实验一　研究匀变速直线运动

目录

课前预习·基础落实
课堂互动·考点突破

课前预习·基础落实

【实验目的】

1．练习使用打点计时器，学会用打点纸带研究小车的运动情况。

2．会利用打点纸带求匀变速直线运动的速度、加速度。

3．能画出小车运动的 v－t 图象，根据图象求加速度。

【实验原理】

1．打点计时器

(1)作用：计时仪器，当所用交流电源的频率 f＝50 Hz 时，每隔 0.02 s 打一次点。

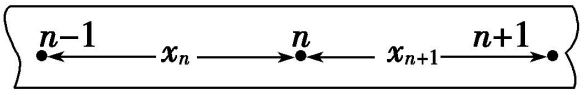
(2)工作条件 $\begin{cases}\text{电磁打点计时器：6 V 以下交流电源}\\ \text{电火花计时器：220 V 交流电源}\end{cases}$

2．判断物体是否做匀变速直线运动的方法

设 x_1、x_2、x_3、x_4…为纸带上相邻两个计数点之间的距离，假如 $\Delta x=x_2-x_1=x_3-x_2=x_4-x_3=\cdots=$常数，则与纸带相连的物体做匀变速直线运动。

3．求物体瞬时速度的方法

如图实Ⅰ－1 所示：

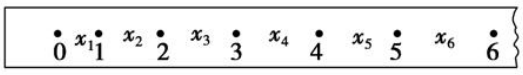


则 $v_n=\frac{x_n+x_{n+1}}{2T}$。

4．求物体加速度的方法

(1)“逐差法”求加速度

如图实Ⅰ－2 所示：



图实Ⅰ－2

$a_1=\frac{x_4-x_1}{3T^2}$，$a_2=\frac{x_5-x_2}{3T^2}$，$a_3=\frac{x_6-x_3}{3T^2}$，然后取平均值，即 $\bar{a}=\frac{a_1+a_2+a_3}{3}$，这样使所给数据全部得到利用，以提高精确度。

(2)“图象法”求加速度

求出纸带上各计数点的瞬时速度，画出 v－t 图线，直线的斜率即表示加速度。

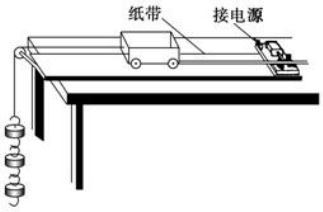
【实验器材】

打点计时器、纸带、一端附有定滑轮的长木板、小车、细绳、钩码、刻度尺、电源、导线。

【实验步骤】

1．把附有滑轮的长木板放在实验桌上，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，连接好电路。

2．把一条细绳拴在小车上，细绳跨过滑轮，下边挂上合适的钩码，把纸带穿过打点计时器，并把它的一端固定在小车的后面。实验装置见图实Ⅰ－3 所示，放手后，看小车能否在木板上平稳地加速滑行。



图实Ⅰ－3

3．把小车停在靠近打点计时器处，先接通电源，后放开小车，让小车拖着纸带运动，打点计时器就在纸带上打下一系列的点，换上新纸带，重复三次。

4．从几条纸带中选择一条比较理想的纸带，舍掉开始一些比较密集的点，在后面便于测量的地方找一个开始点，以后依次每五个点取一个计数点，确定好计数始点，并标明 0、1、2、3、4、…，测量各计数点到 0 点的距离 x，并记录填入表中。

位置编号	0	1	2	3	4	5
时间t/s						
x/m						
v/(m·s^{-1})						

5．计算出相邻的计数点之间的距离 x_1、x_2、x_3、…。

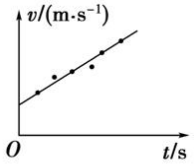
6．利用一段时间内的平均速度等于这段时间中间时刻的瞬时速度求得各计数点 1、2、3、4、5 的瞬时速度，填入上面的表格中。

7．增减所挂钩码数，再做两次实验。

【数据处理及实验结论】

1．由实验数据得出 v－t 图象

(1)根据表格中的 v、t 数据，在平面直角坐标系中仔细描点，如图实Ⅰ－4 可以看到，对于每次实验，描出的几个点都大致落在一条直线上。



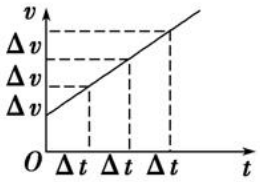
图实Ⅰ－4

(2)作一条直线，使同一次实验得到的各点尽量落在这条直线上，落不到直线上的点，应均匀分布在直线的两侧，这条直线就是本次实验的 v－t 图象，它是一条倾斜的直线。

2．由实验得出的 v－t 图象进一步得出小车运动的速度随时间变化的规律

有两条途径进行分析：

(1)小车运动的 v－t 图象是一条倾斜的直线如图实Ⅰ－5 所示，当时间增加相同的值 Δt，速度也会增加相同的值 Δv，由此得出结论：小车的速度随时间均匀变化。



图实Ⅰ－5

(2)既然小车的 v－t 图象是一条倾斜的直线，那么 v 随 t 变化的函数关系式为 v＝kt＋b，所以小车的速度随时间均匀变化。

【注意事项】

1．交流电源的电压及频率要符合要求。

2．开始释放小车时，应使小车靠近打点计时器。

3．先接通电源，计时器工作后，再放开小车，当小车停止运动时及时断开电源。

4．小车另一端挂的钩码个数要适当，避免速度过大而使纸带上打的点太少，或者速度太小，使纸带上的点过于密集。

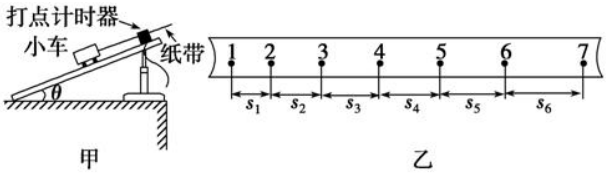
5．选择一条理想的纸带，是指纸带上的点迹清晰。适当舍弃开头密集部分，适当选取计数点，弄清楚所选的时间间隔 T。

6．测 x 时不要分段测量，读数时要注意有效数字的要求，计算 a 时要注意用逐差法，以减小误差。

课堂互动·考点突破

考点一　实验原理与操作

[例 1]　(广东理综)研究小车匀变速直线运动的实验装置如图实Ⅰ－6 甲所示其中斜面倾角 θ 可调，打点计时器的工作频率为 50 Hz，纸带上计数点的间距如图乙所示，其中每相邻两 点之间还有 4 个记录点未画出。



图实Ⅰ－6

(1)部分实验步骤如下：

A．测量完毕，关闭电源，取出纸带

B．接通电源，待打点计时器工作稳定后放开小车

C．将小车停靠在打点计时器附近，小车尾部与纸带相连

D．把打点计时器固定在平板上，让纸带穿过限位孔

上述实验步骤的正确顺序是：_____。(用字母填写)

(2)图乙中标出的相邻两计数点的时间间隔 T＝____s。

(3)计数点 5 对应的瞬时速度大小计算式为 v_5＝_____。

(4)为了充分利用记录数据，减小误差，小车加速度大小的计算式应为 a＝_____。

[答案]　(1)DCBA　(2)0.1

(3)$\frac{s_4+s_5}{2T}$　(4)$\frac{s_6+s_5+s_4-s_3-s_2-s_1}{9T^2}$

针对性训练：

1．(佛山模拟)某同学利用打点计时器测量小车做匀变速直线运动的加速度。

(1)电磁打点计时器是一种使用_____(选填“交流”或“直流”)电源的计时仪器，它的工作电压是 4～6 V，当电源的频率为 50 Hz 时，它每隔_____s 打一次点。

(2)使用打点计时器时，接通电源与让纸带随小车开始运动这两个操作过程的操作顺序应该是(　　)

A．先接通电源，后释放纸带

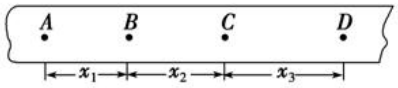
B．先释放纸带，后接通电源

C．释放纸带的同时接通电源

D．哪个先，哪个后都可以

(3)实验中该同学从打出的若干纸带中选取一条纸带，如图实Ⅰ－7 所示，纸带上按时间顺序取 A、B、C、D 四个计数点，每两个点之间还有四个点未画出，用尺子测得相邻各点间的距离为 x_1＝3.62 cm，x_2＝4.75 cm，x_3＝5.88 cm。根据纸带数据可以判断小车在做匀加速直线运动，理由是___ _(请用文字描述)；

在计数点 C 所代表的时刻，纸带运动的瞬时速度是_____m/s，小车的加速度是_____m/s^2(以上两空小数点后保留两位数字)。



图实Ⅰ－7

解析

(1)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，它每隔 0.02 s 打一次点。

(2)在使用打点计时器时，应先接通电源，待打点稳定后再释放纸带，A 正确。

(3)当相邻相等时间内的位移之差都相等时，小车做匀加速直线运动。

$v_C=\dfrac{x_2+x_3}{2T}$，T＝0.1 s

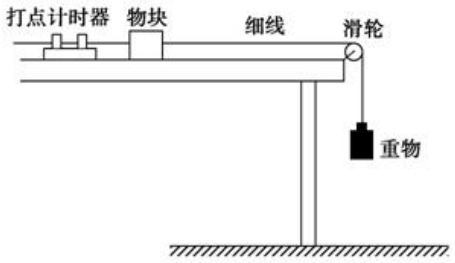
可求得 v_C＝0.53 m/s

由 $\Delta x=x_2-x_1=x_3-x_2=aT^2$ 可得：a＝1.13 m/s^2。

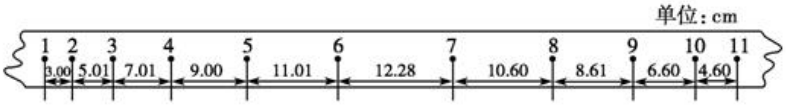
答案　(1)交流　0.02　(2)A　(3)相邻相等时间内的位移差相等　0.53　1.13

考点二　数据处理与误差分析

[例 2]　某同学利用图实Ⅰ－8 所示的实验装置，探究物块在水平桌面上的运动规律。物块在重物的牵引下开始运动，重物落地后，物块再运动一段距离停在桌面上(尚未到达滑轮处)。从纸带上便于测量的点开始，每 5 个点取 1 个计数点，相邻计数点间的距离如图实Ⅰ－9 所示。打点计时器电源的频率为 50 Hz。



图实Ⅰ－8



图实Ⅰ－9

(1)通过分析纸带数据，可判断物块在两相邻计数点_____和_____之间某时刻开始减速。

(2)计数点 5 对应的速度大小为____ _ m/s，计数点 6 对应的速度大小为_____ m/s。(保留三位有效数字)

(3)物块减速运动过程中加速度的大小为 a＝___ m/s^2。

[解析] (1)从计数点 1 到 6 相邻的相等时间内的位移差 $\Delta x \approx 2.00$ cm，在 6、7 计数点间的位移比 5、6 之间增加了(12.28－11.01) cm＝1.27 cm＜2.00 cm，因此，开始减速的时刻在计数点 6 和 7 之间。

(2)计数点 5 对应的速度大小为

$$v_5=\frac{x_4+x_5}{2T}=\frac{(9.00+11.01)\times10^{-2}}{2\times0.1}\ \text{m/s}=1.00\ \text{m/s}。$$

计数点 4 对应的速度大小为

$$v_4=\frac{x_3+x_4}{2T}=\frac{(7.01+9.00)\times10^{-2}}{2\times0.1}\ \text{m/s}=0.80\ \text{m/s}。$$

根据 $v_5=\frac{v_4+v_6}{2}$，得计数点 6 对应的速度大小为 $v_6=2v_5-v_4=(2\times1.00-0.80)$ m/s＝1.20 m/s。

(3)物块在计数点 7 到 11 之间做减速运动，根据 $\Delta x=aT^2$ 得

$x_9-x_7=2a_1T^2$

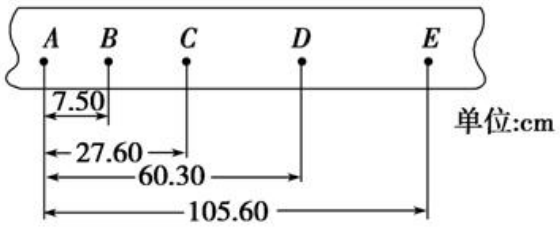
$x_{10}-x_8=2a_2T^2$

故 $a=\frac{a_1+a_2}{2}=\frac{(x_9+x_{10})-(x_7+x_8)}{2\times2T^2}\approx-2.00\ \text{m/s}^2$。

[答案] (1)6　7(或 7　6)　(2)1.00　1.20　(3)2.00

针对训练：

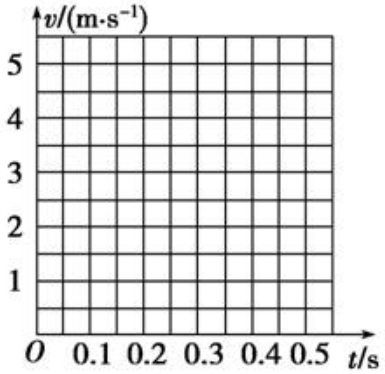
2．实验中，如图实Ⅰ－10 所示为一次记录小车运动情况的纸带，图中 A、B、C、D、E 为相邻的计数点，相邻计数点间的时间间隔 T＝0.1 s。



图实Ⅰ－10

(1)根据纸带可判定小车做_____运动；

(2)根据纸带计算各点瞬时速度：v_D＝_____ m/s，v_C＝_____m/s，v_B＝_____m/s。在如图实Ⅰ－11 所示坐标中作出小车的 v－t 图线，并根据图线求出 a＝_____；



图实Ⅰ－11

(3)将图线延长与纵轴相交，交点的速度的物理意义是___ _____。

解析　(1)根据纸带提供的数据可知

$x_{BC}-x_{AB}=x_{CD}-x_{BC}=x_{DE}-x_{CD}=12.60$ cm，

故小车做匀加速直线运动。

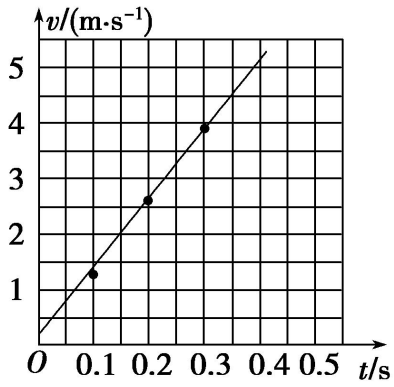
(2)根据 $v=v_{\frac{t}{2}}$ 可知

$$v_D=\frac{(105.60-27.60)\times10^{-2}}{0.2}\ \text{m/s}=3.9\ \text{m/s}$$

$$v_C=\frac{(60.30-7.50)\times10^{-2}}{0.2}\ \text{m/s}=2.64\ \text{m/s}$$

$$v_B=\frac{27.60\times10^{-2}}{0.2}\ \text{m/s}=1.38\ \text{m/s}$$

描点连线得如图所示 v－t 图线，根据图线斜率知 a＝12.60 m/s^2。



(3)图线与纵轴交点的速度的物理意义是零时刻小车经过 A 点的速度。

答案 (1)匀加速直线 (2)3.90 2.64 1.38 见解析图 12.60 m/s^2 (3)零时刻小车经过 A 点的速度

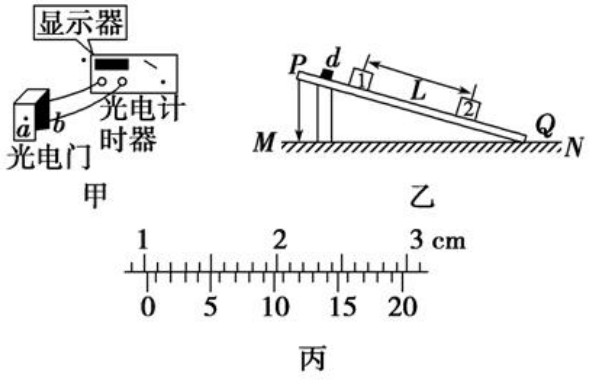
考点三 创新实验设计

1．实验器材的创新

(1)如果提供光电门和刻度尺，我们可以测出遮光片的宽度 d，借助 $v=\frac{d}{\Delta t}$求出物体通过光电门的速度，再由 $v_2^2-v_1^2=2ax$，测出物体的加速度。

(2)如果提供闪光照相机和刻度尺，我们可以用处理纸带的方法，求出物体的瞬时速度及物体的加速度。

[例 3] 光电计时器也是一种研究物体运动情况的常用计时仪器，其结构如图实Ⅰ－12 甲所示，a、b 分别是光电门的激光发射和接收装置，当有物体从 a、b 间通过时，光电计时器就可以精确地把物体从开始挡光到挡光结束的时间记录下来。现利用图乙所示的装置测量滑块和长木板间的动摩擦因数，图中 MN 是水平桌面，Q 是长木板与桌面的接触点，1 和 2 是固定在长木板适当位置的两个光电门，与之连接的两个光电计时器没有画出，长木板顶端 P 点悬有一铅锤，实验时，让滑块从长木板的顶端滑下，光电门 1、2 各自连接的计时器显示的挡光时间分别为 1.0×10^{-2} s 和 4.0×10^{-3} s。用精度为 0.05 mm 的游标卡尺测量滑块的宽度 d，其示数如图丙所示。



图实Ⅰ－12

(1)滑块的宽度 d＝_____cm。

(2)滑块通过光电门 1 时的速度 v_1＝_____m/s，滑块通过光电门 2 时的速度 v_2＝_____m/s。(结果保留两位有效数字)

(3)由此测得的瞬时速度 v_1 和 v_2 只是一个近似值，它们实质上是通过光电门 1 和 2 时的_____，要使瞬时速度的测量值更接近于真实值，可将_____的宽度减小一些。

[解析] (1)d＝10 mm＋0.05 mm×2＝10.10 mm＝1.010 cm。

(2)$v_1=\frac{d}{t_1}=\frac{1.010\times10^{-2}}{1.0\times10^{-2}}$ m/s＝1.0 m/s

$v_2=\frac{d}{t_2}=\frac{1.010\times10^{-2}}{4.0\times10^{-3}}$ m/s＝2.5 m/s

(3)v_1、v_2 实质上是通过光电门 1 和 2 时的平均速度，要使瞬时速度的测量值更接近于真实值，可将滑块的宽度减小一些。

[答案] (1)1.010 (2)1.0 2.5 (3)平均速度 滑块

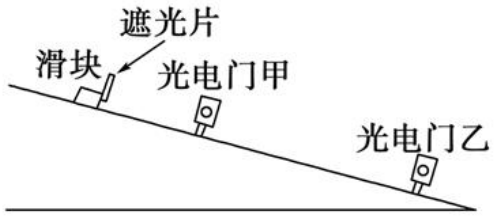
2．数据处理方案的创新

如果测得物体运动的位移和对应时间。

(1)若初速度为零，则 $x=\frac{1}{2}at^2$，因此做出 $x-t^2$ 图线，图线斜率的 2 倍即为物体的加速度。

(2)若物体的初速度不为零，则 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$，可得 $\frac{x}{t}=v_0+\frac{1}{2}at$，因此做出 $\frac{x}{t}-t$ 图线，图线斜率的 2 倍即为物体的加速度。

[例 4] 利用图实Ⅰ－13 所示的装置可测量滑块在斜面上运动的加速度。一斜面上安装有两个光电门，其中光电门乙固定在斜面上靠近底端处，光电门甲的位置可移动。当一带有遮光片的滑块自斜面上滑下时，与两个光电门都相连的计时器可以显示出遮光片从光电门甲至乙所用的时间 t。改变光电门甲的位置进行多次测量，每次都使滑块从同一点由静止开始下滑，并用米尺测量甲、乙之间的距离 s，记下相应的 t 值；所得数据如下表所示。

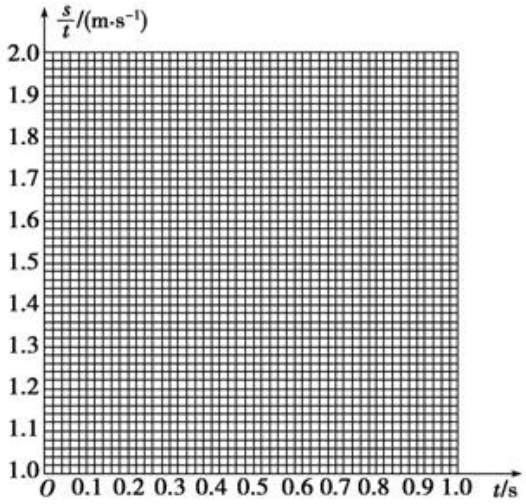


图实Ⅰ－13

s(m)	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	0.950
t(ms)	292.9	371.5	452.3	552.8	673.8	776.4
$s/t(m\cdot s^{-1})$	1.71	1.62	1.55	1.45	1.34	1.22

完成下列填空和作图：(1)若滑块所受摩擦力为一常量，滑块加速度的大小 a、滑块经过光电门乙时的瞬时速度 v_t、测量值 s 和 t 四个物理量之间所满足的关系式是_____；

(2)根据表中给出的数据，在图实Ⅰ－14 给出的坐标纸上画出 $\frac{s}{t}-t$ 图线；

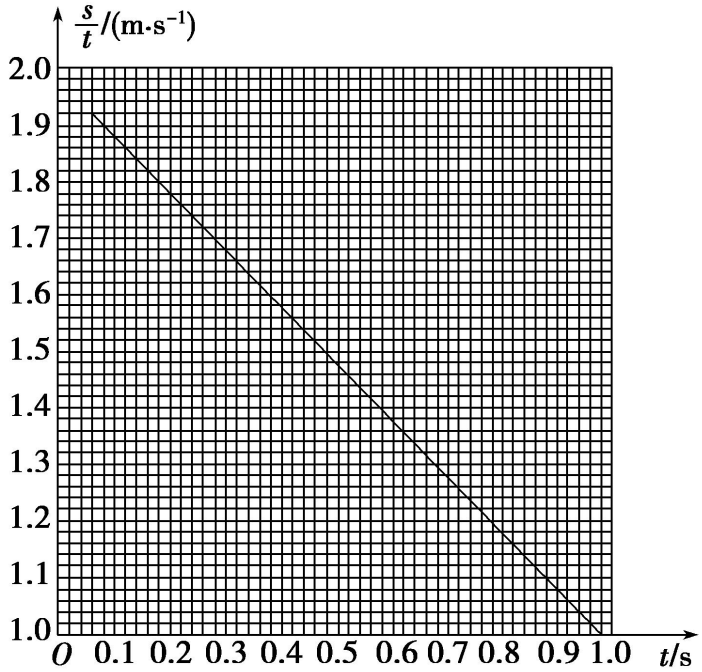


图实Ⅰ－14

(3)由所画出的$\frac{s}{t}$－t 图线，得出滑块加速度的大小为 a＝_____m/s^2(保留两位有效数字)。

[解析] (1)滑块沿斜面向下做匀加速运动，反过来也可以看成初速度为 v_t 的沿斜面向上的匀减速运动，由位移公式有 $s=v_tt-\frac{1}{2}at^2$，也可表示为$\frac{s}{t}=-\frac{1}{2}at+v_t$。

(2)由关系式$\frac{s}{t}=-\frac{1}{2}at+v_t$，根据表中数据可得$\frac{s}{t}$－t 图线，如图所示。



(3)图线的斜率 $k=-\frac{a}{2}$，由图线求出 k＝－1.0，故 a＝－2k＝2.0 m/s^2。

[答案] (1)$\frac{s}{t}=-\frac{1}{2}at+v_t$(或 $s=-\frac{1}{2}at^2+v_tt$)

(2)见解析　(3)2.0(在 1.8～2.2 范围内都可)