

# 新实验报告册：高中物理



四川大学出版社



# 说 明

为了加强实验教学,帮助学生做好物理实验,养成良好的实验习惯,学好物理,增加动手能力,全面提高素质,我们组织有经验的特级教师、高级教师和教研员编写了这一套物理实验报告册.

这本实验报告册的每个实验包括六个部分:

(1) 知识储备: 指导复习与该实验有关的知识内容及技能要求;

(2) 注意事项: 提示实验操作要领、规范、技巧及一些安全措施;

(3) 过程展现: 为该实验全过程的记录及计算、结论等;

(4) 反思与探究: 是该实验内容的深化及延伸,帮助学生进一步掌握与该实验有关的教学内容;

(5) 应用拓展: 联系生产生活实际,引导学生运用该实验方法解决生活中的相应问题;

(6) 巩固提高: 提供与实验有关的考试信息,并精选试题为例加以印证.

我们相信,认真按照这六个部分进行教学和学习,对提高学生学习能力和实验能力会起到重要作用.

编 者

# 目 录

实验一	用打点计时器测速度 .....	1
实验二	探究小车速度随时间变化的规律 .....	15
实验三	用打点计时器探究自由落体运动 .....	27
实验四	探究求合力的方法 .....	38
实验五	探究加速度与力、质量的关系 .....	47
实验六	探究作用力与反作用力的关系 .....	59
误差和有效数字	.....	64

# 实验一

## 用打点计时器测速度

### 知识储备

#### 一、认识打点计时器

##### 1. 电磁打点计时器

(1) 电磁打点计时器是一种记录运动物体在一定时间间隔内的\_\_\_\_\_的仪器,它使用\_\_\_\_\_电源,工作电压是\_\_\_\_\_.

(2) 电磁打点计时器构造如图 1-1 所示, $A$  是\_\_\_\_\_, $B$  是\_\_\_\_\_, $C$  是\_\_\_\_\_, $D$  是\_\_\_\_\_, $E$  是\_\_\_\_\_, $F$  是\_\_\_\_\_, $G$  是\_\_\_\_\_.

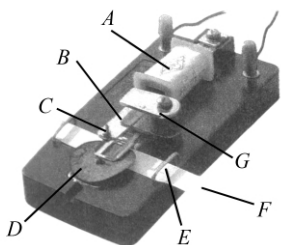


图 1-1

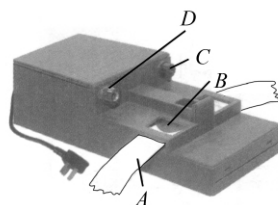


图 1-2

(3) 电磁打点计时器的原理: 通电以前,把纸带穿过\_\_\_\_\_,再把套在轴上的\_\_\_\_\_压在纸带的上面. 接通电源后,在线圈和永久磁铁的作用下,振片便\_\_\_\_\_起来,位于振片一端的振针就跟着上下振动而打点,这时,如果纸带运动,振针就通过复写纸在纸带上打出一系列小点,当交流电源频率为 50 Hz 时,它每隔\_\_\_\_\_s 打一点,即打出的纸带上每相邻两点间的时间间隔为\_\_\_\_\_s.

##### 2. 电火花计时器

(1) 电火花计时器的构造如图 1-2 所示, $A$  是\_\_\_\_\_, $B$  是\_\_\_\_\_, $C$  是\_\_\_\_\_, $D$  是\_\_\_\_\_.

(2) 电火花计时器的原理与电磁打点计时器基本相同,不过在纸带上打点的不是振针和复写纸,而是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_,它使用\_\_\_\_\_电源,工作电压是\_\_\_\_\_.

(3) 使用电火花计时器时,墨粉纸盘套在纸盘轴上,将纸带穿过\_\_\_\_\_,当接通电源,按下脉冲输出开关时,计时器发出的脉冲电流经接正极的放电针、墨粉纸盘到接负极的纸盘轴,产生火花放电,于是在运动纸带上就打出一行点迹.当电源频率为 50 Hz 时,它也是每隔\_\_\_\_\_s 打一次点,即打出的纸带上每相邻两点间的时间间隔也是\_\_\_\_\_s.电火花计时器工作时,纸带运动时受到的阻力小,这种极小阻力来自于纸带运动的本身,比电磁打点计时器实验误差小.

## 二、测量速度的方法

### 1. 由纸带分析物体的运动情况并计算纸带的平均速度

(1) 在纸带上相邻两点间的时间间隔均为 0.02 s(电源频率为 50 Hz),所以点迹密集的地方表示纸带运动的速度\_\_\_\_\_.

(2) 根据  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ,求出在任意两点间的\_\_\_\_\_速度,这里可以用刻度尺测量出两点间的距离  $\Delta x$ , $\Delta t$  为两点间的时间间隔数与 0.02 s 的乘积.这里必须明确所求的是哪两点之间的平均速度.

### 2. 由纸带计算瞬时速度的方法

(1) 由瞬时速度的定义,当  $\Delta t$  非常小时, $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  可以近似看作\_\_\_\_\_速度.

(2) 测量方法:如图 1-3 所示,测量出包括 E 点在内的 D、F 两点间的位移  $\Delta x$  和时间  $\Delta t$ ,算出纸带在这两点间的平均速度  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ,E 点的瞬时速度可以粗略地由包含 E 点在内的两点间的平均速度来表示,即  $v_E \approx v_{DF}$  或  $v_E = v_{DF}$ .

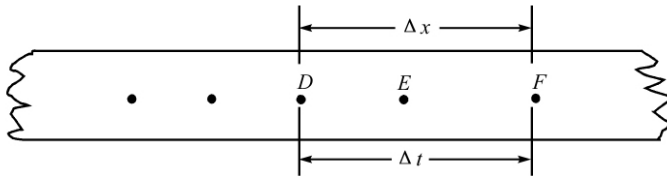


图 1-3

### 三、 $v-t$ 图像及其画法

1. 以速度  $v$  为\_\_\_\_\_轴,时间  $t$  为\_\_\_\_\_轴建立直角坐标系,根据计算出的不同时刻对应的瞬时速度值,在坐标系中\_\_\_\_\_,最后用\_\_\_\_\_曲线把这些点连接起来就得到了一条能够描述速度  $v$  与时间  $t$  关系的图像.

2. 在图像上取合适的单位严格描点,这些点大致分布在一条图线上,不能位于图线上的点要尽量对称分布于图线两侧,得到小车的  $v-t$  图像.

3. 如图 1-4 所示是一手拉动纸带运动的速度—时间图像,通过光滑曲线我们能够简单看出纸带的速度变化情况. 用同样的方法我们可以把许多问题用图像进行处理. 在现代科学技术中,往往借用一些仪器来进行精确测量.

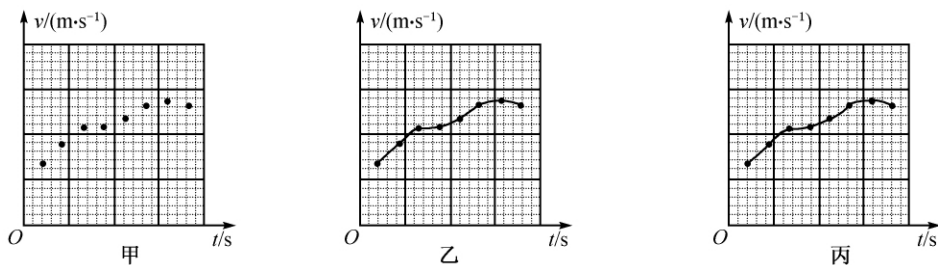


图 1-4

## 注 意 事 项

1. 电源电压要符合要求,电磁打点计时器应使用 10 V 以下的交流电源;电火花计时器要使用 220 V 交流电源.
2. 实验前要检查打点的稳定性和清晰程度,必要时要进行调节或更换器材.
3. 使用打点计时器应先接通电源,待打点计时器稳定后再用手拉纸带.
4. 手拉纸带时,速度应快一些,以防点迹太密集.
5. 纸带打完后应及时断开电源.
6. 注意区分计时器振针打出的“计时点”与选择的“测量点”的不同.

# 过程展现

## 一、提出问题

1. 如何描述物体运动的快慢? 速度是如何定义的?
2. 如何测定运动物体在某一段时间的运动快慢? 如何测定物体在某一时刻运动的快慢?

## 二、猜想与假设

如果能测出运动物体(和纸带运动情况相同)从  $t$  到  $t+\Delta t$  这一时间间隔内发生的位移  $\Delta x$ , 那么根据公式  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ , 就可以计算出该运动物体在时间间隔  $\Delta t$  内的平均速度. 当  $\Delta t$  越小, 运动的快慢描述越精确, 就越接近  $t$  时刻的速度.

## 三、设计方案

### 1. 实验目的

(1) 知识与技能

- ①掌握打点计时器的原理及其使用方法.
- ②掌握对纸带上记录的原始数据进行处理的能力.
- ③能测定平均速度, 画出  $v-t$  图像, 通过图像来分析物体的运动情况.

(2) 过程与方法

- ①能分析、处理实验过程中出现的问题.
- ②掌握建立图像的一般规律, 了解用图像研究物理问题的方法.
- ③掌握物体的瞬时速度近似等于从此时刻算起的极短时间内的平均速度这一近似方法.

(3) 情感、态度和价值观

- ①养成良好的实验习惯和实验态度.
- ②培养实事求是的科学态度.

### 2. 实验器材

电磁打点计时器(或电火花计时器)、纸带、刻度尺、电源、导线、铅笔等.

### 3. 实验步骤

1. (1) 练习使用打点计时器(如图 1-5 所示).

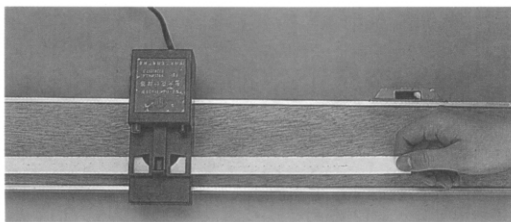


图 1-5

- ①把打点计时器固定在桌子(或长木板)上,了解其结构.
- ②按照说明把纸带装好.
- ③启动电源,用手水平地拉动纸带,纸带上就打出一行小点,随后立即关闭电源.
- ④取下纸带,从能够看清的某个点开始,往后数出若干个点.如果数出  $n$  个点,这些点划分出来的间隔数是多少? 由此计算出纸带从第一个点到第  $n$  个点的运动时间.
- ⑤用刻度尺测量出第一个点到第  $n$  个点的距离.
- ⑥利用公式  $\Delta v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  计算出纸带在这段时间内的平均速度,把测量和计算的结果填入表 1-1 中.

表 1-1 纸带在全段时间内的位移和平均速度

点子数 $n$	点子间隔数 $n-1$	运动时间 $\Delta t/s$	位移 $\Delta x/m$	平均速度 $v/(m \cdot s^{-1})$

⑦由纸带上打的点的分布情况,判断物体的运动情况.

由纸带上的点判断手拉纸带的运动情况:

判断理由:



⑧在纸带上依次找出五个点,分别标上记号  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ , 用刻度尺量出相邻的两点间的距离  $\Delta x_1$ 、 $\Delta x_2$ 、 $\Delta x_3$ 、 $\Delta x_4$ (如图 1-6 所示),把数据填入表 1-2,根据这些数据,求出各段的平均速度.

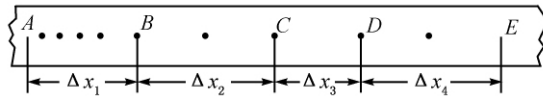


图 1-6

表 1-2 各段的平均速度

对应位移	A 到 B	B 到 C	C 到 D	D 到 E
运动位移 $\Delta x/\text{m}$				
运动时间 $\Delta t/\text{s}$				
平均速度 $v/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$				

(2) 用打点计时器测量瞬时速度

①按实验(1)第 2、3 步骤重新打一条纸带.

②如图 1-7 所示,从纸带上清晰的点开始每 5 个计时点取一个“测量点”,分别标上 0、1、2、3、4、5,按照前面所讲的测量瞬时速度的方法,测量出包含这个点的一段位移,记录在表 1-3 中,同时记录对应的时间,求出该段时间内的平均速度.

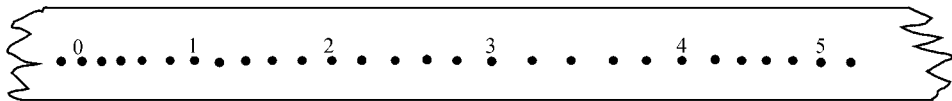


图 1-7

表 1-3 手拉纸带在几个时刻的瞬时速度(一)

位置	0	1	2	3	4	5
$\Delta x/\text{m}$						
$\Delta t/\text{s}$						
$v/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$						

③求出各点的瞬时速度并填入表 1-4 中.

表 1-4 手拉纸带在几个时刻的瞬时速度(二)

位置	1	2	3	4
$t/\text{s}$				
$v/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$				

#### 四、数据采集与处理

贴纸带 1 处(纸带折叠整齐)

贴纸带 2 处(纸带折叠整齐)

#### 五、用图像表示速度

1. 在方格纸上,以时间  $t$  为横轴、速度  $v$  为纵轴,建立直角坐标系(如图 1-8 所示).

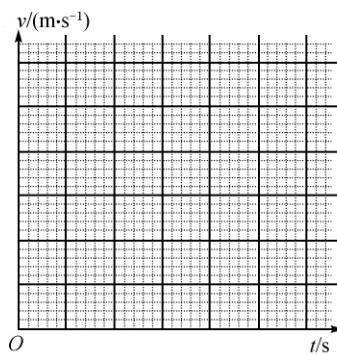


图 1-8

2. 根据表 1-4 中的  $v$ 、 $t$  数据,在图 1-8 的坐标系中描点.

3. 用一条平滑曲线把这些点连起来.

## 反 思 与 探 究

1. 你认为在实验中求某点的瞬时速度时,是不是取的位移越小越精确? 为什么?
2. 你认为实验中手拉纸带时要注意什么?
3. 你在实验中有没有出现由于复写纸或墨粉盒不转动导致打的点不清晰? 你是如何改进的?
4. 在本实验中你还有什么体会?

## 应用拓展

### 一、另类打点计时器 1

如图 1-9 所示,在桌面上放一根细长纸带,一同学手牵纸带缓慢运动,另一同学拿一只画笔,按一定时间间隔(比如每秒 1 次或每秒 2 次)点击纸带.画笔就在纸带上点下一系列的点,这里的画笔就类似于打点计时器的振针,画笔画出的点就类似于打点计时器打出的计时点,由于画笔点击纸带的时间间隔几乎是相同的,也就是说相邻两个点之间的时间间隔是相等的,分析点与点之间的距离,就可以判断物体和纸带的运动情况.

同学们可以课后做一做,比一比,看谁牵动纸带运动的速度变化最小,最接近匀速直线运动.

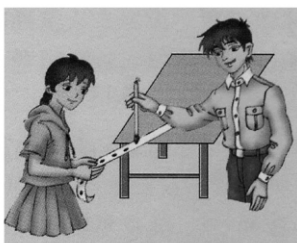


图 1-9

## 二、另类打点计时器 2

如图 1-10 所示,老师让两同学分别拿着底部穿孔、滴水比较均匀的饮料瓶一起在路上行走,然后通过地上的水滴分析他们的速度变化情况,请你和同学们一起试试,并讲讲其中的道理. 注意思考地面上相邻两个水滴之间落地的时间间隔有什么关系? 如果人行走的速度加快,那么相邻水滴之间的距离如何变化?



图 1-10

## 巩固提高

1. 下列关于打点计时器的说法中正确的是( )。

- A. 打点计时器使用低压直流电源
- B. 打点计时器使用低压交流电源
- C. 使用打点计时器打出的纸带相邻两个点的时间间隔为 0.02 s
- D. 使用打点计时器打出的纸带相邻两个点的时间间隔为 0.1 s

2. 使用打点计时器时应注意( )。

A. 无论使用电磁打点计时器还是电火花打点计时器,都应该使纸带穿过限位孔,再把套在轴上的复写纸片压在纸带的上面

- B. 使用打点计时器时应先接通电源,再拉动纸带
- C. 使用打点计时器在拉动纸带时,拉动的方向应与限位孔平行
- D. 使用打点计时器时应将打点计时器先固定在桌子上

3. 打点计时器打出的纸带( )。

- A. 能准确地求出某点的瞬时速度
- B. 只能粗略地求出某点的瞬时速度
- C. 能准确地求出某段时间内的平均速度
- D. 可以任意地利用某段时间内的平均速度代表某点的瞬时速度

4. 下列关于使用打点计时器的说法,其中正确的是( )。

- A. 不要在未放纸带时通电打点,每次打点完毕,应及时切断电源,切忌长时间通电使用
- B. 每打完一条纸带,要将复写纸调整一下,确保下一次打点清晰
- C. 若发现振片振幅不稳定,应调节振片螺母,以使振动稳定
- D. 若打的点不清楚或有漏点,则检查复写纸是否已损坏或振针是否太短

5. 根据电磁打点计时器的工作原理可知,影响其打点周期的主要因素是( )

- A. 振片的长度
- B. 永久磁铁的磁性强弱
- C. 电源的频率
- D. 电源的电压

6. 某同学在用打点计时器做实验时,得到的纸带如图 1-11 所示,纸带上点不是小圆点而是一些短线,导致这一现象的原因可能是( )。

- A. 打点计时器错接在直流电源上
- B. 电源的电压不稳
- C. 电源的频率不稳

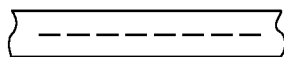


图 1-11

D. 振针压得过紧

7. 打在纸带上的点,记录了纸带的运动时间. 如果把纸带和运动的物体连接在一起,纸带上的点就相应地表示出运动物体在不同时刻的位置. 研究纸带上的点之间的间隔,就可以了解运动物体在不同时间内发生的位移,从而了解物体的运动情况. 请你用简短的语言描述如图 1-12 所示每条纸带记录的物体的运动情况.

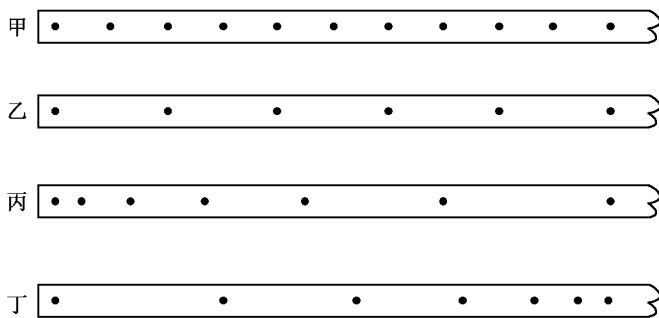


图 1-12

8. 电磁打点计时器是一种使用交流电源的计时仪器,当电源频率为 50 Hz 时,振针每隔 0.02 s 在纸带上打一个点,现在用此打点计时器测定物体的速度,当电源的频率低于 50 Hz 时,数据计算仍然是按照每隔 0.02 s 打一个点来处理的,则测出的速度数值与物体的实际速度相比,是偏大还是偏小? 为什么?

9. 电磁打点计时器使用 50 Hz 的交流电源,打出的纸带如图 1-13 所示,纸带上的 A 点先通过打点计时器. 根据图示数据填空: A、B 所经历的时间 \_\_\_\_\_ s,位移为 \_\_\_\_\_ m,这段时间内纸带运动的平均速度 \_\_\_\_\_ m/s,BC 段的平均速度 \_\_\_\_\_ m/s,AD 段的平均速度是 \_\_\_\_\_ m/s.

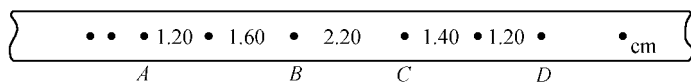


图 1-13

10. 在做“用打点计时器测速度”的实验时,某同学得到了如图 1-14 所示的一条纸带. 图中所示数字为各点距第一点的距离,单位是 cm.

(1) 设计一个表格,将测量得到的物理量和计算出的各相邻时间间隔内的平均速度填入表格中.

(2) 判断纸带运动的性质,并说明理由.

0	1	2	3	4	5
0	2.40	4.83	7.19	9.61	12.01

图 1-14



11. 如图 1-15 甲所示是在高速公路上用超声波测速仪测量车速的示意图,测速仪发出并接收超声波脉冲信号,根据发出和接收的信号间的时间差,测出被测物体的速度.图乙中  $P_1$ 、 $P_2$  是测速仪发出的超声波信号, $n_1$ 、 $n_2$  分别是  $P_1$ 、 $P_2$  由汽车反射回来的信号.设测速仪匀速扫描, $P_1$ 、 $P_2$  之间的时间间隔  $\Delta t = 1.0\text{ s}$ ,超声波在空气中传播的速度是  $v = 340\text{ m/s}$ ,若汽车是匀速行驶的,则根据图乙可知,汽车在接收到  $P_1$ 、 $P_2$  两个信号之间的时间内前进的距离是 \_\_\_\_\_ m,汽车的速度是 \_\_\_\_\_ m/s.

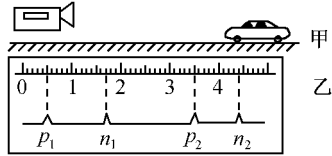


图 1-15