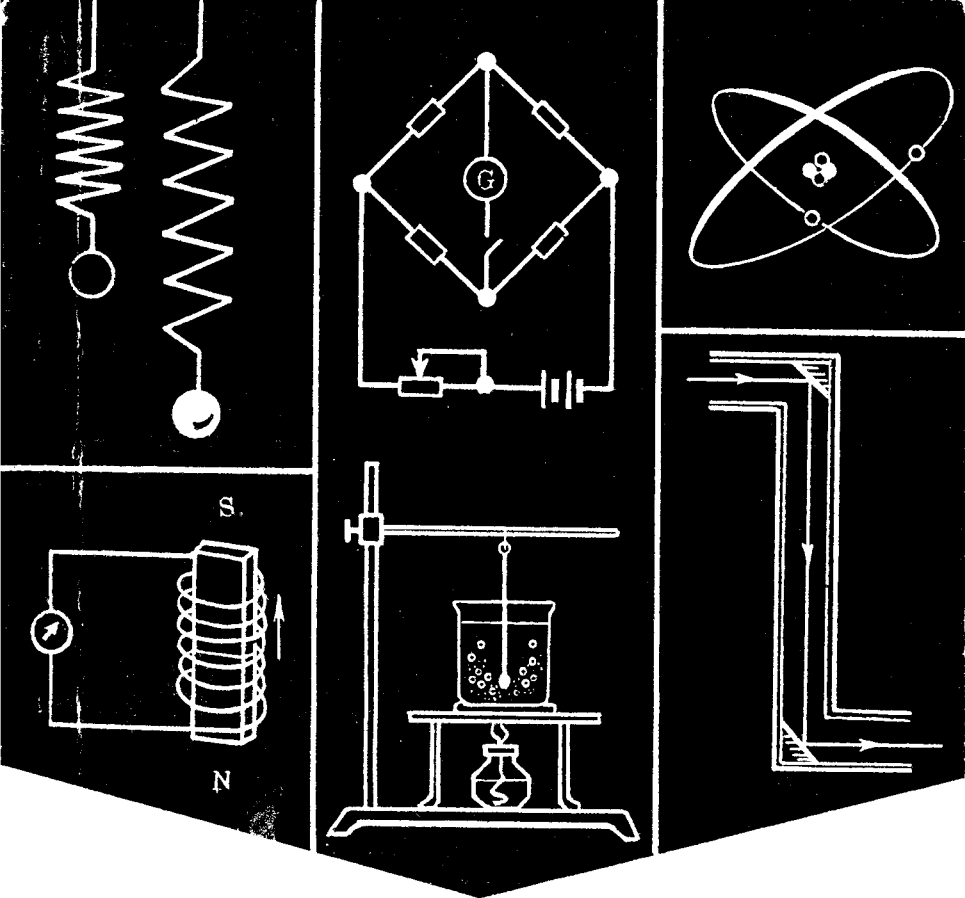




刘绍阳 张为人 田伯和

中学物理实验习题解答

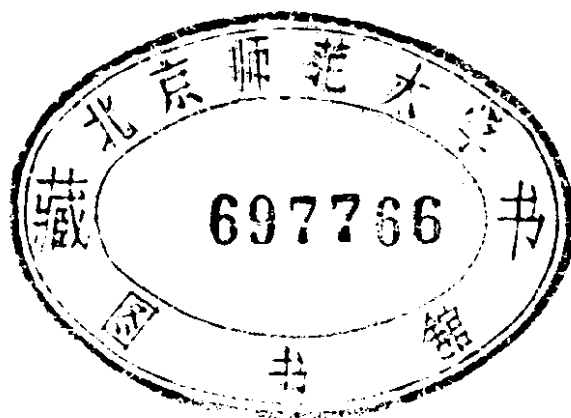
知 识 出 版 社

ZHONGXUE WULI SHIYAN XITI JIEDA

中学物理实验习题解答

刘绍阳 张为人 田伯和

571/56/28



知识出版社

中学物理实验习题解答

刘绍阳 张为人 田伯和

知识出版社出版

(上海人民广场大楼)

新华书店上海发行所发行 上海新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5.25 字数 114,000

1980年6月第1版 1980年6月第1次印刷

印数 1—250,000

书号: 13214·3 定价: 0.44元

前 言

在中学物理教学中，实验教学是基础。为了配合实验教学，我们尝试着编写了这本实验习题集。实验习题固然不能代替观察和实验，但却是一种有效的辅助手段。本书的一百余道实验习题，范围包括力学、热学、电学、光学、原子物理学，在命题与解答中对实验目的、原理、方法步骤、注意事项、仪器设备、技能技巧各有所侧重，以加深学生对实验的认识。有的题解，则是通过介绍实验，帮助学生扩大知识面。

本书在编选过程中，承冯容士、陈燮荣同志提出宝贵意见，谨在此表示感谢。由于作者水平有限，错误之处在所难免，希望读者批评指正。

编 者

一九八〇年五月

目 录

一、力学.....	1
二、热学.....	44
三、电学.....	55
四、光学	135
五、原子物理学	150

一、力 学

1. 物理量的测量和数据处理是物理实验的基本功之一。你在做实验之前,是否了解:

1. 什么是误差?什么是错误?误差与错误是否可以避免?
2. 什么是系统误差?什么是偶然误差?什么是绝对误差?什么是相对误差?

3. 下列数据: 5.4000 米, 0.5400 米, 0.0540 米, 0.0054 米, 0.54×10 米, 54×10^{-2} 米, 54.00×10^{-3} 米, 540×10^{-4} 米, 其有效数字各是几位?

解答:

1. 用正确的实验方法得出的测量值与真实值之差称为“误差”, 用不正确的实验方法造成的结果称为“错误”。误差是不可避免的, 但可以尽量地减小, 如提高仪器的精密度, 加强实验的严格性等等, 就可以减小误差。错误是可以而且应当避免的。

2. 系统误差是由于仪器不可能绝对精密和实验方法粗略, 或实验原理不完善而产生的误差。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误差。绝对误差是测量值与真实值之差。相对误差是绝对误差与真实值的比值, 常用百分比表示。

3. 下列数据中用方框框出的即为有效数字位数:

$\boxed{5.4000}$ 米, $0.\boxed{5400}$ 米, $0.0\boxed{540}$ 米, $0.00\boxed{54}$ 米,
 $0.\boxed{54} \times 10$ 米, $\boxed{54} \times 10^{-2}$ 米, $\boxed{54.00} \times 10^{-3}$ 米,

540×10^{-4} 米。

2. 使用各种测量仪器测得下列几个数据：

长度： 1.342×10^3 毫米；质量：0.0030 克；时间：12.5 秒；

温度： 114°C ；电压：15 伏特；电流强度：0.0344 安培；

电阻：24 千欧姆。

问：每个数据各有几位有效数字？各测量仪器的最小刻度是怎样的？

解答：

题中测得的读数，其有效数字依次为长度：四位；质量：二位；时间：三位；温度：三位；电压：二位；电流强度：三位；电阻二位。仪器的最小刻度依次为长度：厘米；质量：毫克；时间：秒；温度： 10°C ；电压：10 伏特；电流强度：毫安；电阻：10 千欧姆。

3. 如图 1-3-1、2、3 分别是用米尺、游标卡尺、螺旋测微器量度同一个圆柱体直径的实物图和其标尺示意图。

问：

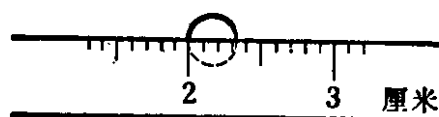
1. 使用米尺、游标卡尺、螺旋测微器各应注意些什么？

2. 写出图 1-3-1、2、3 用不同量具测量同一圆柱体直径所得的读数。

3. 动手做实验，用每一种量具多次重复测量，记录数据，并计算出各自测量的平均值。

解答：

1. 使用米尺测量圆柱体直径时，应使米尺上的刻度与圆柱体的直径处处密合。即把尺的刻度面与圆柱体的端面竖



直尺

图 1-3-1

直。为了避免因尺的两端已有磨损而产生的误差，应以米尺的任一分度线为起点，不必以零点线为起点。观察时视线要

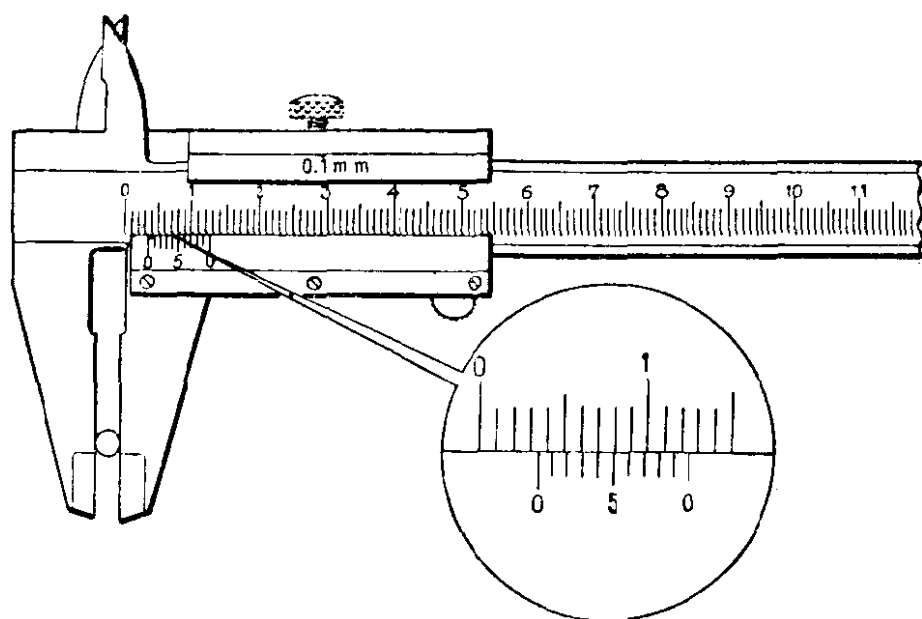


图 1-3-2

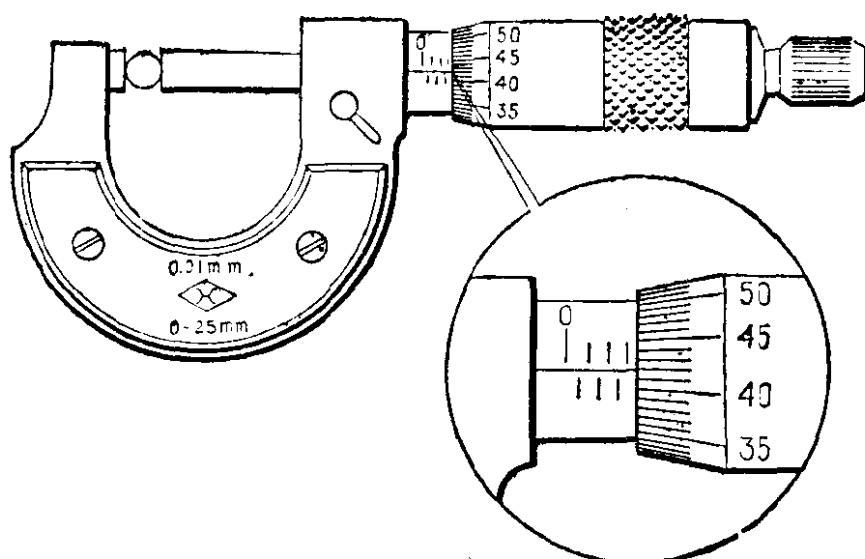


图 1-3-3

正对圆柱体直径的端点,以减少视差。读数时,不仅要记录到毫米位数,还要估计到毫米的下一位数。

使用游标卡尺测量圆柱体直径时,应检查游标卡尺的零点读数(称零误差),以便记取数据时修正这一零点读数。另外,还应认识游标卡尺的精密度,记录数据时应使数据的末位和游标卡尺的精密度相符合。

使用螺旋测微器测圆柱体直径，同样应了解它的零点读数和仪器的精密度。测量时，在小砧快靠近圆柱体时，应改用微调旋钮，使小砧对圆柱体压力不致过大。

使用上述三种量具测量圆柱体直径，一般需在圆周的不同位置重复测量多次，然后求出它的平均值。

2. 用米尺测得圆柱体直径为 3.4 毫米；用游标卡尺测得圆柱体直径为 3.40 毫米；用螺旋测微器测得圆柱体直径为 3.418 毫米。

4. 天平可用来测定物体的质量，但是，试问：

1. 能否用天平测定一块面积为 10 厘米^2 的薄铁片的厚度？

2. 如果另外给一块厚度均匀、任意形状的铁片，能否利用天平和米尺来测出它的面积？请说明实验原理和实验方法。

解答：

1. 铁的比重可由比重表查得。因此，只要称得铁片的重量就可算出铁片的体积。因为铁片的面积为已知值，所以由体积公式可推算出铁片的厚度。

2. 先用上述方法测出铁片体积，再用刻度尺量出铁片厚度，两者相除即能求出铁片的面积。

5. 天平是中学物理实验的基本仪器之一。如图 1-5-1 所示。请根据图中标出的字母，写出天平各部分的名称。并回答下列问题：

1. 如何调节天平底座平衡？

2. 如何调节天平横梁平衡？

3. 砝码和被称量物体各应放在哪个盘中？

4. 为什么要用镊子取换砝码？

5. 当要增减盘中砝码时，应注意怎样保护天平刀口？

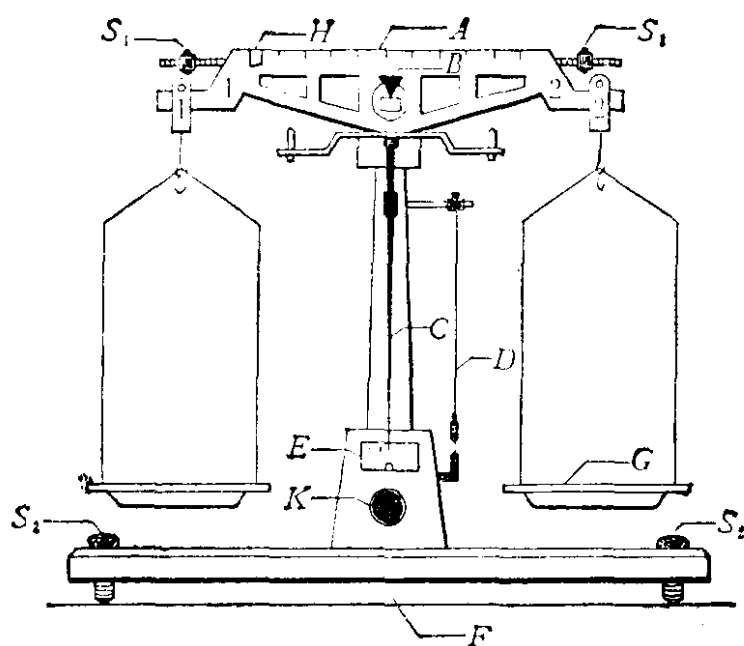


图 1-5-1

6. 在测量物体质量过程中, 常要观察指针是否指在零点, 以便判断此时天平是否平衡。但一般指针要摆动相当长的时间才能静止, 能否在它摆动过程中就判定它已处于平衡状态呢?

7. 如何正确记录砝码数值?

8. 什么叫复称法(又名高斯法)? 有何用处?

9. 怎样安装和保养一架天平?

解答:

A : 横梁; B : 刀口; C : 指针; D : 重锤线;

E : 标尺; F : 底座; G : 称盘; H : 游码;

K : 止动旋钮; S_1 : 平衡螺丝; S_2 : 调平螺旋。

1. 反复调节底座两个螺旋 S_2 , 直到使重锤的锤尖对准底座上的锥尖。

2. 将游码移至零点, 调节平衡螺丝 S_1 , 转动止动旋钮支起横梁, 看指针是否对准标尺零点。

3. 通常情况下,被称量物体放在左盘,砝码放在右盘。
4. 用镊子可保持砝码清洁,以提高天平称量的准确程度。
5. 当增减砝码时,应先使横梁止动。
6. 当观察到指针在零点两侧摆动幅度相等时,即可判定天平已处于平衡状态。

7. 记录砝码数值时,先在盘中从大到小依次记录砝码的数值,然后逐个将砝码从大到小从盘中取出放到砝码盒盖内,边放边记数(注意单位的正确),进行核对,确定无误后再把砝码放回盒槽内。使用游码时要能正确读出游码尺上的读数。记录读数后使游码回到零点。

8. 由于制作条件的限制,天平两臂不可能绝对相等。为了用简单的天平作较精确的称量,通常采用复称法,即第一次将所称物体置于天平右盘,于左盘加砝码 m_1 使天平平衡。第二次将物体置于左盘,于右盘加砝码 m_2 ,使天平再次平衡。设物体质量为 m ,天平杆臂长度为 l_1 和 l_2 ,则

第一次称量应得

$$ml_1 = m_1l_2 \quad (1-5-1)$$

第二次称量应得

$$m_2l_1 = ml_2 \quad (1-5-2)$$

将(1-5-1)、(1-5-2)两式相除,得

$$m = \sqrt{m_1m_2}$$

9. 天平是比较精密的仪器,使用时必须严格遵守下面的规则:(1)不要用手触天平盘,更不能把湿的、脏的东西或化学药品直接放在天平盘里,以防盘子生锈或被腐蚀。(2)砝码只能用镊子夹取,不能用手拿,用完后应及时放回砝码盒内,不能任意放在别的地方,否则砝码会生锈。(3)往天平盘里放物体和加减砝码时,要轻拿轻放,防止天平震动过大,损坏

刀口。(4)只有在观察天平是否平衡时才能让中央刀口支在浅槽中。其他时间,如取放物体、加减砝码和调节螺旋时,都要转动止动旋钮 E ,让中央刀口离开浅槽,使横梁止动,以免磨损刀口。(5)每架天平都有一定的称量范围,切不可用来称量超过这个范围的物体,否则将损坏天平。(6)天平用毕以后要保护好,不要放在易受震动的地方,也不要放在太阳直接照射和潮湿的地方。

6. 在物理实验中,我们经常利用闪光照片来研究物理现象和测定某些物理量。因此,我们必须学会分析闪光照片。

图 1-6-1 是根据一张闪光照片重新绘制的,拍摄的间隔时间为 $\frac{1}{10}$ 秒,图中小球自左向右运动,小球的位置用 1、2、3……来编号。

现请你根据图 1-6-1:

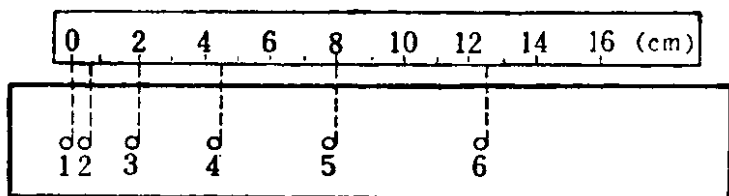


图 1-6-1

1. 算出小球在每个 $\frac{1}{10}$ 秒的时间间隔内的平均速度 $\bar{v}$ 和加速度 a , 画出小球从位置 1 到 6 的位移-时间图象。

2. 利用上面的计算结果,画出速度-时间图象,根据此图分析小球作什么运动。

解答:

1. 根据平均速度公式 $\bar{v} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ 和加速度公式 $\bar{a} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}$,

可计算数据列表，这里算出的加速度实际上是每一相同时间间隔内的平均加速度，当时间间隔取得足够小时，平均加速度可看作瞬时加速度。列表 1-6-1 如下：

表 1-6-1

	Δt (秒)	S (厘米)	ΔS (厘米)	$\bar{v}$ (厘米/秒)	v_t (厘米/秒)	$\bar{a}$ (厘米/秒 ²)
1~	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
~2	0.1	0.5	0.5	5	10	100
~3	0.1	2.0	1.5	15	20	100
~4	0.1	4.5	2.5	25	30	100
~5	0.1	8.0	3.5	35	40	100
~6	0.1	12.5	4.5	45	50	100

根据上表可在 $S-t$ 、 $v-t$ 坐标第 I 象限上描点，然后根据描点可画出图象 1-6-2。

2. 由图 1-6-3 可以看出速度-时间图象是一条通过原点的直线，它的斜率大于零，再结合照片中的直线轨迹，由此，小球的运动可看作是初速度为零的匀加速直线运动。

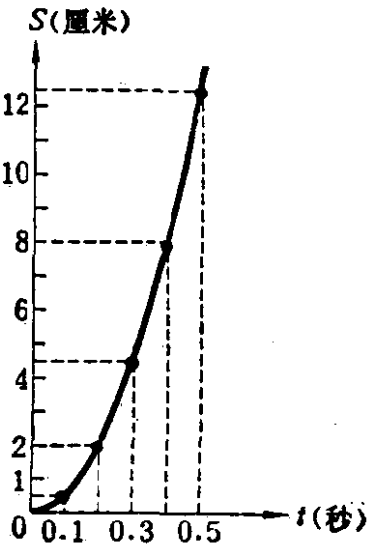


图 1-6-2

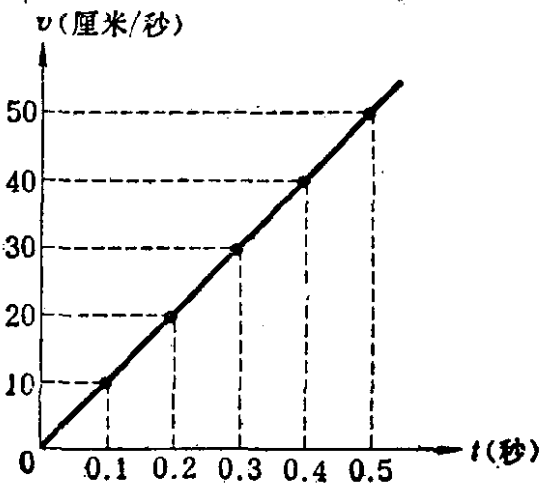


图 1-6-3

7. 图 1-7-1 是根据平抛小球的闪光照片改画制成的。拍摄时每次闪光时间相隔为 $\frac{1}{30}$ 秒。

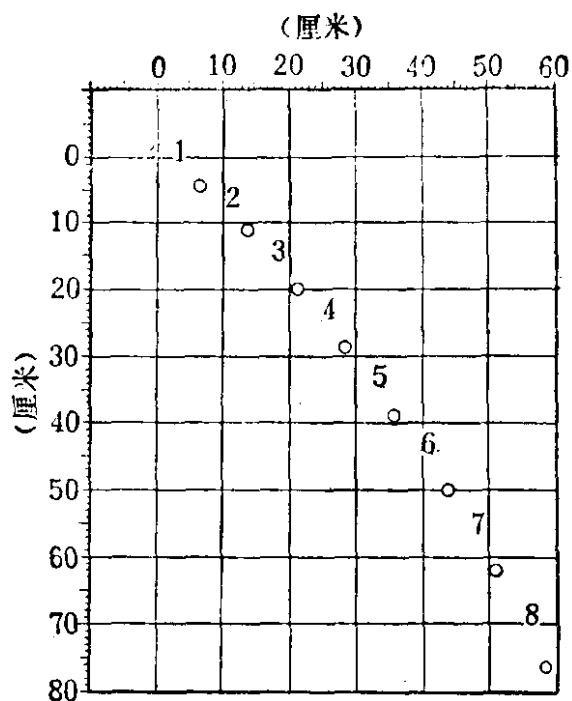


图 1-7-1

问：

1. 小球在水平方向上作什么运动？它的速度多大？
2. 小球在竖直方向上作什么运动？它的加速度多大？

解答：

1. 据图 1-7-1 可以测出小球在水平方向上每隔 $\frac{1}{30}$ 秒通过的路程都是 7.5 厘米，所以小球作匀速直线运动，速度的大小为 225 厘米/秒。

2. 据图 1-7-1 可以测出小球在竖直方向上，每个位置离坐标原点的距离，然后分别算出每个 $\frac{1}{30}$ 秒的间隔内的位移、

平均速度和平均加速度。为了分析方便，我们可以把上述数据列表。从表中我们看到，在实验允许的误差范围内，加速度近似不变，因此，可以认为小球在竖直方向上，向下作匀加速直线运动，加速度的平均值为 978 厘米/秒²。

从上述闪光照片分析说明作平抛运动的物体，可以看作在水平方向上作匀速直线运动和竖直方向上作自由落体运动的合运动。

表 1-7-1

间隔 编号	位 置 y (厘米)	位 移 Δy (厘米)	平均速度 $\bar{v} = \frac{\Delta y}{\Delta t}$ (厘米/秒)	平均速度的 变化量 $\Delta \bar{v}$ (厘米/秒)	平均加速度 $\bar{a} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}$ (厘米/秒 ²)
1	5.9	5.9	177		
2	12.9	7.0	210	33	990
3	21.0	8.1	243	33	990
4	30.2	9.2	276	33	990
5	40.4	10.2	306	30	900
6	51.7	11.3	339	33	990
7	64.2	12.5	375	36	1080
8	77.7	13.5	405	30	900

y 是小球在已知间隔末的位置， Δy 是小球在已知间隔内的位移。

8. 我们知道利用滑轮组起吊重物可以省力，现在给你一些定滑轮和动滑轮，如图 1-8-1 所示，请按照图中要求用线将它们连接起来(忽略滑轮重量和摩擦阻力)。

解答：

如图 1-8-2 所示即可达到要求。

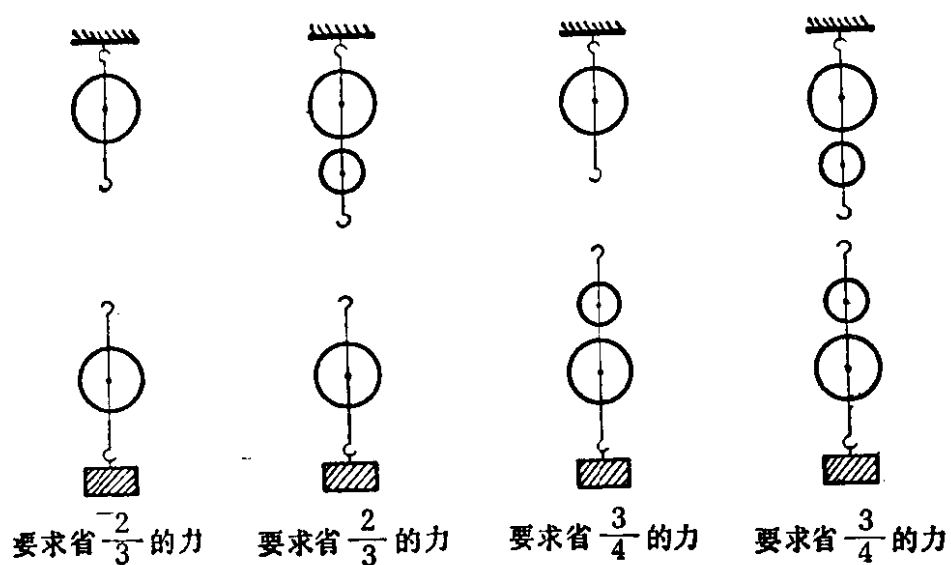


图 1-8-1

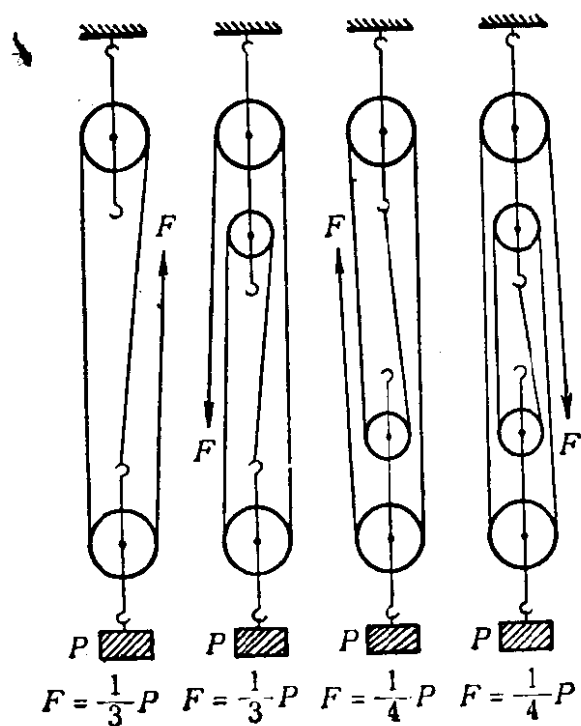


图 1-8-2

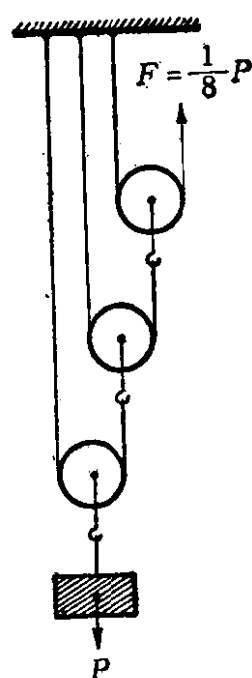


图 1-9-1

9. 给你 3 个滑轮,要求利用这个滑轮组匀速起吊重物时能省 $\frac{7}{8}$ 的力,问应该怎样连接这些滑轮(忽略轮重和摩擦)?

解答:

如图 1-9-1 所示。

10. 取两根长度都为 L ，但粗细不同的轻质弹簧竖直悬挂在同一水平梁上，下端分别连接在一根粗细均匀的金属棒的两端，金属棒的长度为 L_1 ，重量为 G 。然后，再用细线在金属棒的某一位置挂上重量为 G_1 的钩码，如图 1-10-1 所示。适当调节细线在金属棒上位置，使金属棒保持水平。如果给你一把刻度尺，问需要测出哪些数据，就可粗略计算出两根弹簧的各自的倔强系数？

解答：

如图 1-10-2 所示，假设挂钩码的细线放在金属棒上 C 点时，金属棒保持水平，用米尺测量出 AC 的长度 L_2 和被拉伸后弹簧的长度 L' ，就可以粗略地计算出两根弹簧的倔强系数。方法如下：

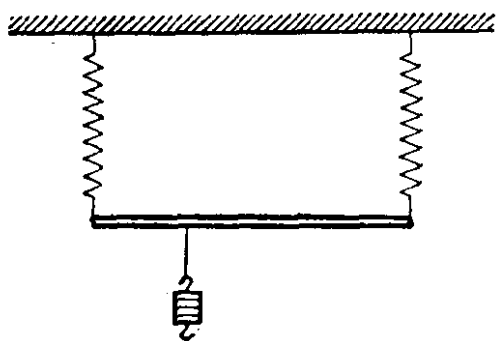


图 1-10-1

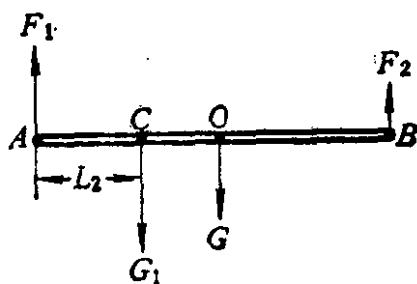


图 1-10-2

金属棒 AB 受到四个力的作用：两根弹簧的拉力 F_1 、 F_2 ，细绳拉力 G_1 （等于钩码的重量）和金属棒本身的重量 G 。

根据物体平衡条件，取 A 为支点

$$\therefore \Sigma M_A = 0$$

$$G \times AO + G_1 \times AC - F_2 \times AB = 0$$

$$\therefore F_2 = \frac{G \times \frac{L_1}{2} + G_1 \times L_2}{L_1}$$