

Shiyuan baogaoce
Zhongxue wuli

北京市西城区教研中心物理中心备课组 编

中学物理

实验报告册

高中物理(一)分册

首都师范大学出版社



中学物理实验报告册

高中物理（一）分册

北京市西城区教研中心物理中心备课组 编

首都师范大学出版社

ZHONGXUE WULI SHIYAN BAOGAOCE

中学物理实验报告册

高中物理（一）分册

编 著 者 北京市西城区教研中心物理中心备课组 编
出版发行 首都师范大学出版社
社 址 北京西三环北路 105 号（邮政编码 100037）
经 销 全国新华书店
印 刷 北京首师大印刷厂
开 本 787×1092 1/16
字 数 37 千
印 张 2
版 本 2001 年 7 月 第 5 版
2001 年 7 月 第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-81039-229-8/G·201
定 价 2.20 元

说 明

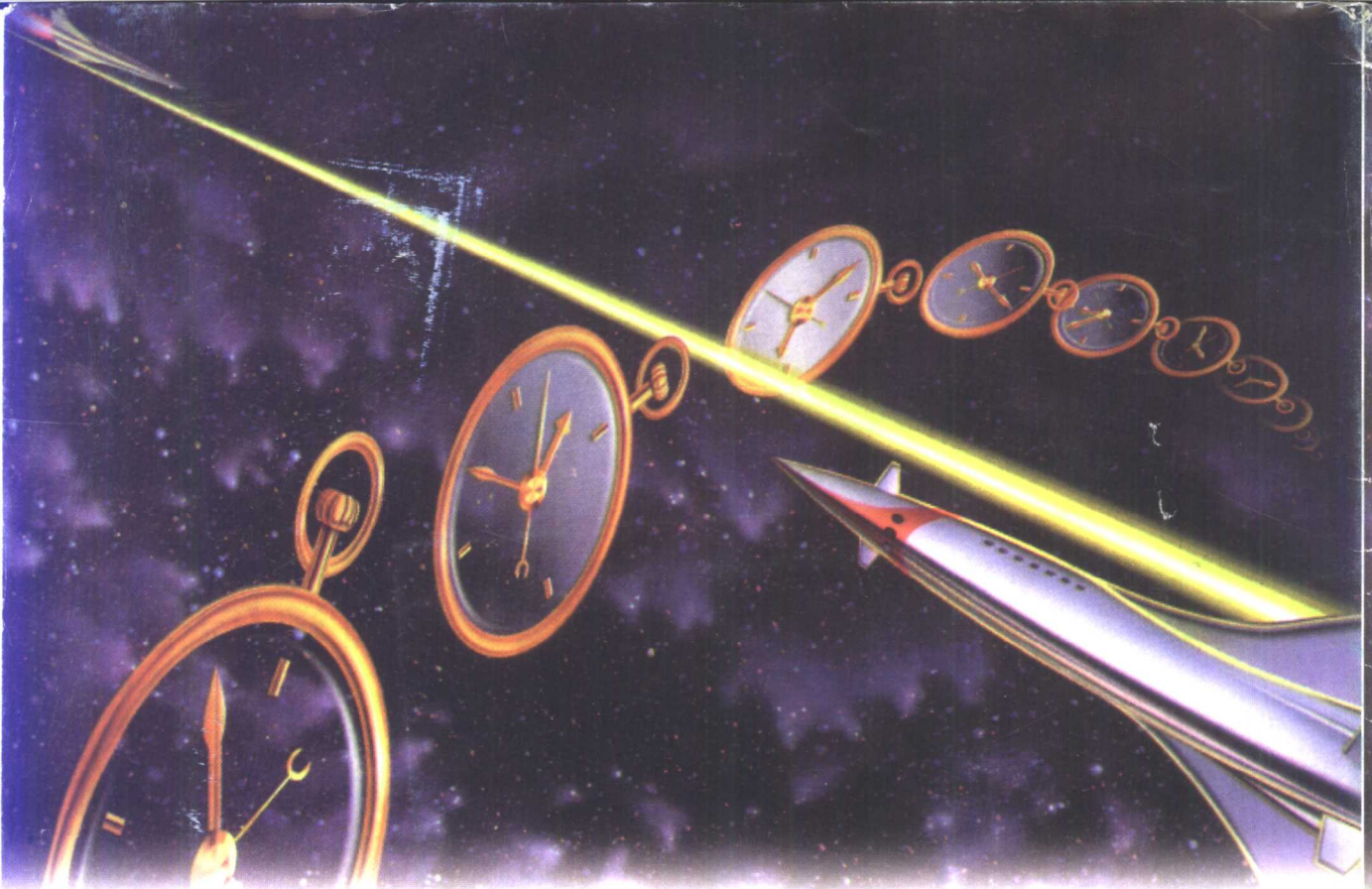
为了提高学生素质能力，为了加强物理实验教学，提高物理实验课质量，培养学生观察问题、分析问题、解决问题及实验操作的能力，我们根据新教学大纲及现行物理教材中的学生实验编写了《中学物理实验报告册》。它分为初中物理一分册、二分册；高中物理（必修）一分册、二分册；高中物理（选修）及总复习分册，共五个分册。可供各年级学生随教学进度使用。

本书每个实验都包括实验目的、实验原理、实验仪器、实验步骤、实验记录、实验结果或结论、讨论题等项目，每项留有空格，供学生在预习和进行实验时填写。

本书由北京市西城区教研中心物理中心备课组编写。欢迎广大师生在使用过程中提出宝贵意见。

编 者

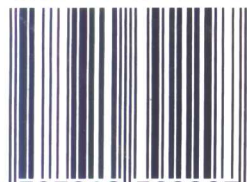
2001年5月



中学物理实验报告册

中学物理实验报告册

ISBN 7-81039-229-8

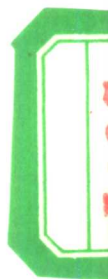


9 787810 392297 >

ISBN 7-81039-229-8/G · 201

定价：2.20 元

试读结束，需要全本请在线购买：www.ertongbook.com



目 录

绪 论	(1)
实验一 互成角度的两个力的合成	(7)
实验二 练习使用打点计时器	(9)
实验三 测定匀变速直线运动的加速度	(11)
实验四 验证机械能守恒定律	(15)
实验五 用单摆测定重力加速度	(18)
实验六 验证玻意耳定律 (一)	(20)
实验七 验证玻意耳定律 (二)	(23)
* 实验八 验证理想气体状态方程	(25)

(标有 * 为选做实验)

绪 论

一、学生实验在物理课程中的地位和作用

物理学是一门以实验为基础的自然科学。物理学的基本定律，例如牛顿运动三定律、能的转化与守恒定律、动量守恒定律、库仑定律和法拉第电磁感应定律等，都是在大量实验的基础上总结出来的。因此，实验是研究和学习物理的重要方法。

在作为研究手段的物理实验中，进行观察并测定有关的数据，都是为了认识客观物理过程的规律性。因此，认识客观规律才是实验的目的。学生实验与探索未知世界的物理实验不完全相同，它是物理教学的一个重要组成部分。中学物理教学大纲不仅要求中学生对有关物理现象有正确的认识和掌握系统的物理基础知识，还要求中学生掌握基本的实验技能。因此，学生实验有双重任务：一方面是通过实验培养观察能力，培养形象思维和抽象思维的能力，帮助学生获得正确和巩固的物理知识；另一方面是通过实验使学生掌握基本物理量度仪器的原理和正确的使用方法，初步掌握科学的实验方法，初步学会正确地组织和实施物理实验。这两重任务是紧密地联系在一起的。

按照一定教学目的而设计的学生实验可分为四种类型：1. 验证性实验；2. 测定性实验；3. 组装性实验；4. 探索性实验。课本上按照物理知识系统编排的学生实验是面向全体学生的。因此应该在教师的指导下，用正确的方法，以较少的时间，达到既定的教学目的。在培养学生的实验能力方面，也要由浅入深，逐步提高要求，逐步做到学生能自己根据实验目的、实验要求和实验原理设计并实施实验。对于部分有这方面爱好，又有余力的学生，要求可以更高一些。

学生在做实验以前，应该预习课本上有关实验的说明，预习实验报告册上提出的问题，弄清楚实验目的，看懂实验的原理，了解所用仪器的性能和使用时的注意事项，搞清楚实验的步骤，有的还要自己设计实验步骤。做好实验前的准备后，就可以按照实验步骤进行操作和观测。操作中，要求正确地使用仪器。观测时，精神要集中，避免观测中出现错误。观测的同时，要仔细地记录必要的的数据，并注意标明单位。数据要记录在事先设计好的表格中，不要随便乱记。要尊重事实，绝不能乱凑数据。在实验中培养实事求是的科学态度。实验后要对其所得的数据进行分析、处理，做出合理的结论，并学会写出简要的实验报告。

总之，只有认真地手脑并用，才能达到学生实验的双重目的。

二、怎样记录直接测定的数据 有效数字

物理规律是指物理过程中各有关物理量之间存在的函数关系。所以，大部分物理实验不仅要对其物理现象进行观察，还必须对一些物理量进行直接测量。做实验要弄清楚需要直接测定的是哪几个物理量，用什么方法，用什么量度仪器进行测量，学会怎样取得正确的直接测

量数据。

以最简单的长度测量为例。当我们用一把最小刻度是厘米而且零刻度已经磨损的直尺来测量一块木片的长度时，应该选用一条清晰的刻度线对准木片的一端。这样，取得直接测定读数的起始点不是零刻度，在得到测量结果时就要考虑到这一点。如图 1 所示，木片的一端对着 5.0cm，木片的另一端对着尺子上 17~18 两条刻度线之间，略偏向 17cm 刻度线一点，大约是 17.4，则木片长度应是 $17.4 - 5.0 = 12.4$ (cm)。

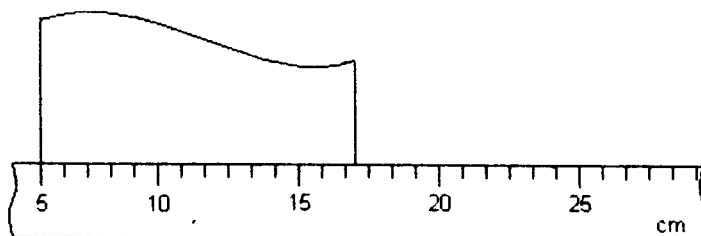


图 1

在直接测定数据中，读到量度仪器上的最小刻度线值是精确数字。最小刻度线值由量度仪器本身的精度决定。例如，木质的、不很好的直尺，考虑温度和湿度会影响尺子的长度，其伸缩量可能超过毫米，因此只能有厘米刻度线，不能刻毫米刻度线。两条最小刻度线之间的读数是估计数字，也可以说是不精确数字或可疑数字。估计数字只能记一位。例如，从图 1 上可以估计为 17.4cm 或 17.3cm，不能估计为两条最小刻度线之间的 $1/3$ ，记作 $17.3333\cdots\text{cm}$ 。图 1 中木片始端对着 5.0cm，表示观测到与 5cm 刻度线对准，小数点后面的“0cm”是估计数字。一切直接测定数据都应该包括精确数字和一位估计数字，总起来称做有效数字。

如果改用精度较高、最小刻度线值是毫米的直尺，测量同一块木片（图 2），则木片长度应是 $17.37 - 5.00 = 12.37$ (cm)。这里的前三位数是精确数字，最后一位的“7”是估计数字。整个记录数据是 4 位有效数字。

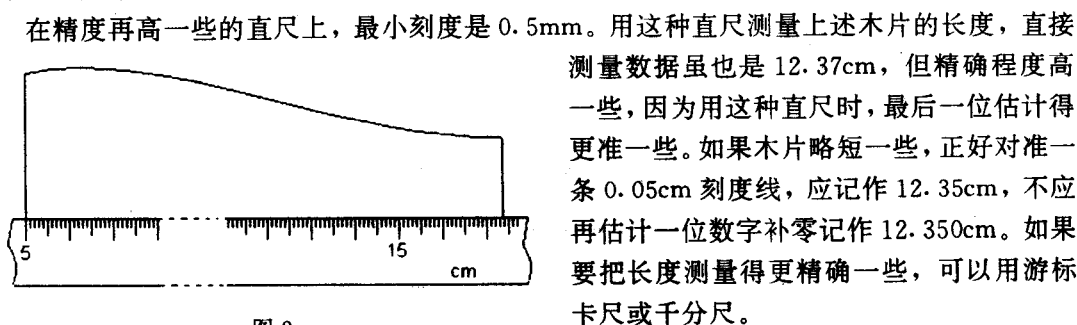


图 2

在精度再高一些的直尺上，最小刻度是 0.5mm。用这种直尺测量上述木片的长度，直接测量数据虽也是 12.37cm，但精确程度高一些，因为用这种直尺时，最后一位估计得更准一些。如果木片略短一些，正好对准一条 0.05cm 刻度线，应记作 12.35cm，不应再估计一位数字补零记作 12.350cm。如果要把长度测量得更精确一些，可以用游标卡尺或千分尺。

其他量度仪器上有的也有半值刻度。

图 3 上是一只安培表的刻度盘。甲图所示电流强度应记录为 1.25A，而不是 1.250A。乙图中指针在 1.25 和 1.30 之间，可估计为 1.27 或 1.28A。

有些仪器上有 $1/5$ 分度。例如图 4 是一只伏特表的刻度盘。甲图读数应是 3.4V，不能读作 3.40V。乙图中指针在 3.4 和 3.6 之间，应读作 3.5V，0.5 是估计数字。1/5 分度的测量仪器比 $1/2$ 分度的又精密一些，因此这种情况下能估计得更准确一些。

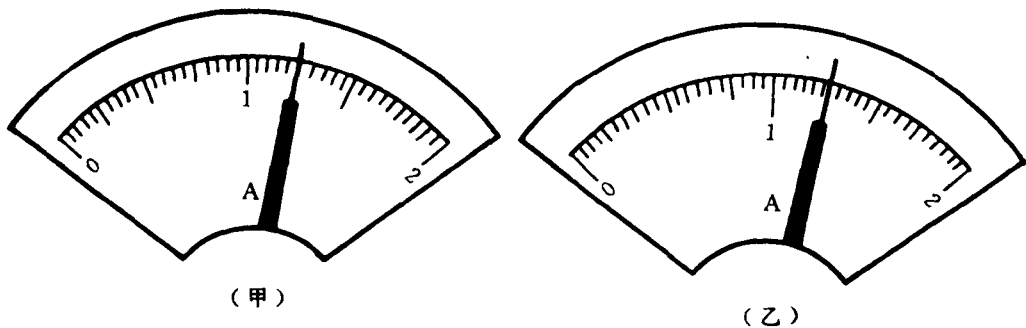


图 3

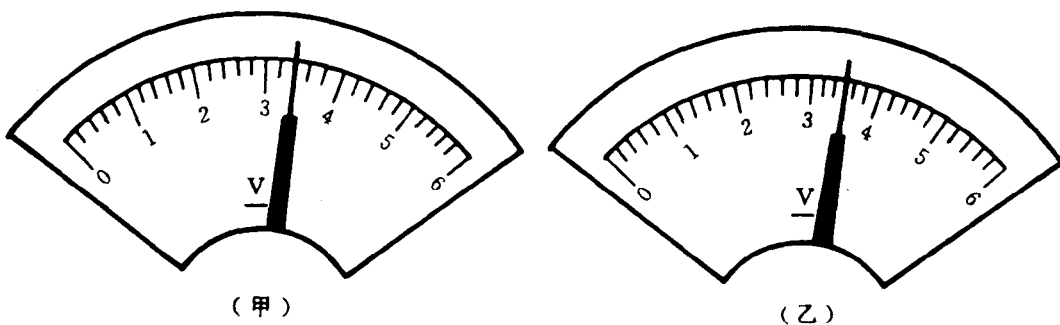


图 4

综上所述，只有 10 分度的刻度盘上对准某一刻度线的时候，可以而且应该在精确数字后面补一个“0”作为估计数字。

直接测定数据中最后一位估计数字不是十分可靠的数字，所以也叫可疑数字。但它又有一定程度的可靠性，不能当做无意义的数字随便删去。

既然实验记录要考虑有效数字，用这些数据进行计算时也必须考虑有效数字，才是合乎科学的计算。例如，一个数字 12500，它并没有明确表示出几位有效数字。如果是 6 位有效数字，应写作 1.25000×10^5 ；如果是 4 位有效数字，应写作 1.250×10^5 。

在学生实验中，测量时要按照有效数字的规则来读数。在处理实验数据进行加减乘除运算时，本来也应该按照有效数字的规则来运算，但由于这些规则比较复杂，中学阶段将不做要求，运算结果一般取两位或三位有效数字即可。

三、物理实验的误差

实验中直接测定数据的最后一位是估计数字，表明实验的精确程度是有限的，不可能绝对精确。我们用误差的大小来说明实验的精确性。

一个物理量的测定值 N 与它的真实值 N_0 的差，叫做绝对误差 ΔN ， $\Delta N = N - N_0$ 。绝对误差与真实值的比叫做相对误差 E ， $E = \frac{\Delta N}{N_0} \times 100\%$ 。相对误差反映实验的精确程度。

由于仪器不够精密和实验原理不完善产生的误差，叫做系统误差。例如，用最小刻度线值为厘米的直尺测量长度时，细心的观察者可以把两条最小分度线之间的估计数字估计得更

恰当一些。但只能估计到毫米，毫米以下是观察者无法测出的。另外，细心的观察者也无法解决由于温度、湿度等条件的影晌使直尺的刻度值本身不精确带来的误差。在电学实验中，实验电路不合理也会造成系统误差。减少系统误差的主要途径是选用更精密的仪器和改进实验方法。

在进行实验之前，应该根据允许的误差范围选用适当的测量仪器。如果一个实验需要用多种测量仪器时，应该考虑使各直接测定数据的有效数字位数接近。例如，在测定电热当量的实验中，由于用一般温度计测量温度最多只能有 3 位有效数字，因此质量测定有 4 位有效数字已经足够了。也就是说，当质量有百克数量级时，只要精确到 0.1g 的托盘天平就可以满足实验要求，不需要用更精密的物理天平。基于同样的理由，在验证玻一马定律的实验中，由于带刻度的注射器测空气柱长度时，读到毫米就够了（由于存在摩擦再往下估读一位没有实际意义），因此，称活塞重用弹簧秤就足够了，不必采用天平。

实验人员操作技术不熟练和观察不细心等因素也会造成实验误差。例如，用直尺测量长度时估计数字是否恰当，测定混合温度时是否注意适当搅拌，都会带来误差。这类误差叫做偶然误差。减少偶然误差主要靠提高实验人员的技术水平和责任心。通常还用对一个物理量进行多次测量或多次实验取平均值的方法来减小偶然误差，即一个物理量的测定值，在可能条件下应取多次测定值的平均值。

$$\bar{N} = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_k}{K}$$

还应该注意到，即使多次测定的平均值接近真实值，但每次的测定值偏离真实值很多，只是在取平均值的计算过程中，正的偏差与负的偏差相互抵消了。取得这种实验结果是偶然的，并不表明实验成功。

四、实验记录数据的分析

在探索性的实验里，记录了足够多且足够精确的直接测定数据之后，下一步工作是从大量数据中寻找客观的规律。这项重要工作一般是沿着：列表→画图像→找函数关系→进一步推算并验证的途径进行。

例如：研究一个小灯泡的伏安特性的实验记录数据列表如下：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
U (V)	0.20	0.40	0.60	0.75	0.90	1.00	1.40	1.80	2.00	2.20	2.50
I (A)	0.06	0.11	0.15	0.18	0.20	0.21	0.25	0.27	0.28	0.29	0.30

从数据表可以看出，通过小灯泡的电流强度随着加在灯泡两端的电压升高而增加。将有关数据在 $I \sim U$ 坐标上描出对应点，如图 5 所示。

图像可以看出，当通过小灯泡的灯丝的电流强度不大的时候，实验数据的几个点的连线

近似为一条过原点的直线，即电流强度与加在灯泡上的电压成正比。根据正比关系，可以预测当电压是 0.50V 时，电流强度应是 0.13A。用实验证实这个预测是正确的。电流较大时，伏安特性曲线不再是直线，说明这以后随着电流强度的增大，电流强度和灯两端的电压不再成正比。实验中可以观察到这时小灯泡的灯丝已经由暗红变到很亮，表明灯丝温度明显升高了。

换用其他金属导线，并使导线散热条件很好，在实验过程中导线的温度基本上保持室温不变，将得出通过导线的电流强度和加在导线两端的电压之间有十分精确的正比函数关系。定义 $R = \frac{U}{I}$ 为导线电阻，得出电流的基本规律——欧姆定律。小灯泡的伏安特性表明灯丝的电阻随温度升高而增大。

对于复杂的物理过程，有关数据不一定成简单的正比关系，经常采用对记录做一定的数学处理，然后变换坐标再画出新的图像，直至比较容易根据图像特征找出比较符合实际的函数关系。在以后的实验里，我们将会用到这种方法。

为了用图像正确表示出物理量间的函数关系，实验所测出的数据要足够多。通常，若函数图线为直线，应至少做 5 次，取 5 个数据点。若函数图线为曲线，应至少取 10~15 个数据点。在曲线转弯处，数据点应取得更密集一些。根据数据点画图线时，应使图线从数据点中间通过，使数据点尽可能均匀地分布在图线两侧，如图 6 所示。图线的纵坐标和横坐标要标明所反映的物理量及其单位。坐标刻度的单位和刻度起点的选择要适当，使图像尽可能占有较大空间，以便减小利用图像进行计算时，可能出现的测量误差。图 6 左图的纵坐标的刻度就没有从零作为起点，因而图像空间分布比较合理。而图 6 右图就不符合要求。

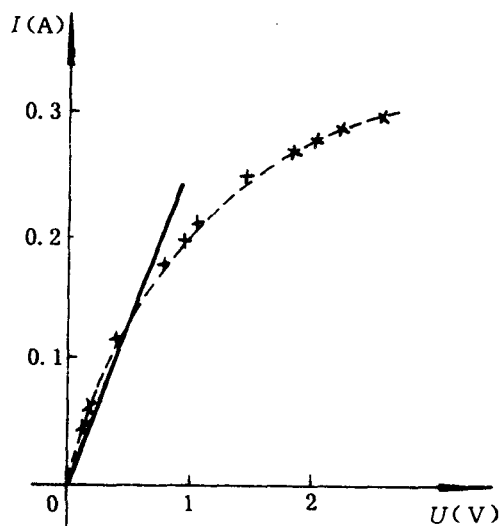


图 5

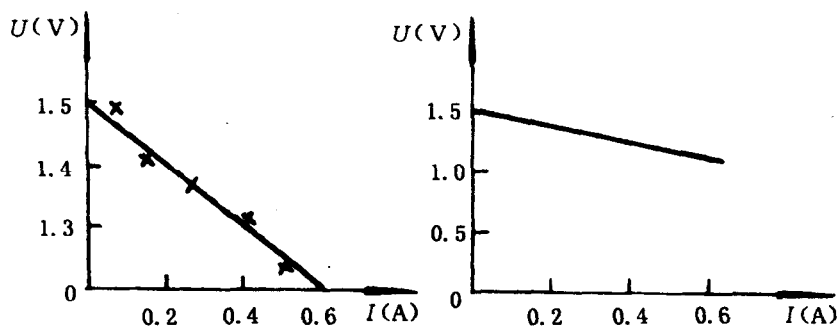


图 6

设计实验表格，是记录实验结果和分析实验数据的基础。实验表格实际上是一个双向细目表。通常将待测物理量横向列出，而纵向注明实验次数。物理量的文字符号及其单位，应

写在相应栏目内。某些共同使用的数据及必要的物理常数，通常写在表格外面并注明单位。必要的计算公式通常写在表格外面，比较简单的也可以写在表内相应栏目处。有时，根据实际需要也可以将待测物理量沿纵向排列。

实验一 互成角度的两个力的合成

【实验目的】

验证两个力的合成的平行四边形定则。

【预习题】

1. 怎样用力的图示法表示力的大小和方向？
2. 怎样用图解法求互成角度的两个力的合力？
3. 怎样正确使用测力计？

【实验器材】

1. 木板一块；2. 测力计两个；3. 细绳；4. 橡皮条一段；5. 白纸；6. 铅笔；7. 尺；8. 图钉；9. 量角器。

【实验步骤及注意事项】

1. 将实验器材按图 1-1 进行安装。

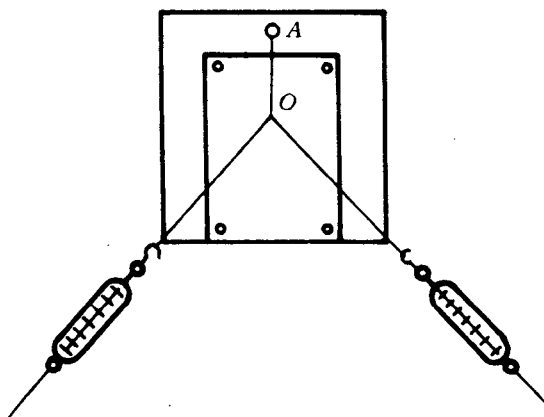


图 1-1

2. 用两个测力计分别通过两根细绳互成角度地拉紧橡皮条，使橡皮条伸长到某一位置 O。

注意：(1) 测力计使用前看看是否需要调整零点。若无法调整零点，需记下零误差，用修正值记入实验表格。

- (2) 橡皮条，细绳，测力计应在与纸面平行的同一平面内。

(3) 测力计的挂钩应避免与纸面摩擦，拉力应沿测力计轴线方向。

(4) 注意测力计的正确读数。

3. 用铅笔将 O 的位置以及细绳的方向画在纸上，并记下两个测力计的读数 (F_1 和 F_2)。

4. 只用一个测力计，通过细绳把橡皮条的结点拉到同一位置 O 。用铅笔在纸上画出绳的方向，并记下测力计的读数 F' 。

5. 在纸上按比例做出 F_1 和 F_2 的图示，并用图解法求出它们的合力 F 。

6. 用同样的比例在纸上做出 F' 的图示，比较 F' 和 F 的大小和方向。看看是否大小相等、方向相同。把结果填入记录表内。

7. 改变 F_1 和 F_2 的方向和大小，再做一次，仍把橡皮条的结点拉到位置 O 。比较两次 F' 和 F 的方向和大小，看看是否相同。

【实验记录】

次数	分力 (N)	用平行四边形法则量出的合力 F (N)	用一个测力计直接测出的 F_1 和 F_2 的合力 F' (N)	F' 和 F 方向是否重合，相差多少度角
第一次	$F_1 =$	$F =$	$F' =$	
	$F_2 =$			
第二次	$F_1 =$	$F =$	$F' =$	
	$F_2 =$			

结论： _____

【讨论题】

1. 如果只有一个测力计，能否完成这个实验？怎样进行？

2. 假如使 F_1 固定不变，改变 F_2 ，使橡皮条重新回到 O 点，可以发现 F_2 是唯一的。请你用学过的知识对此加以说明。

实验二 练习使用打点计时器

【实验目的】

1. 练习使用打点计时器。
2. 学习利用打上点的纸带研究物体的运动。

【实验原理】

打点计时器打点的时间间隔是 0.02s 。因此，用打点计时器打在纸带上的点，记录了纸带运动的时间。由于纸带总是跟运动物体连接在一起，纸带上的点也就相应地表示运动物体在各个时刻的位置。研究纸带上各点之间的间隔距离，就可以了解运动物体的位移、速度的大小及其变化，也就是了解物体的运动情况。

【实验器材】

1. 电磁打点计时器及纸带；
2. 复写纸片；
3. 两根导线；
4. 低压电源；
5. 毫米刻度尺。

【实验步骤】

1. 把打点计时器固定在桌子上，纸带穿过限位孔。把复写纸片套在定位轴上，装在纸带上面。振针位于复写纸片的上方。
2. 把打点计时器的两个接线柱分别用导线接到 $4\sim 6\text{V}$ 低压交流电源的两个接线柱上。
3. 打开电源开关，用手水平地牵拉纸带，纸带上打了许多小点。
4. 取下纸带，从能看得清楚的点数起，纸带上共有多少个点？如果共有 6 个点，那么连续相邻两点的间隔数为 5 个。用 0.02×5 就可以计算出纸带从第 1 个点运动到第 6 个点时所经历的时间 $t=0.1(\text{s})$ 。
5. 用毫米刻度尺量出纸带上第 1 个点到第 6 个点之间的距离 s (m)。
6. 利用公式 $\bar{v} = \frac{s}{t}$ 计算出纸带运动的平均速度。
把测量和计算结果记入表 2-1。
7. 如果连续相邻两个点之间的距离分别为 s_1 、 s_2 、 s_3 、 s_4 、 s_5 ，见图 2-1。用毫米刻度尺量出 s_1 、 s_2 、 s_3 、 s_4 、 s_5 各有多长，把测量结果填入表 2-2。运用所学的知识判断物体在这段时间内的运动是匀速直线运动还是变速直线运动。

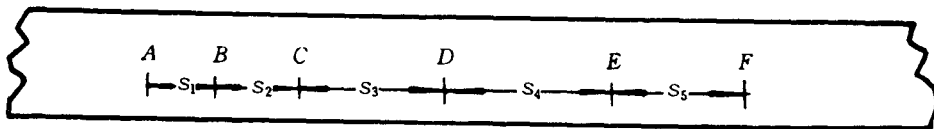


图 2-1

【实验记录和结果】

表 2-1

运动时间 t (s)	运动的位移 s (cm)	平均速度 $\bar{v} = \frac{s}{t}$ (cm · s ⁻¹)

表 2-2

相邻各点间的距离				
s_1 (cm)	s_2 (cm)	s_3 (cm)	s_4 (cm)	s_5 (cm)

由以上数据判断纸带在这段时间内的运动是匀速运动还是变速运动？你是怎样判断的？

【实验注意事项】

1. 打点计时器必须接在低压电源交流输出的接线柱上，绝不可以接在低压电源的直流输出接线柱上。
2. 本实验所用的纸带长约 30cm 即可。
3. 用手水平牵动纸带时，运动速度稍大一些为好，使各点间距离大一些，便于测量。

实验三 测定匀变速直线运动的加速度

【实验目的】

1. 学习运用匀变速直线运动的规律,对实验数据进行分析,以判定一个物体是否做匀变速直线运动。

2. 学习用打点计时器测定即时速度和加速度。

3. 学会用逐差法和图线法处理数据。

【实验原理】

为了研究做匀变速直线运动的物体即时速度、加速度与位移关系,我们分析一个以加速度 a 向右运动的物体。如图 3-1 所示,物体初速为 v_A ,经时间 T 运动了 s_N ,速度增加到 $v_{\text{中}}$,又经时间 T 再前进 s_{N+1} ,速度为 v_B 。根据匀变速直线运动的位移公式、速度公式和平均速度公式不难推出,在以上运动中,物体在相邻两个时间间隔内所通过的位移之差是一个常数,即

$$s_{N+1} - s_N = aT^2$$

同理

$$s_{N+3} - s_N = 3aT^2$$

所以
$$a = \frac{s_{N+1} - s_N}{T^2} \text{ 或 } a = \frac{s_{N+3} - s_N}{3T^2}$$

让纸带与小车相连,测出打点计时器在纸带上所打轨迹点间的位移 $s_1, s_2, s_3 \dots$,若小车在作匀变速直线运动,则相邻位移之差应该是一个常数。于是,就可以进一步运用公式计算小车即时速度和加速度。

由匀变速直线运动的速度公式和平均速度公式还可以推出,做匀变速运动的物体,在某段位移上的中间时刻的即时速度,就等于物体在这段位移上的平均速度。对图 3-1 有:

$$v_{\text{中}} = \frac{v_A + v_B}{2} = \bar{v} = \frac{s_{N+1} + s_N}{2T}$$

为了减小长度测量的误差。通常每隔四个轨迹点选一个记数点来计算位移,这样 $T = 0.02\text{s} \times 5 = 0.1\text{s}$ 。

加速度的计算,通常可采用两种方法:斜率法和逐差法。

所谓斜率法是根据纸带上的记数点先用上式求出各记数点所对应的即时速度,再做出 $v \sim t$ 图线,由图线斜率 $a = \Delta v / \Delta t = \text{tg} \alpha$ 来求加速度。图线法可以减小偶然误差对实验的影响。

所谓逐差法是将所测出的相邻两轨迹点间的位移(例如六个)分为两组,交叉相减,再用平均值作为测试结果,即:

$$a = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3}$$

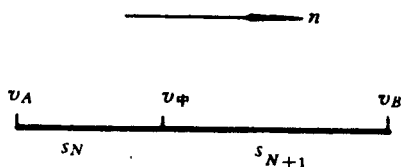


图 3-1