒，记录滴入的滴数直到达到 1.00 mL 为止，恰好共滴了 50 滴；
- ③在水盘内注入蒸馏水，将爽身粉均匀地撒在水面上，静置后用滴管吸取油酸酒精溶液，轻轻地在水面滴一滴溶液，酒精挥发后，油酸在水面上尽可能地散开，形成一层油膜；
- ④测得此油膜面积为 $2.40 \times 10^2 \text{ cm}^2$ 。

- (1) 这种粗测方法是将每个分子视为_____，让油酸尽可能地在水面上散开，则形成的油膜可视为单分子油膜，这层油膜的厚度可视为油酸分子的_____，利用数据可求得油酸分子的直径为_____ m。
- (2) 若在计算油膜面积时，把半格左右的油膜都算成一格，会导致实验测得的油酸分子直径偏大还是偏小？请分析说明理由。



20. 如图 1 所示, 某同学在做“测量玻璃的折射率”的实验中, 先将白纸平铺在木板上并用图钉固定, 玻璃砖平放在白纸上, 然后在白纸上确定玻璃砖的界面 aa' 和 bb' 。O 为直线 AO 与 aa' 的交点。在直线 OA 上竖直地插上 P_1 、 P_2 两枚大头针。

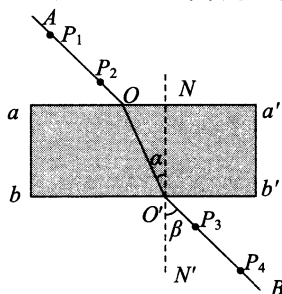


图 1

(1) 该同学接下来要完成的必要步骤有_____。

- A. 插上大头针 P_3 , 使 P_3 仅挡住 P_2 的像
- B. 插上大头针 P_3 , 使 P_3 挡住 P_1 的像和 P_2 的像
- C. 插上大头针 P_4 , 使 P_4 仅挡住 P_3
- D. 插上大头针 P_4 , 使 P_4 挡住 P_3 和 P_1 、 P_2 的像

(2) 过 P_3 、 P_4 作直线交 bb' 于 O' 点, 过 O' 作垂直于 bb' 的直线 NN' , 连接 OO' 。测量图 1 中角 α 和 β 的大小, 则该玻璃砖的折射率 $n = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$ 。

(3) 如图 2 所示, 该同学在实验中将玻璃砖界面 aa' 和 bb' 的间距画得过宽。若其他操作正确, 则折射率的测量值_____ (选填“大于”“小于”或“等于”) 真实值。

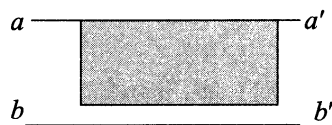


图 2

21. 在做“用双缝干涉测光的波长”实验时, 其实验装置如图 1 所示, 已知单缝与双缝间的距离 $L_1 = 60 \text{ mm}$, 双缝与屏的距离 $L_2 = 700 \text{ mm}$, 单缝宽 $d_1 = 0.10 \text{ mm}$, 双缝间距 $d_2 = 0.25 \text{ mm}$ 。用测量头来测量光屏上干涉亮条纹中心的距离。测量头由分划板、目镜、手轮等构成, 转动手轮, 使分划板左右移动, 让分划板的中心刻线对准屏上亮条纹的中心 (如图 2 所示), 记下此时手轮上的读数, 转动测量头, 使分划板中心刻线对准另一条亮条纹的中心, 记下此时手轮上的读数。

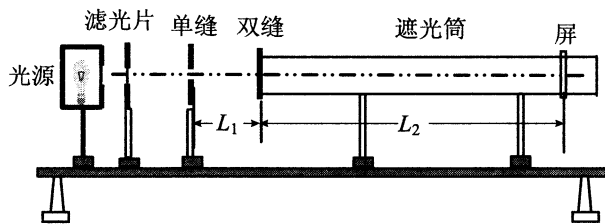


图 1

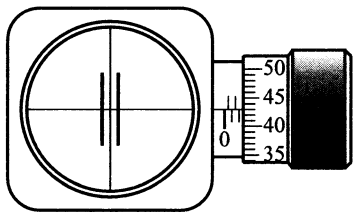
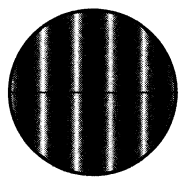
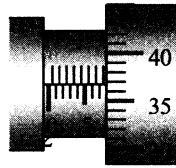


图 2



第 1 条时读数



第 4 条时读数

图 3

(1) 分划板的中心刻线分别对准第 1 条和第 4 条亮条纹的中心时, 手轮上的读数如图 3 所示, 则对准第 1 条时读数 $x_1 = 15.0 \text{ mm}$, 对准第 4 条时读数 $x_2 = 35.0 \text{ mm}$, 相邻两条亮条纹间的距离 $\Delta x = 6.0 \text{ mm}$;

(2) 计算波长的公式为 $\lambda = \frac{d_2 \Delta x}{L_2}$, 求得的波长值是 210 nm 。(计算结果保留三位有效数字)

参考答案

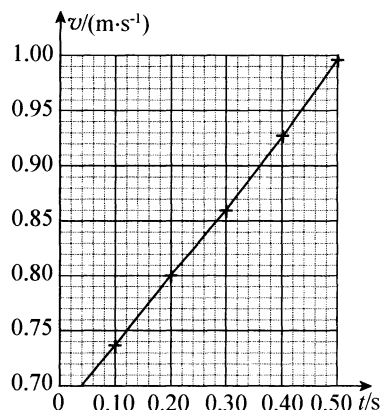
演示实验

1. B 2. BD 3. C 4. 不同质量的物体下落的快慢相同；相等 5. AD
 6. D 7. D 8. BC 9. D 10. ABD 11. ABC 12. AD
 13. (1) 能；静电感应 (2) 不能；静电屏蔽 14. B 15. D 16. A
 17. 南北 18. N；右 19. 负；N 20. AC 21. AD 22. B 23. C
 24. 增大；减弱； $r > i$ ；增大；增强； $i' = i$ ； 42° 25. A 26. C 27. B 28. D

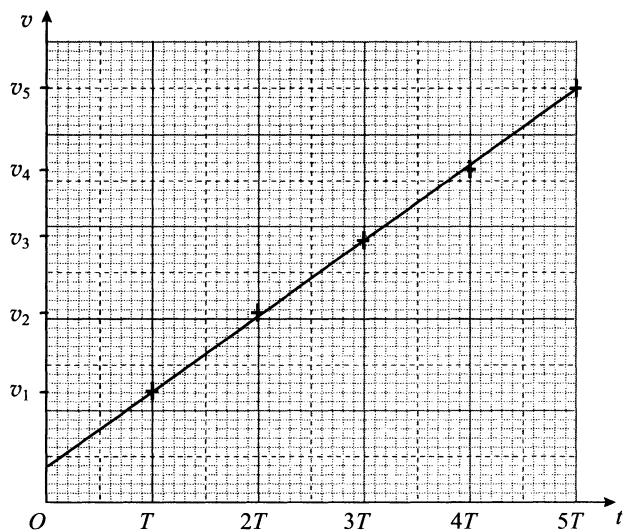
学生实验

实验一 探究小车速度随时间变化的规律

1. (1) 弹簧测力计
 (2) 0.864；0.928
 (3) 如右图所示
 (4) $0.64(\pm 0.01)$



2. (1) A；C
 (2) 如右图所示



- (3) 小车的速度随时间均匀变化；加速度
 (4) 越小越好；有关
 (5) 如果小球的初速度为 0，且速度 $v \propto t$ ，那么它的位移 $x \propto t^2$ 。因此，只要测量小球产生不同位移所用的时间，就可以检验小球的速度是否随时间均匀变化。
3. 图略；0.18 (0.16~0.20)；4.80 (4.50~5.10)
 4. 1 m/s；2 m/s；0.5 m/s²

实验二 探究弹簧弹力与形变量的关系

1. (1) 图略
 (2) $F=kx$ ，其中 $k=20$ N/m，所以 $F=20x$ (N)
 (3) $F=k(l-l_0)$ ，其中 $k=20$ N/m， $l_0=0.1500$ m，所以 $F=20(l-0.1500)$ (N)
2. (1) 图略 (2) 50
 (3) 弹簧自身所受重力导致它在无钩码悬挂时的长度大于其在平放时的长度
3. (1) L_5 ； L_6 (2) 6.85 (6.84~6.86)；14.05 (14.04~14.06)
 (3) L_7-L_3 ；7.20 (7.18~7.22)
 (4) $\frac{d_1+d_2+d_3+d_4}{4 \times 4}$ ；1.75 (5) 28

实验三 探究两个互成角度的力的合成规律

1. (1) 4.0；2.5 (2) 图略
2. AC 3. A 4. CD
5. (1) 使其作用效果与 F_1 、 F_2 共同作用的效果相同
 (2) O、a 两点太近，确定拉力方向时误差大
 (3) F ； F

实验四 探究加速度与物体受力、物体质量的关系

1. (1) 0.44 (2) 图略；1.0 (0.95~1.1) (3) B
2. (1) 根据牛顿第二定律 $F_{\text{合}}=ma$ 可知，图线不过原点的原因是实验中没有平衡摩擦力或平衡得不够，因此 $a=0$ 时 $F=F_f>0$ 。设绳上拉力大小为 T ，对小车有 $T=Ma$ ，对砂桶有 $mg-T=ma$ ，在实验中认为 $F=mg$ ，因此图线的表达式为 $a=\frac{1}{M+m} \cdot F$ ，在 $m \ll M$ 时， $\frac{1}{M+m}$ 在 m 增加的过程中可以近似为定值，图线近似为直线，而在 m 与 M 接近的情况下， $\frac{1}{M+m}$ 随 m 的增加而减小，图线就会发生弯曲。
- (2) 图略 (3) 0.12
3. (1) BCE (2) AB；C (3) 0.51
- (4) 这位同学的方法可行。两小车做初速度为 0 的匀加速直线运动，运动时间 t 相等，根据 $x=\frac{1}{2}at^2$ ，有 $\frac{a_1}{a_2}=\frac{x_1}{x_2}$ ，它们的位移之比就等于它们的加速度之比。



实验五 验证机械能守恒定律

1. HFBGCE 2. 7.62; 7.56

3. (1) A (2) AB (3) $-mgh_B; \frac{1}{2}m\left(\frac{h_C-h_A}{2T}\right)^2$ (4) C

(5) 该同学的判断依据不正确。

在重物下落 h 的过程中, 只要阻力 f 恒定, 根据 $mgh - fh = \frac{1}{2}mv^2 - 0$ 即得 $v^2 = 2\left(g - \frac{f}{m}\right)h$, 可知 $v^2 - h$ 图像就是过原点的一条直线。要想通过 $v^2 - h$ 图像来判断机械能是否守恒, 还必须看图像的斜率是否接近 $2g$ 。

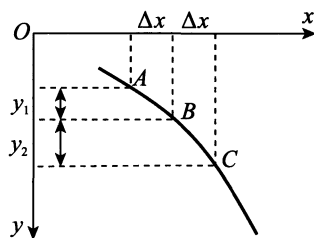
实验六 探究平抛运动的特点

1. (1) A 球和 B 球总是同时落地; B

(2) a. E b. ACD

c. 按照纵坐标为 $y_A : y_B : y_C = 1 : 4 : 9$ 在轨迹上取点 A、B、C, 若三点的横坐标满足 $x_A : x_B : x_C = 1 : 2 : 3$, 则可说明其在水平方向上做匀速运动。

d. 垂直于 y 轴方向作出 x 轴, 在 x 轴上取三点, 使相邻两点之间的间隔均为 Δx , 从这三点沿 y 轴方向做 x 轴的垂线, 交轨迹于 A、B、C 三点, 再从 A、B、C 三点分别向 y 轴做垂线, 测量出与 y 轴交点间距离 y_1 和 y_2 , 则有 $y_2 - y_1 = gT^2$, $v_0 = \frac{\Delta x}{T}$, 则平抛初速度为



$$v_0 = \Delta x \sqrt{\frac{g}{y_2 - y_1}}$$

2. 若小球在水平方向上做匀速直线运动, 则它通过相同水平距离 x 所用时间相同。已知小球在竖直方向上做自由落体运动, 根据 $y = \frac{1}{2}gt^2$ 可知, 若 $y_1 : y_2 : y_3 : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots$ 则说明各相邻点间的时间间隔是相同的, 进而可证明小球在水平方向上做匀速直线运动。

实验七 探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系

1. (1) D (2) A

2. (1) $m \frac{4\pi^2 n^2}{t^2} r$ (2) $mg \frac{r}{h}$

(3) 可以。

若向心力的表达式 $F_n = m\omega^2 r$ 成立, 则有 $mg \frac{r}{h} = m \frac{4\pi^2 n^2}{t^2} \cdot r$, 整理得 $\frac{t^2}{n^2} = \frac{4\pi^2}{g} \cdot h$, 其中 $\frac{4\pi^2}{g}$ 为定值。即若 $\frac{t^2}{n^2} - h$ 图像中图线为过原点的直线, 且斜率 $k = \frac{4\pi^2}{g}$, 则向心力的表达式得到验证。

实验八 验证动量守恒定律

1. (1) A (2) $m_1 OM + m_2 ON = m_1 OP; m_1 |OM|^2 + m_2 |ON|^2 = m_1 |OP|^2$

2. (1) 用一个最小的圆将所有落点圈起, 该圆的圆心即为 B 球的平均落点位置; 64.7 (64.2~65.2)

(2) ABD

3. <



实验九 用单摆测量重力加速度的大小

- (1) 99.5 (2) 10.2 (3) ACD
- (1) 1.52 (2) 9.76 (3) D (4) AC
- (1) AD (2) $\frac{4\pi^2 n^2 L}{t^2}$ (3) 2.01; 9.76 (4) B (5) $\frac{4\pi^2(l_1 - l_2)}{T_1^2 - T_2^2}$

实验十 观察电容器的充、放电现象

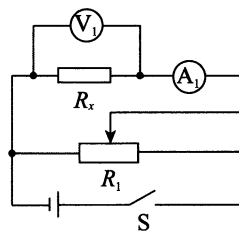
- (1) D (2) $(2.4 \sim 2.7) \times 10^{-3}$ (3) <; 电压表
- (1) 0.1 s 内电容器释放的电荷量 (2) 3.04×10^{-3} C ($2.88 \times 10^{-3} \sim 3.20 \times 10^{-3}$ C)
(3) 507 (480~533) (4) C (5) 图略

实验十一 长度的测量及测量工具的选用

- 972.0; 由于一根金属丝的直径太小, 用毫米刻度尺不易测量, 故采用放大法测量: 在圆柱形铅笔上紧密排绕 N 匝金属丝, 用毫米刻度尺测出该 N 匝金属丝的长度 D 。由此可以算出金属丝的平均直径为 $\frac{D}{N}$
- 5.015; 4.700
- 4.120
- (1) A (2) 减小实验的偶然误差

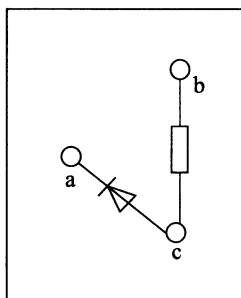
实验十二 测量金属丝的电阻率

- BD 2. AD 3.1; 1000; 大
- (1) ACDFH (2) 外 (3) 图略 (4) 图略; 5.80 (5.75~5.85)
- (1) 49.40 (49.37~49.41); 0.384 (0.383~0.385)
(2) A_1 ; V_1 ; R_1
(3) 如右图所示
(4) C



实验十三 用多用电表测量电学中的物理量

- ABD 2. AD
- (1) 160 (2) CAD
- BD
- 红; 进; 黑 6. C
- (1) 不存在电源
(2) 1200; 500
(3) 如右图所示
(4) c; a

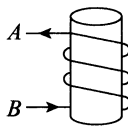




实验十四 测量电源的电动势和内阻

1. (1) A_1 (2) 1.48; 0.83 (3) D
 (4) 方案不合理。由于一节干电池的内阻较小, 电流表的内阻与其相比不可忽略, 电流表的分压作用比较明显, 会导致内阻测量误差较大, 所以此实验方案不合理。
2. (1) 10.5 (2) 充当保护电阻; 大 (3) 12; 1.0

实验十五 探究影响感应电流方向的因素



1. (1) $B \rightarrow$; 向下插入 (2) 相反 (3) 左
 2. (1) 图略 (2) ① C ② A ③ B

实验十六 探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系

1. (1) BEG (2) C (3) A
 2. A

实验十七 利用传感器制作简单的自动控制装置

1. 增强; 敏感 2. B 3. D 4. BD

实验十八 用油膜法估测油酸分子的大小

1. ABD
 2. (1) 在水面上撒上爽身粉(或石膏粉)
 (2) 还需要增加步骤“用注射器或滴管将溶液一滴一滴地滴入量筒, 记下滴入 1 mL 溶液时的滴数。”
 3. (1) $2.2 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ (2) $1.2 \times 10^{-11} \text{ m}^3$ (3) $5.5 \times 10^{-10} \text{ m}$ 4. AC

实验十九 探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系

1. (1) 质量 (2) B (3) 防止玻璃管内的空气温度升高 (4) C
 (5) ②

方法一: 封闭在注射器中的气体, 温度不变, 气体分子的平均动能不变; 在 V 不变的情况下, 如果存在漏气, 注射器中气体分子数密度减小。根据气体压强的微观解释可知, 气体压强会比未漏气时的压强小。所以在图像中, 对应同一横坐标 $\frac{1}{V}$, 纵坐标 p 的值会变小, 因此图像偏离直线向下弯曲, 如图线②所示。

方法二: 封闭在注射器中的气体, 温度不变, 气体分子的平均动能不变; 根据气体压强的微观解释可知, 在 p 不变的情况下, 如果存在漏气, 注射器中气体体积应比未漏气时体积小, 才能使分子数密度不变。所以在图像中, 对应同一纵坐标 p 、横坐标 $\frac{1}{V}$ 的值会变大。因此图像偏离直线向下弯曲, 如图线②所示。

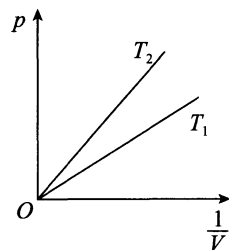
2. (1) 温度 (2) $p_1(V_1 - V_0) = p_2(V_2 - V_0)$ (3) $\frac{1}{p}$; V

(4) 环境温度发生改变

3. T_2 表示的温度高。

在 $p-V$ 图像中作一条平行于 V 轴的直线，在压强不变的情况下，气体受热膨胀，即温度高的气体体积大，因此 $T_2 > T_1$ 。

$p - \frac{1}{V}$ 图像如右图所示。



实验二十 测量玻璃的折射率

1. C 2. A

3. (1) 重新画直线 AO ，使 α 减小 (2) 使 P_3 挡住 P_1 、 P_2 的像 (3) $\frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$ (4) 偏小；无偏差

4. 玻璃砖直径边绕 O 点转过的角度 θ ； $n = \frac{1}{\sin\theta}$

实验二十一 用双缝干涉实验测量光的波长

1. (1) 16.04 (2) 2.48; 708 (3) BC

实验综合练习

1. (1) DCABEF (2) 位移、速度、加速度、电场强度等

2. 15.00 ± 0.10 ; $(1.0 \pm 0.10) \times 10^2$

3. (1) 槽码的质量远小于小车的质量 (2) 平衡小车运动中所受的摩擦阻力 (3) 0.99 或 1.0 (4) C

4. (1) BD (2) x_2 (3) 1.90

(4) 纸带与限位孔间的摩擦阻力做负功，有部分重力势能转化为内能

(5) A

5. (1) 2.06 (2) 2.24 (3) C (4) D

6. (1) 平抛运动的竖直分运动是自由落体运动

(2) 小铁球 P、Q 在平板上相碰；平抛运动的水平分运动是匀速直线运动

7. (1) $>$ (2) AC (3) $m_1 \cdot l_2 = m_1 \cdot l_1 + m_2 \cdot l_3$ (4) $m_1 \sqrt{\frac{1}{y_2}} = m_1 \sqrt{\frac{1}{y_3}} + m_2 \sqrt{\frac{1}{y_1}}$

8. BD

9. 选择 R_1 。

由 $U-L$ 图像可知，将 R_1 接入电路时，从左向右移动滑片，小灯泡两端的电压 U 与滑片滑动的距离 L 更接近线性关系，这样更便于实验操作和数据采集。

10. (1) B; C; 1

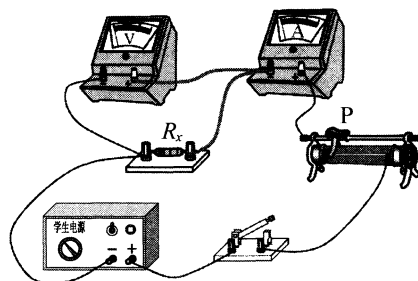
(2) 如右图所示

(3) 5.2

(4) B; D

(5) A

11. (1) 0.730 (0.728~0.732)





(2) A_1 (3) $\frac{\pi d^2 R_0}{4L_0}$

(4) 不产生影响。

设电流表内阻为 R_g , 满偏电流为 I_g , 根据闭合电路欧姆定律有 $I_g = \frac{E}{R + R_L + R_g + r}$, 其中

$R_L = \rho \frac{L}{S}$, 代入整理得 $R = \left(\frac{E}{I_g} - R_g - r \right) - \frac{\rho}{S} \cdot L$, 可知 $R - L$ 图像中图线的斜率与 ρ 有关,

$k = -\frac{\rho}{S}$, $\rho = -kS$, R_g 不影响 k , 因此 R_g 对 ρ 的测量不产生影响。

12. (1) $0 \sim 0.6$; $0 \sim 3$; R_1

(2) 如右图所示

(3) 1.45; 1.3

(4) A

13. 电动势; 内阻; 甲、丙; 甲、丙

14. (1) 方法一: 可以由测量得到的 U 和 R 计算得到相对应的

$I = \frac{U}{R}$, 然后作 $U - I$ 图像, 根据 $U = E - I(r + R_0)$,

由图像得到 E 和 r 。

方法二: 根据闭合电路欧姆定律有 $U = \frac{E}{R + R_0 + r} \cdot R$, 整理得 $\frac{1}{U} = \frac{1}{E} + \frac{R_0 + r}{E} \cdot \frac{1}{R}$ 。

作 $\frac{1}{U} - \frac{1}{R}$ 图像, 纵截距 $b = \frac{1}{E}$, 斜率 $k = \frac{R_0 + r}{E}$, 由此可得到 E 和 r 。

(2) 图略; 2.00; 0.40

15. (1) ①cabe ②11 k Ω (2) 不漏电16. (1) 2.6×10^3 (2) 断开 (3) D

17. (1) 充电; A; C

(2) ①;

判断依据: 电容充电过程的 $I - t$ 图像中图线与坐标轴围成的面积表示充电过程中电容器增加的电荷量。根据 $Q = CU$ 可知, 用相同的电源充电, 电容为 C_1 的电容器增加的电荷量较少, 因此图线①与电容为 C_1 的电容器对应。

18. (1) ACE (2) n_2 19. (1) 小球; 直径; 3.3×10^{-10}

(2) 偏小。因为油酸分子直径 $d = \frac{V}{S}$, 把半格左右的油膜都算成一格会导致油膜面积 S 的测量值偏大, 所以油酸分子直径 d 的测量值会偏小。

20. (1) BD (2) $\frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$ (3) 小于21. (1) 2.190; 7.868; 1.893 (2) $\frac{d_2 \Delta x}{L_2}$; 676