

冯容士 陈燮荣 编著

中学物理 实验汇编

力学·上册

知识出版社

中学物理实验汇编

力学

上册

冯容士 陈燮荣 编著

知识出版社

中学物理实验汇编

力 学

上册

冯容士 陈燮荣编著

知 识 出 版 社 出 版

(上海古北路650号)

发行所上海发行所发行 上海海峰印刷厂印刷

开本 850×1156 毫米 1/32 印张 10.5 插页 2 字数 295,000

1982年9月第1版 1982年9月第1次印刷

印数: 1-15,200

书号: 13214·1005 定价: 1.40元

序 言

这部汇编的出版,对推动中学的物理实验教学,提高中学物理的教学质量,将起很大的作用。这套书必将受到广大中学师生的欢迎。

物理学的建立和发展,基础是物理实验。只有通过物理实验,才能发现物理现象的规律。人们对于物理现象的某些规律会有些设想,需要设计适当的实验来检验这些设想,在实验证明是正确的之后,这些设想才能上升为理论。如果实验证明这些设想不符合实际,那就要根据实验的结果,加上理论的探讨,提出新的设想,设计新的实验,来进一步验证。由此可见,实验一方面是发现规律的手段,另一方面也是锻炼思想的过程。因此,实验教学是学习物理的一个重要环节。

目前全国各中学的物理实验设备普遍不足,短期内很难全面地装备起来。这部汇编的出版,对于帮助教师根据各自的具体条件,因陋就简,自力更生,克服困难,把实验教学逐步开展起来,将是一个有用的参考资料。

这部汇编中记载了许多中学物理教师的创造性的出色工作,他们克服了重重困难,根据各自的具体条件,设计了一些好的实验。这些都是值得学习的范例。他们的范例必将引出更多的新的创造。我们将看到中学物理实验教学中百花争艳的喜人局面展现在祖国广阔的大地上。

王竹溪

1981年2月2日

目 录

序言	王竹溪
1. 长度的测量	
§ 1. 用刻度尺测物体长度	(1)
§ 2. 用游标卡尺测物体长度	(7)
§ 3. 用螺旋测微器测物体长度	(13)
2. 质量的测量	
§ 1. 天平	(17)
§ 2. 自制天平	(25)
§ 3. 用天平测物体质量	(33)
3. 时间的测量	
§ 1. 秒表	(35)
§ 2. 演示秒表	(36)
§ 3. 节拍器	(42)
§ 4. 打点器	(45)
§ 5. 单摆	(54)
§ 6. 电子数字式计时器	(56)
§ 7. 频闪摄影	(66)
4. 胡克定律	
§ 1. 弹簧的形变和外力的关系	(74)
§ 2. 测力计(弹簧秤)	(78)
§ 3. 物体的微小形变	(84)
§ 4. 钢丝的微小形变	(85)
§ 5. 用橡皮带演示胡克定律	(89)
5. 比重的比较	
§ 1. 用天平比较固体的比重	(91)
§ 2. 液体比重的比较	(94)

§ 3. 液体、固体比重演示器	(94)
§ 4. 气体比重的比较	(96)
§ 5. 用投影法比较气体的比重	(98)
6. 比重的测定	
§ 1. 根据比重定义测固体比重	(101)
§ 2. 根据阿基米德定律应用测力计测固体比重	(104)
§ 3. 根据阿基米德定律应用杠杆测固体比重	(106)
§ 4. 液体比重的测定	(108)
§ 5. 用比重计直接测定液体比重	(109)
§ 6. 用海尔法等测定液体比重	(111)
§ 7. 空气比重的测定	(113)
7. 摩擦力	
§ 1. 静摩擦力的演示	(116)
§ 2. 摩擦演示器	(118)
§ 3. 滚动摩擦力和滑动摩擦力的演示	(120)
8. 摩擦系数	
§ 1. 摩擦系数的测定	(125)
§ 2. 静摩擦系数(摩擦角)的测定	(127)
§ 3. 用斜面测定滑动摩擦系数	(129)
9. 牛顿第三运动定律	
§ 1. 磁极相互作用演示器	(132)
§ 2. 用力学小车验证牛顿第三运动定律	(136)
§ 3. 用气垫导轨演示牛顿第三运动定律	(140)
§ 4. 物体相互作用的演示	(142)
10. 二力平衡	
§ 1. 二力平衡的演示	(153)
11. 力的合成和分解	
§ 1. 互成角度的二力合成	(158)
§ 2. 用力桌研究力的合成	(162)
§ 3. 演示合力的大小与分力间夹角的关系	(164)

§ 4. 演示重力在斜面上的分解	(168)
§ 5. 三角支架的受力分析	(174)
§ 6. 斜向力的分解	(176)
§ 7. 力的分解投影片	(179)
§ 8. 同向平行力的合成	(180)
§ 9. 同向平行力的分解	(182)
12. 重心和稳度	
§ 1. 确定物体重心	(185)
§ 2. 物体稳度的演示	(189)
13. 力矩和力矩的平衡	
§ 1. 力矩的演示	(199)
§ 2. 用力矩盘研究有固定转轴物体的平衡	(201)
§ 3. 用杠杆研究有固定转轴物体的平衡	(204)
14. 简单机械	
§ 1. 杠杆	(207)
§ 2. 滑轮和滑轮组	(212)
§ 3. 轮轴	(219)
§ 4. 杠杆原理多用轮	(223)
§ 5. 斜面	(225)
§ 6. 螺旋千斤顶	(230)
15. 压强	
§ 1. 压强大小与受力面积的关系	(234)
§ 2. 压强演示器	(238)
16. 液体内部压强	
§ 1. 帕斯卡球	(241)
§ 2. 帕斯卡定律演示器	(244)
§ 3. 液体内部对压强的传递	(248)
§ 4. 水压机模型	(250)
§ 5. 油压机模型	(255)
§ 6. 液体内部压强的大小	(258)

§ 7. 液体内部压强实验器	(260)
§ 8. 用 U 形压强计研究液体内部压强	(267)
§ 9. 液体对底面压强演示器	(268)
§ 10. 连通器	(269)
17. 气体压强	
§ 1. 马德堡半球	(271)
§ 2. 验证大气压的存在	(275)
§ 3. 吸取式抽水机	(283)
§ 4. 虹吸实验	(285)
§ 5. 托里拆利实验	(286)
§ 6. 水银清洁法	(292)
§ 7. 气压计	(293)
§ 8. 离心式抽水机模型	(302)
18. 浮力	
§ 1. 浮力产生的原因	(308)
§ 2. 浮力的大小	(309)
§ 3. 阿基米德定律演示器	(311)
§ 4. 物体的浮沉条件	(316)
§ 5. 潜水艇模型	(320)
§ 6. 浮沉子	(322)
§ 7. 气体的浮力和浮沉条件	(324)
§ 8. 气体的浮力与阿基米德定律	(327)

1. 长度的测量

概 述

掌握刻度尺、游标卡尺、螺旋测微器的原理和它们的使用方法,根据对被测物体长度的精度要求的不同,正确地选择和使用具有不同量级精度的测量长度的器具。

计量就是人们用计量器具对物理量、化学量进行的测量,以认识物体的各种特性。学会计量工作,掌握统一的计量制,正确使用计量器具,这不仅是物理实验的一项基本功,而且对学生将来参加科学研究、工农业生产和国际交往活动等,都极为重要。

长度计量是最基本的计量。长度计量包括端面、角度、线纹、平度、光洁度等多方面的内容。而本项实验中的长度测量只限于用刻度尺,内、外卡钳,游标卡尺,螺旋测微器来测量物体的线度。

刻度尺、游标卡尺、螺旋测微器具有不同量级的精密度。精密度的量级,决定于这些计量器具的最小刻度:常用刻度尺的最小刻度为 0.1 厘米,常用游标卡尺的最小刻度为 0.01 厘米,螺旋测微器的最小刻度为 0.001 厘米,其精密度按量级渐次增高。计量器具精密度的提高,可减小测量误差,但不能绝对消除误差。而减小误差,不仅决定于计量器具的精密度,还决定于测量方法是否正确。

§1. 用刻度尺测物体长度

本实验通过测量圆筒的内外径和高度,掌握使用刻度尺和内外卡的方法。

器材:

刻度尺,内、外卡钳,圆筒(待测物体)。刻度尺是测量长度的基本工具。中学物理教学中常用的有毫米刻度尺和演示米尺。

在实验中测量长度,刻度尺是最基本的工具,因此必须熟练掌握正确使用它的方法和注意事项:

(1) 根据测量需要达到的准确程度选择尺的最小分度。

(2) 刻度尺零点线不一定选作测量时的起点线, 因为刻度尺的端面常被磨损。可以在尺上选取任一刻度线作为测量的起点线。

(3) 使用厚刻度尺时, 要照图 1-1-1, *a* 那样放置, 使尺的刻线接近被量物体, 这样才容易看清被测物体的边缘跟尺上的哪条刻线对齐。刻度尺在被量物体上的位置不能象图 1-1-1, *b* 那样歪斜。

(4) 在刻度尺上读数时, 视线应与尺垂直, 且使被测物体的边线、刻度线、视线重合在一起(图 1-1-1, *c*), 以减少视差, 不要象图 1-1-1, *d* 那样读数。

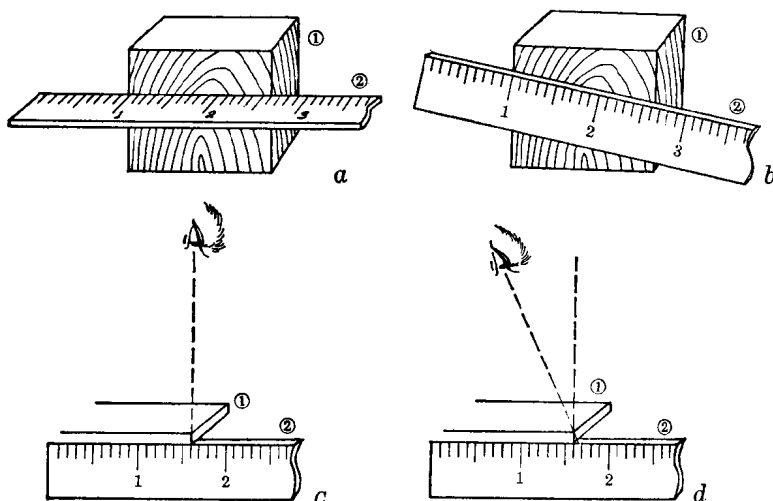


图 1-1-1

① 待测物体

② 刻度尺

(5) 正确使用刻度尺的注意之点, 在课堂上可用米尺进行演示教学。米尺的最小分度是厘米。为了避免视差, 还可用小尺, 把它的一

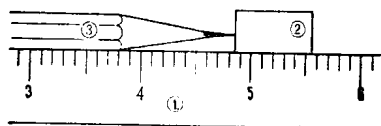


图 1-1-2

① 刻度尺 ② 小尺 ③ 待测物体

边紧靠在刻度尺上, 小尺的端面紧靠待测物体(如铅笔), 于是由小尺端面在刻度尺上的位置可取得较正确的读数(图 1-1-2)。

在有些情况下, 直接用刻度

尺测量长度很不方便,量出的结果也不很准确。这时可利用卡钳作辅助工具,使测量更方便、更准确。

卡钳是由装在同一轴上并能绕轴转动的两只弯脚构成的。分内卡钳(测内径)和外卡钳(测外径)两种(图 1-1-3),本实验就是用刻度尺配合卡钳测圆筒的内外径。

步骤:

1. 用外卡钳的两只脚尖紧贴待测圆筒,使两脚尖的距离等于圆筒的外径。然后用刻度尺量出外卡钳两脚尖的距离(图 1-1-4)。

刻度尺上的读数即为圆筒的外径值。转动圆筒,在不同位置测三次外径值,把测量数据填入表 1-1-1,并求取圆筒外径的平均值。

2. 用内卡钳的两脚尖紧贴被测圆筒的内壁,用相同的方法在刻度尺上读出圆筒的内径值(图 1-1-5)。转动圆筒,测不同位置的内径值三次,把数据填入表 1-1-1,求取圆筒内径的平均值。

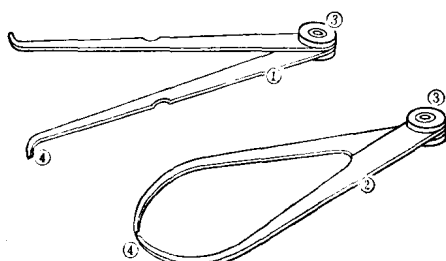


图 1-1-3

① 内卡钳 ② 外卡钳 ③ 轴 ④ 脚尖

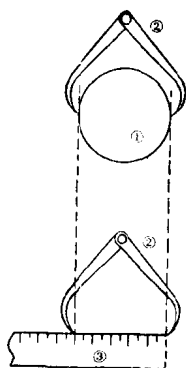


图 1-1-4

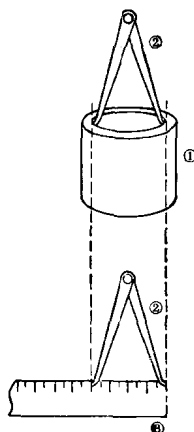


图 1-1-5

① 待测圆筒 ② 外卡钳 ③ 刻度尺 ① 待测圆筒 ② 内卡钳 ③ 刻度尺

4 1. 长度的测量

表 1-1-1

测量对象 \ 测量次数	1	2	3	平 均 值
圆筒外径 (毫米)				
圆筒内径 (毫米)				

注意事项:

1. 测量时内卡钳应与圆筒端面垂直,外卡钳则必须与圆筒端面平行,一定要使被测圆筒的内、外最宽部分紧贴卡钳的两脚尖,防止将端面圆的弦长当作直径。

2. 改变卡钳两脚尖之间微小距离时,不要用手直接拉,只要将卡钳的一只脚在坚硬的物体上轻轻地敲一下。敲脚的外侧,脚尖间距减小;将卡钳倒过来用轴底轻敲,脚尖间距会稍微增大。

3. 从圆筒上取下卡钳时应该小心,避免因碰撞而改变两脚尖的间距。

4. 用最小分度为毫米的刻度尺量卡钳脚尖间距时,对毫米以下的估计数要读出。

参考:

1. 自制内外卡钳可按图 1-1-6a、b 制作,材料可用 1 毫米铁皮或约 2 毫米厚的胶木板。

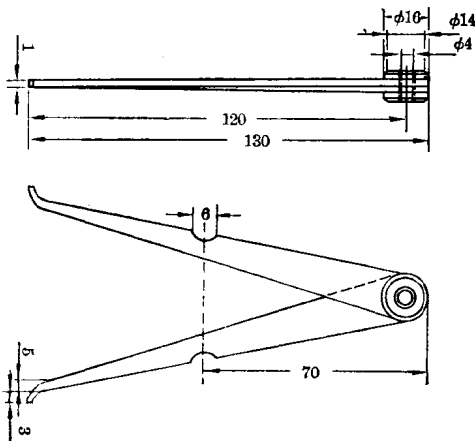


图 1-1-6a

2. 演示时,可使用金工车间的大卡钳或自制木质大卡钳,被测量的圆柱体可用实验室的大玻璃筒,刻度尺用演示米尺。

3. 灵活应用刻度尺可解决一些实际问题:

(1) 用毫米刻度尺测漆包线直径: 如图 1-1-7 所示,用漆包线在圆形铅笔上密绕 20 圈(不可重

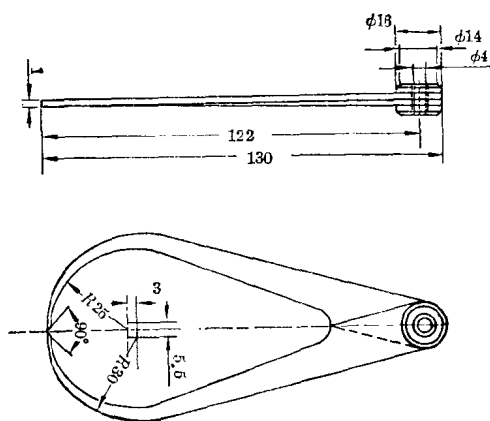


图 1-1-6 b

迭)。然后用刻度尺量出绕在铅笔上的线圈的长度(线圈不能松动)。按照相同方法在笔杆上绕 30 圈、40 圈,分别量出线圈的长度,将结果填入表 1-1-2。由表内数据,用每次所绕漆包线的圈数分别去除相应的线圈长度,即得漆包线的直径。根据三次实验结果求取漆包线直径的平均值。

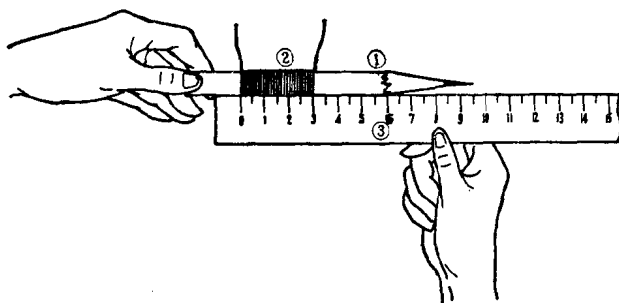


图 1-1-7

① 圆形铅笔 ② 待测直径漆包线 ③ 刻度尺

表 1-1-2

实验次数	所绕漆包线圈长度 (毫米)	线圈圈数	漆包线直径 (毫米)
1			
2			
3			

漆包线直径的平均值 _____ 毫米

本实验所选用的漆包线应直而均匀。如不直，可将漆包线紧靠在硬的圆柱上往复拉拽几次。在笔杆上绕好线圈后，应该用两指夹紧线圈，然后用刻度尺测量，测量过程中切勿使线圈松开。

(2) 用毫米刻度尺测量钢珠的直径：将数粒直径相同的钢珠排齐在刻度尺的测量面，再取另一直尺或板将它们夹住，两端各用两块小木块(面要平直)将钢珠压紧排齐(图 1-1-8)，在刻度尺上读出两块木块

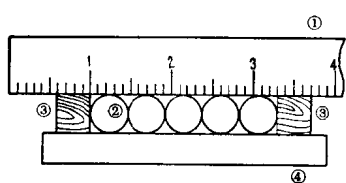


图 1-1-8

- ① 刻度尺 ② 直径待测的钢珠
③ 小木块 ④ 直尺或板

与钢珠接触的端面间的距离(所有钢珠的总长度即直径之和)，再用钢珠的个数去除这个测量值，即为一个钢珠的直径。依照上述方法，变更钢珠的数目，进行三次测量，并算得钢珠的三次直径值，填入表 1-1-3，最后计算钢珠直径的平均值。

表 1-1-3

实验次数	钢珠排列总长度 (毫米)	钢珠数	钢珠直径 (毫米)
1			
2			
3			
钢珠直径平均值 _____ 毫米			

(3) 测量圆柱体(如圆玻璃筒)的周长：在圆柱体的一端的边缘做一标记，取一张白纸，在纸上划一直线，将纸上的 A 点对准圆柱体边上的标记，使圆柱体在纸上沿直线方向转一周，转动时不要使圆柱体滑动，令标记与直线的交点为 B (图 1-1-9)，用刻度尺量出 AB 间的距离就是该圆柱体的周长。如利用纸带绕圆筒一周，也可测量圆周长。

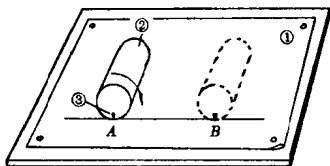


图 1-1-9

- ① 纸 ② 待测圆筒 ③ 标记

(4) 用刻度尺测圆锥体高及球的直径：按图 1-1-10 所示，利用刻度尺和直角三角尺测量圆锥体的高及球的直径，

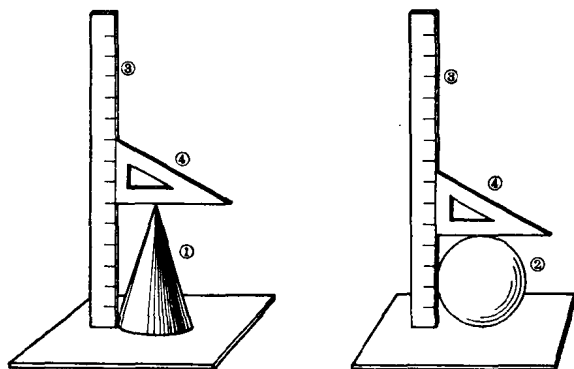


图 1-1-10

① 待测圆锥体 ② 待测球 ③ 刻度尺 ④ 三角尺

然后可以让学生思考该如何测量身长才比较准确。

§ 2. 用游标卡尺测物体长度

游标卡尺是一种常用量具,本实验通过对金属圆筒的测量,掌握游标卡尺的使用方法。

器材:

游标卡尺, 金属圆筒 (待测物体)。游标卡尺(简称为卡尺),如图 1-2-1 所示,它是由主尺和游标尺组成的,主尺类似于一般的钢皮尺。主尺上刻有若干刻度。游标尺是一个辅助的测量装置。它的作用,一方面便于准确地观察刻度,另一方面也提高了游标量度的精度。它的左测脚固定在主尺上,并与主尺垂直。右测脚与左测脚平行,固定在游标尺上,可以随同游标尺一起沿主尺滑动。利用上面一对测脚,可测量槽的宽度和管的内径,故称内测脚。利用下面一对测脚,可测量物体的厚度和管的外径,故称外测脚。利用固定在游标尺上窄片(深度尺),可量得槽和筒的深度。

主尺的最小分度是 1 毫米,游标尺上一般有 10 个小的等分刻度,它们的总长度等于 9 毫米。因此游标尺的每一分度为 0.9 毫米,比主尺的最小分度相差 0.1 毫米,所以左右测脚并合时,游标尺的零刻度线

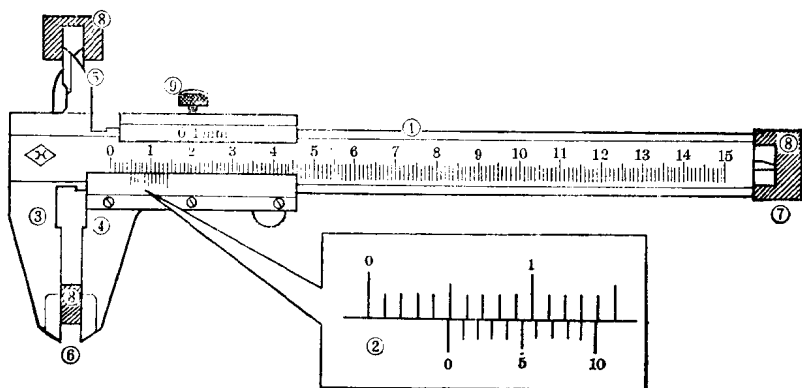


图 1-2-1

- ① 主尺 ② 游标尺 ③ 左测脚 ④ 右测脚 ⑤ 内测脚
⑥ 外测脚 ⑦ 深度尺 ⑧ 待测物体 ⑨ 止动螺丝

与主尺的零刻度线重合,游标的第10根刻度线应和主尺9毫米的刻度线重合,其余的刻度线都不重合。若在卡尺两测脚间放一厚0.1毫米的纸片,游标尺就向右移动0.1毫米,这时游标的第一条刻度线与主尺的1毫米刻度线重合,其余的刻度线都不重合。同样,若卡尺两测脚间的距离为0.5毫米,则游标的第5条刻度线将与主尺上的5毫米刻度线重合。由此可从游标尺上测出小于1毫米的线度。

若被测物体的线段大于1毫米,则整数毫米数可在主尺上读出,不足毫米数的部分可从游标尺上读出,这两根尺的读数之和即为被测物体的线度,图1-2-1所示的被测物体的线度是4.9毫米,测量的精度为0.1毫米。

当游标卡尺的两测脚并合时,主尺和游标的零刻度线可能不重合,因而有零点读数,这样在测量时会产生零误差,这种由测量仪器本身产生的系统误差不能避免,但记住这个零点读数,可在最后的测量读数中进行修正。如果游标的零刻度线位于主尺零刻度线的左侧,零误差为正,应在最后读数中加上零点读数。反之则为负,应在测量读数中减去零点读数。

步骤:

1. 测量前,先使两测脚并合,若主尺与游标尺的零刻度线不重合,记下零点读数(即零误差),以便修正测量结果。

2. 测金属圆筒的长度 L (图 1-2-2)时,先把卡尺外测脚张开到比圆筒的长度稍大些,然后慢慢地滑动游标,使测脚轻轻地卡住圆筒(不要夹得太紧),将游标上的止动螺丝拧紧,以免游标滑动,取出卡尺再读数,在不同位置重复四次,每次都根据零误差修正,将数据填入表 1-2-1。

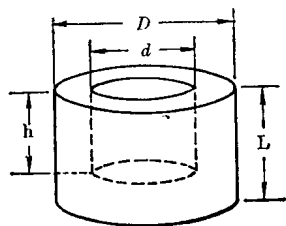


图 1-2-2

3. 测金属圆筒的外径 D (图 1-2-2)时,方法同前,将外测脚卡在圆筒上找出最大尺寸点,在不同位置重复测四次,将测量值修正后填入表 1-2-1。

表 1-2-1

游标卡尺的零误差 ± _____ 毫米				
内 容 次 数	圆筒长度 L (毫米)	圆筒外径 D (毫米)	圆筒内径 d (毫米)	圆筒深度 h (毫米)
1				
2				
3				
4				
平均值				

4. 测金属圆筒的内径 d (图 1-2-2)时,将卡尺内测脚张开得比内径稍小些,先将一个测脚与孔边接触后,再轻轻拉动另一测脚,使测脚紧贴圆筒内壁的最宽部分即内径处。在不同位置重复测四次,将测量值修正后填入表 1-2-1。

5. 测金属圆筒的深度 h (图 1-2-2)时,将深度尺竖直地插入金属圆筒的底部,使主尺的底端与圆筒的端面相碰对齐,然后拧紧游标上的螺丝,用相同的方法读数并修正,将四次测量数填入表 1-2-1。