



第 6 讲 实验 1: 测量做直线运动物体的瞬时速度

北京师范大学广州实验学校 陈鑫



一、实验目的

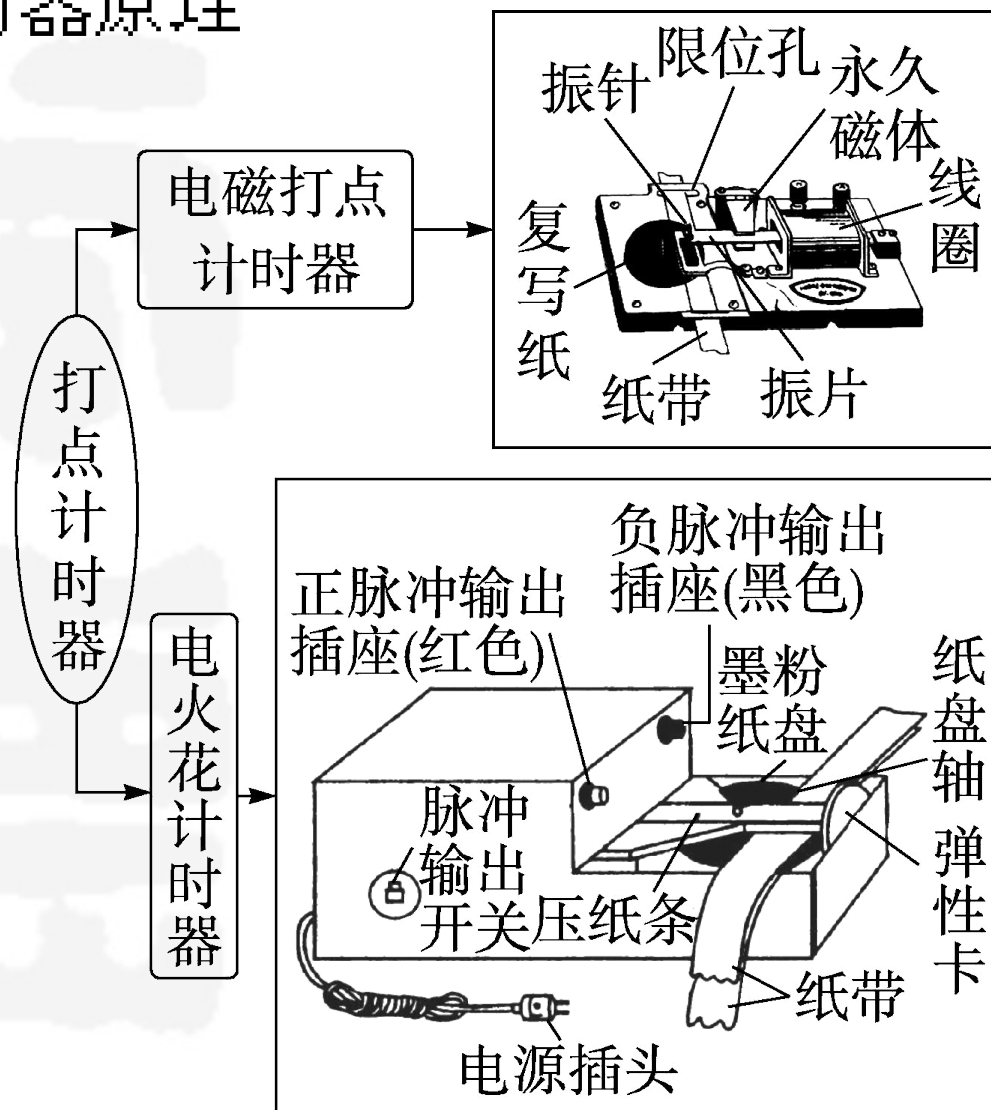
1. 练习使用打点计时器，学会通过纸带上的点测瞬时速度。
2. 研究物体匀变速直线运动的规律。

二、实验器材

电火花计时器（或电磁打点计时器）、一端附有滑轮的长木板、小车、纸带、细绳、槽码、刻度尺、导线、电源、复写纸。

三、实验思路

1. 打点计时器原理



作用：计时仪器，
接频率为50 Hz的
交变电流，每隔
0.02 s打一次点

工作条件
电磁打点计
时器：低压
交流电源
电火花计时
器：220 V交
流电源



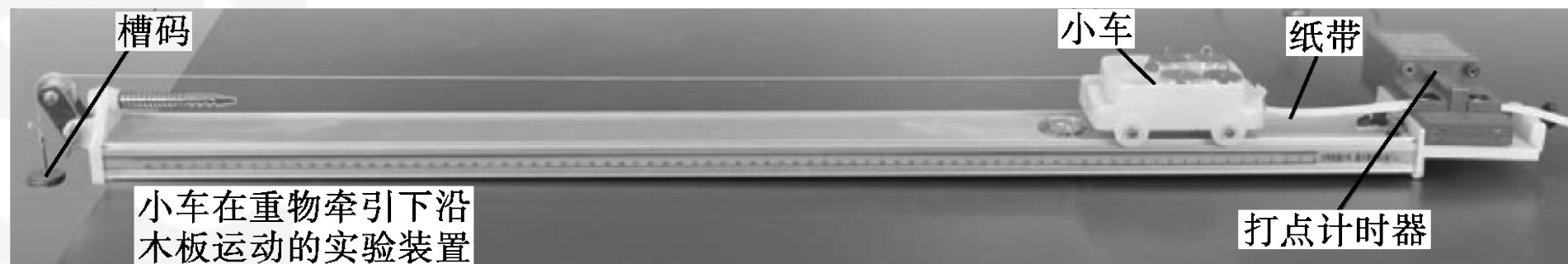
2. 用“平均速度法”测速度

瞬时速度没法直接测量,因此根据极限的思想,可通过测量对应的很短时间内的平均速度来测瞬时速度。在公式 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 中,当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时 v 是瞬时速度。



四、进行实验

1. 如图所示，把一端带有滑轮的长木板平放在实验桌上，木板上放一个可以左右移动的小车，小车一端连接穿过打点计时器的纸带，另一端连接绕过滑轮系有槽码的细绳。



2. 把小车停在靠近打点计时器的位置。启动计时器，然后放开小车，让它拖着纸带运动。于是，打点计时器在纸带上打下一行小点。随后，立即关闭电源。

3. 增减所挂的槽码（或在小车上放置重物），更换纸带，再做几次实验。



五、数据记录

1. 选择一条比较理想的纸带，确定好计数点。
2. 求各计数点的瞬时速度并记录。



六、数据处理

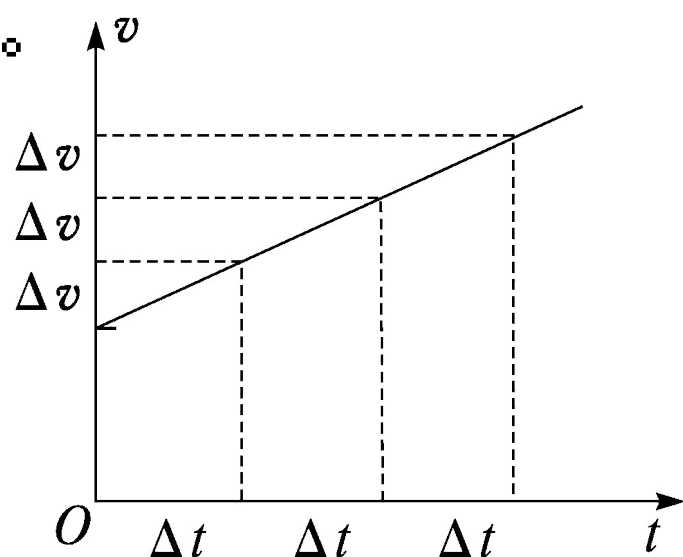
1. 由实验数据得出 $v-t$ 图像

(1) 根据记录的 v 、 t 数据, 在直角坐标系中描点。

(2) 根据描点作一条直线。-----> **不要连成折线**

2. 小车运动的速度随时间变化的规律

小车运动的 $v-t$ 图像是一条倾斜的直线, 如图所示, 可以得出结论: 小车的速度随时间均匀变化。





七、误差分析

1. 纸带运动时摩擦不均匀、打点不稳定引起误差。
2. 计数点间距测量有偶然误差。
3. 作图有误差。



八、其他实验方案概述

方案1:用光电门、数字计时器测瞬时速度

光电门测速原理是用极短时间内的平均速度替代瞬时速度,根据 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 可知,只要测出物体的宽度和物体通过光电门的时间即可测定物体的速度。

方案2:用频闪照相机测瞬时速度

利用频闪照相拍摄运动物体在不同时刻的位置,再根据照片和实物的比例推算出照片中不同时刻物体位置间的位移,根据运动学公式测得物体的速度。此种方法不仅适用于测直线运动的物体的速度,也适用于测匀变速曲线运动的物体的速度。



易错辨析

(1) 本实验需要先平衡摩擦力。 (×)

(2) 实验时应该使悬挂的槽码质量远小于小车质量。 (×)

(3) 电磁打点计时器使用交流电源, 电火花计时器使用直流电源。 (×)

(4) 使用打点计时器时, 先接通打点计时器的电源再让纸带运动。 (√)

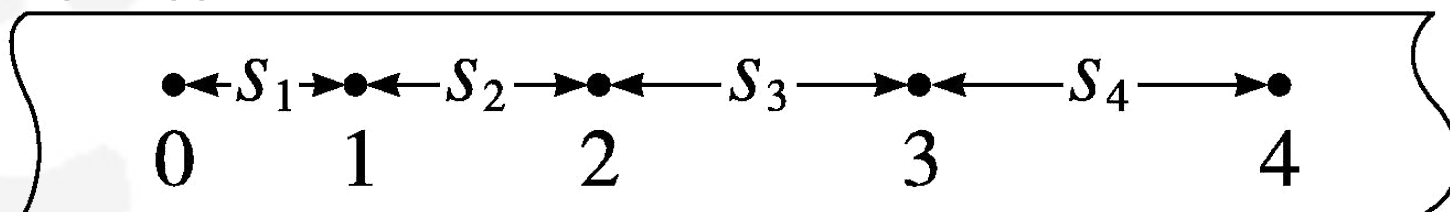
(5) 描绘 $v-t$ 图像时应该用刻度尺标着依次连接所有的点。 (×)



考点一 教材原型实验

1. 由纸带判断物体做匀变速直线运动的方法

如图所示,0,1,2,...为时间间隔相等的各计数点, $s_1, s_2, s_3, s_4, \dots$ 为相邻两计数点间的时间距离,若 $\Delta s = s_1 - s_2 = s_2 - s_3 = s_3 - s_4 = \dots = C$ (常量),则与纸带相连的物体做匀变速直线运动。



2. 由纸带计算某点的瞬时速度

根据匀变速直线运动某段时间内的平均速度等于该段时间中间时刻的瞬时速度,即 $v_n = \frac{s_n}{2T}$ 来计算。



3. 利用纸带求物体加速度的两种方法

(1) 逐差法

根据 $s_4 - s_1 = s_5 - s_2 = s_6 - s_3 = 3aT^2$ (T 为相邻计数点之间的时间间隔), 求出

$$a_1 = \frac{s_4 - s_1}{3T^2}, a_2 = \frac{s_5 - s_2}{3T^2}, a_3 = \frac{s_6 - s_3}{3T^2}, \text{然后取平均值 } a = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \frac{s_4 + s_5 + s_6 - (s_1 + s_2 + s_3)}{9T^2},$$

即为物体的加速度。

在数据处理时可以对纸带重新分段, 把 6 段距离分为“前三”和“后三”, “后三”减“前三”也为相邻相等时间间隔内的位移差, 时间间隔为 $3T$ 。

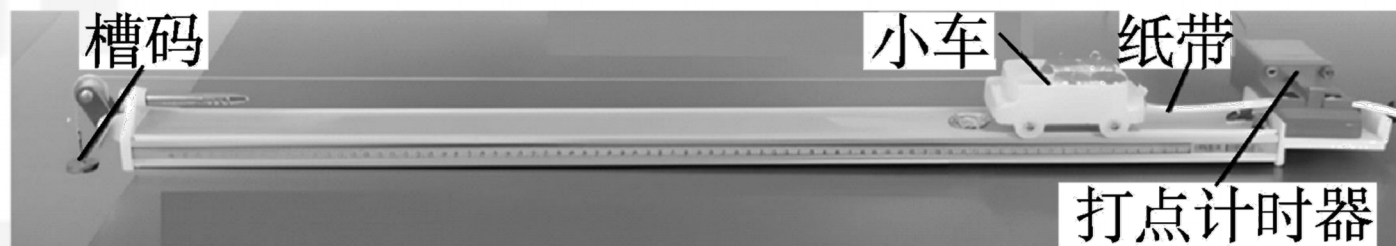
(2) 图像法

利用 $v_n = \frac{s_n + s_{n+1}}{2T}$ 求出打各点时纸带的瞬时速度, 然后作出 $v-t$ 图像, 用 $v-t$ 图像的斜率求物体运动的加速度。

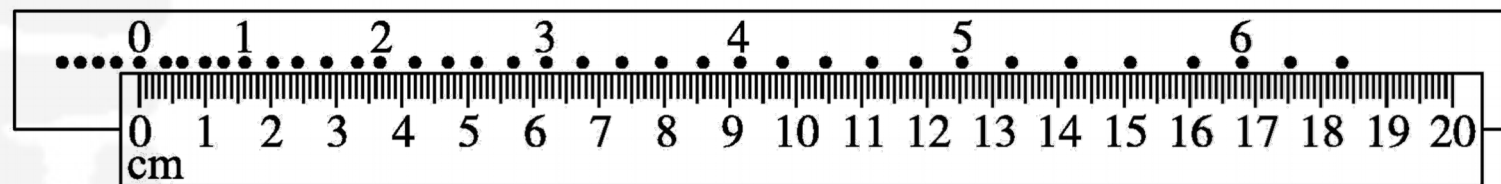


考向一 实验原理和实验操作

典题 1 在探究小车速度随时间变化的规律的实验中，实验装置如图甲所示，某同学将电火花计时器接在频率为 50 Hz 的电源上。在打出的纸带上每 5 个点取一个计数点，共取了 1、2、3、4、5、6 六个计数点，如图乙所示。



甲



乙

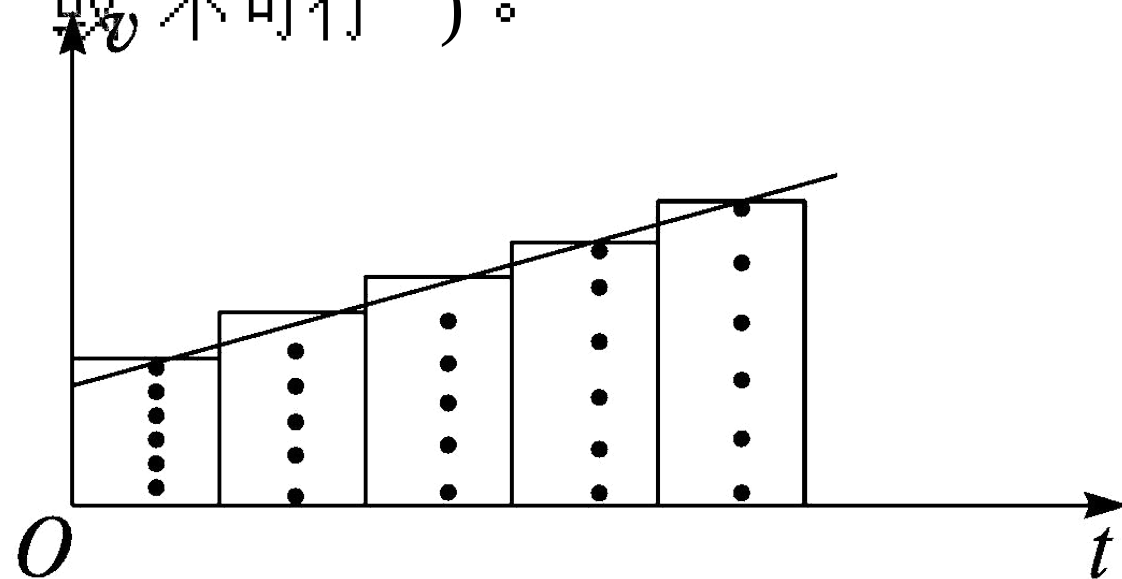


- (1) 图甲中电火花计时器所接的电源为 220 V (选填“ 8 V” 或“ 220 V”) 交流电源 ;
- (2) 图乙中计数点 2 的读数为 3.66 cm;
- (3) 打下图乙中计数点 3 时 , 小车的速度大小为 0.27 m/s(结果保留 2 位有效数字);



(4) 该同学从每一个计数点处将纸带剪开分成几段，将这些纸带由短到长紧靠但不重叠地粘在坐标系中，如图丙所示，最后将纸带上端中心连起来，于是得到 $v-t$ 图像，用该图像探究小车速度随时间变化的规律是否可行？

可行（选填“可行”或“不可行”）。



丙

解析 (1)电火花计时器接220V交流电源。

(2)刻度尺最小刻度为毫米,估读一位,所以计数点2的读数为3.65~3.70 cm均可。

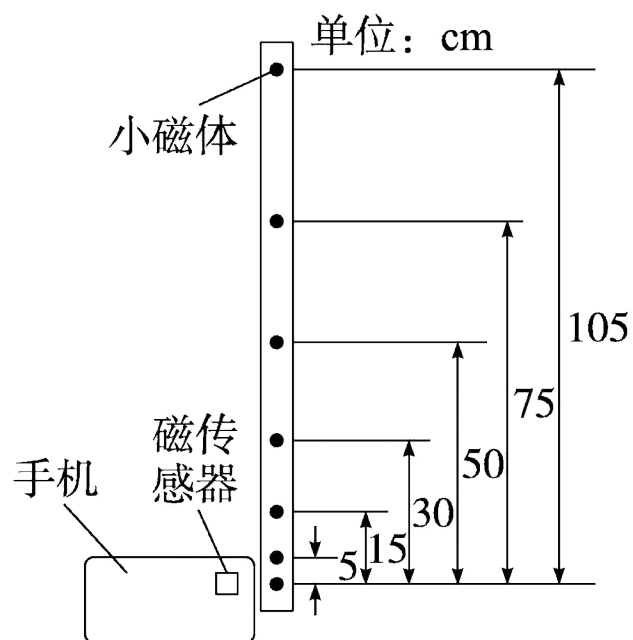
(3)打下计数点3时,小车的速度大小为 $v = \frac{9.15 \text{ cm}}{0.1 \text{ s}} = 0.27 \text{ m/s}$ 。

(4)因为每段纸带的长度除以时间是这一段的平均速度,而平均速度可看成该段纸带中间时刻的瞬时速度,因为纸带对应的时间都是0.1 s,所以可以用纸带的长度代替速度,此方案可行。

考向二 数据处理和误差分析

典题 2 (2025 贵州卷) 智能手机内置很多传感器,磁传感器是其中一种。现用智能手机内的磁传感器结合某应用软件,利用长直木条的自由落体运动测量重力加速度。主要步骤如下:

(1) 在长直木条内嵌入 7 片小磁体,最下端小磁体与其他小磁体间的距离如图甲所示。



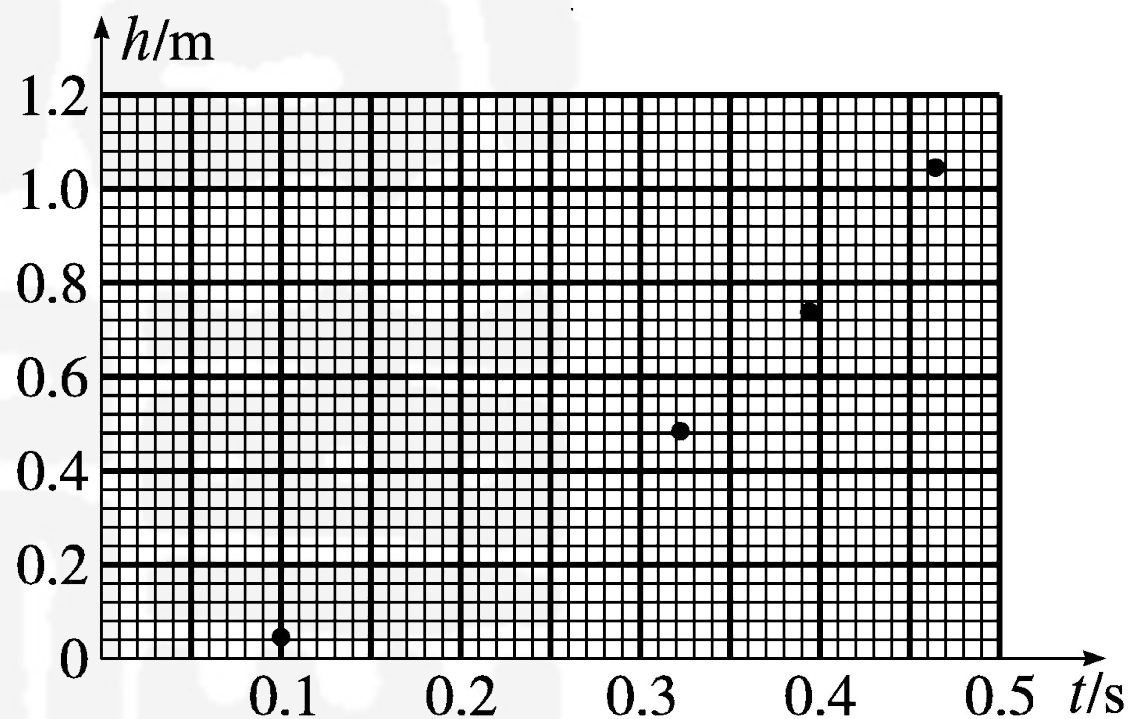
(2) 开启磁传感器，让木条最下端的小磁体靠近该磁传感器，然后让木条从静止开始沿竖直方向自由下落。

(3) 以木条释放瞬间为计时起点，记录下各小磁体经过传感器的时刻，数据如下表所示：

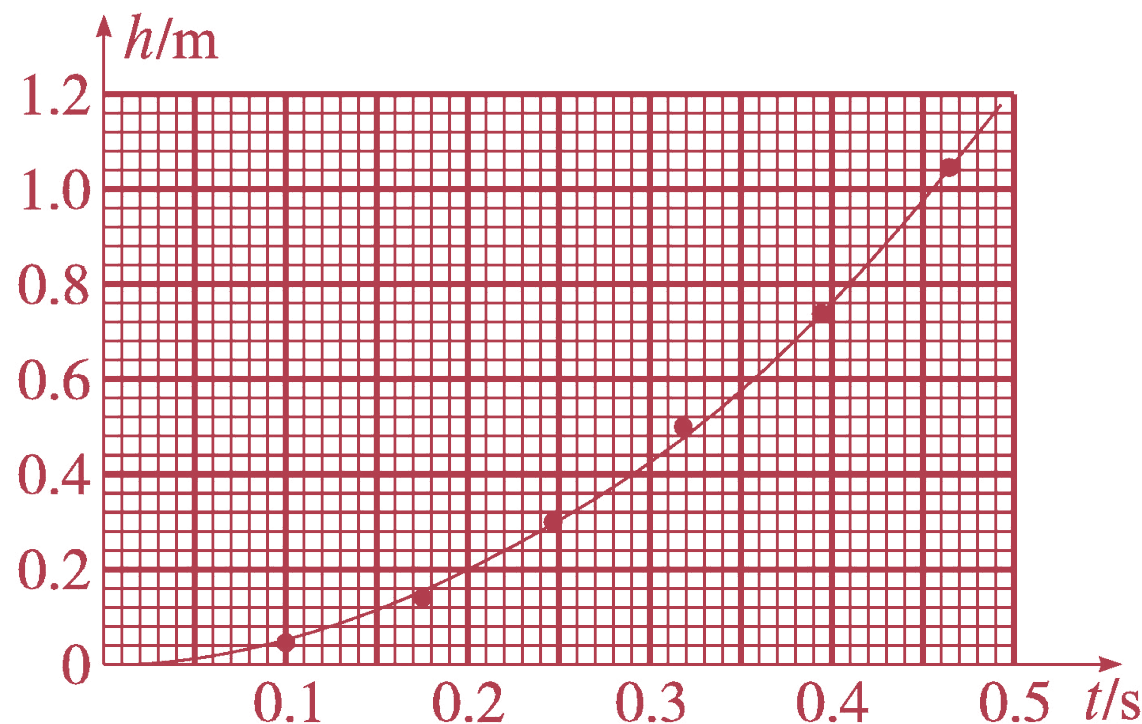
h/m	0.00	0.05	0.15	0.30	0.50	0.75	1.05
t/s	0.000	0.101	0.175	0.247	0.319	0.391	0.462



(4) 根据表中数据，补全图乙中的数据点，并用平滑曲线绘制下落高度 h 随时间 t 变化的 $h-t$ 图线。



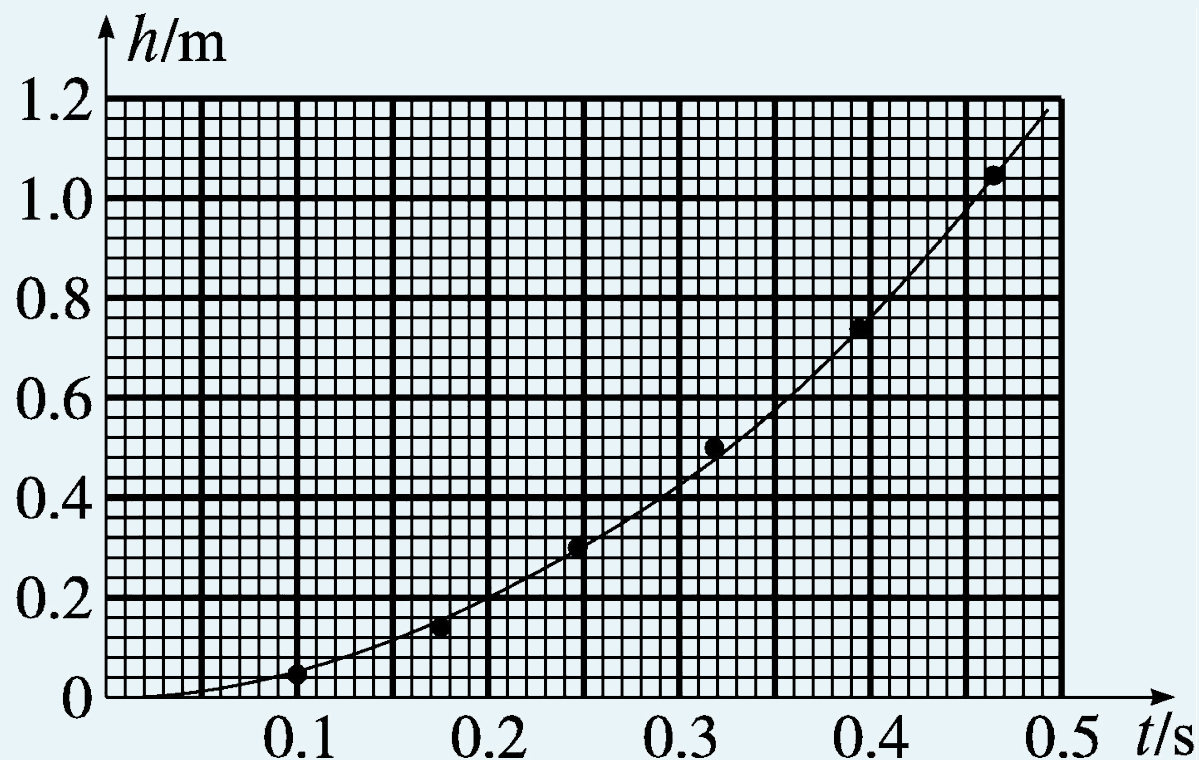
乙





- (5) 由绘制的 $h-t$ 图线可知, 下落高度随时间的变化是 **非线性** (选填“线性”或“非线性”) 关系。
- (6) 将表中数据利用计算机拟合出下落高度 h 与时间的二次方 t^2 的函数关系式为 $h=4.916t^2(\text{SI})$ 。据此函数可得重力加速度大小为 **9.83** m/s^2 。(结果保留 3 位有效数字)

解析 (4)由表中数据在图乙中描点画图,如图所示。



(5)由绘制的 $h-t$ 图线可知,下落高度随时间的变化是非线性关系。

(6)如果长直木条做自由落体运动,则满足 $h=gt^2$,

由 $h=4.916t^2(\text{SI})$ 可得 $g=4.916\text{ m/s}^2$,解得 $g=9.832\text{ m/s}^2\approx 9.83\text{ m/s}^2$ 。

由 $h=4.916t^2(\text{SI})$ 可得 $\frac{1}{2}g=4.916\text{ m/s}^2$,解得 $g=9.832\text{ m/s}^2\approx 9.83\text{ m/s}^2$ 。



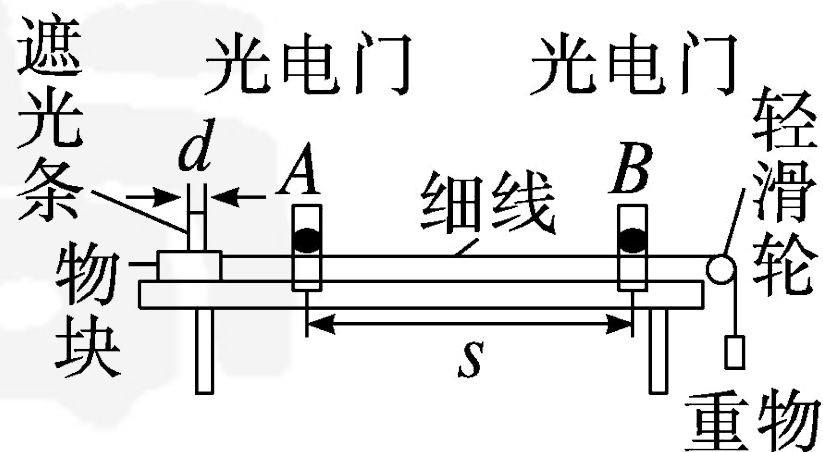
考点二 实验的改进与创新



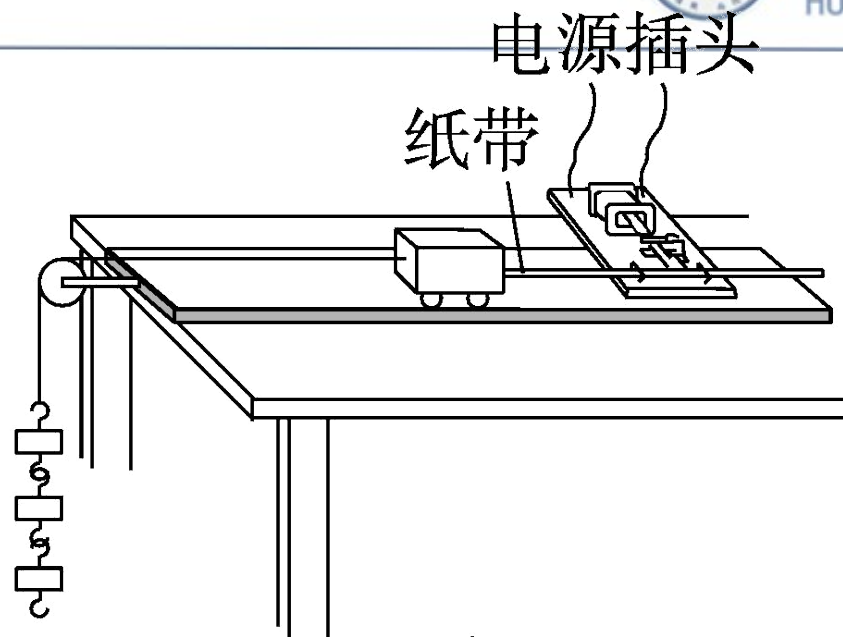
黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

高考实验题一般源于教材而不拘泥于教材，即所谓情境新而知识旧。因此做实验题应注重迁移创新能力的培养，用教材中实验的原理、方法和技巧处理新问题。

1. 实验器材的改进及速度的测量方法



替代



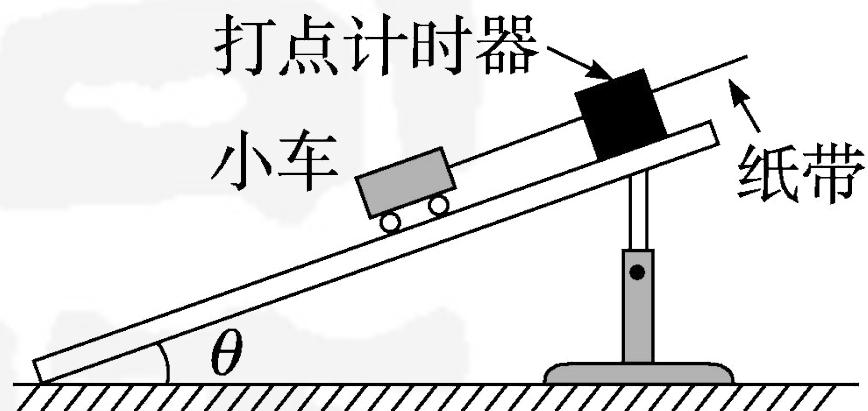
由遮光条的宽度 d 和遮光条挡光时间 Δt 求速度 $v = \frac{d}{\Delta t}$

由纸带求速度 $v_n = \frac{S_n + S_{n+1}}{2T}$

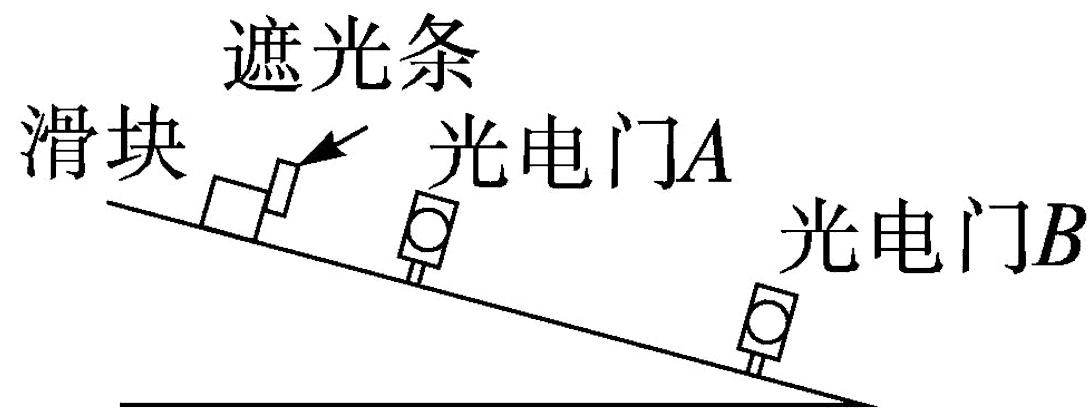


2. 获得加速度方法的改进

长木板倾斜，靠小车的重力获得加速度（如图甲、乙所示）^{替代} 靠重物的拉力获得加速度。



甲

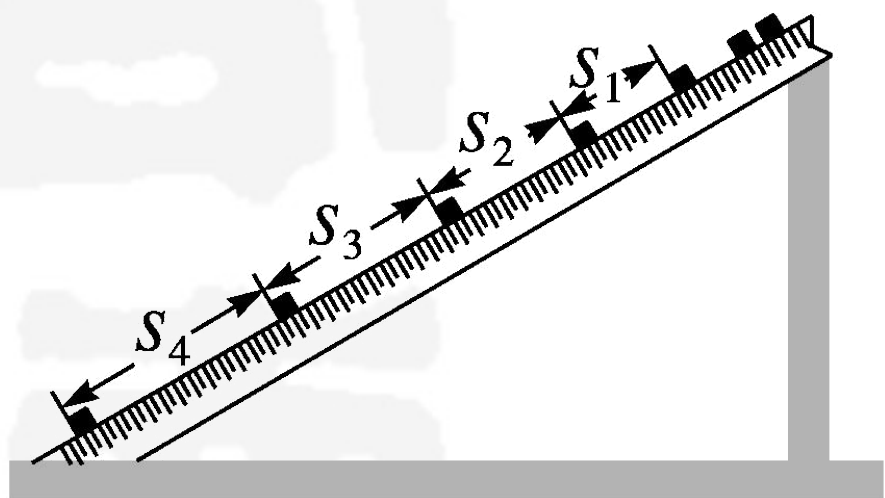


乙

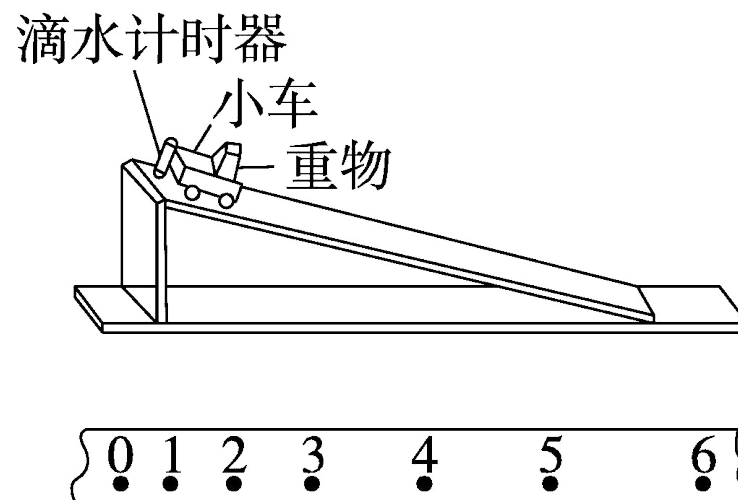


3. 计时方法的改进

采用频闪照相法和滴水法获得两点间的时间间隔 $\xrightarrow{\text{替代}}$ 打点计时器。



丙 频闪照相法



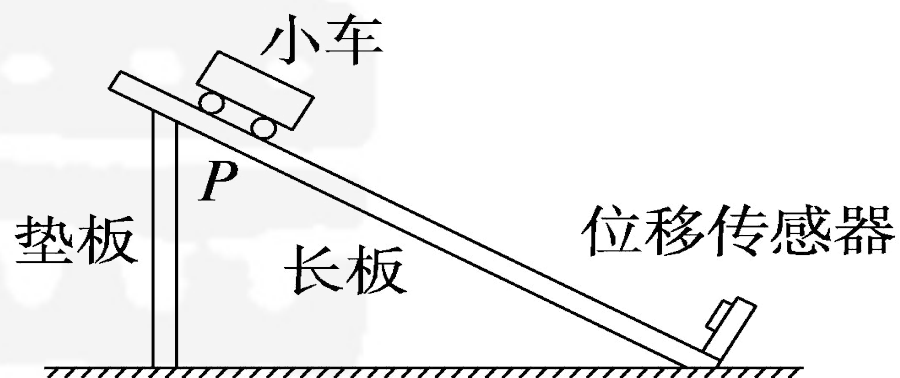
丁 滴水法



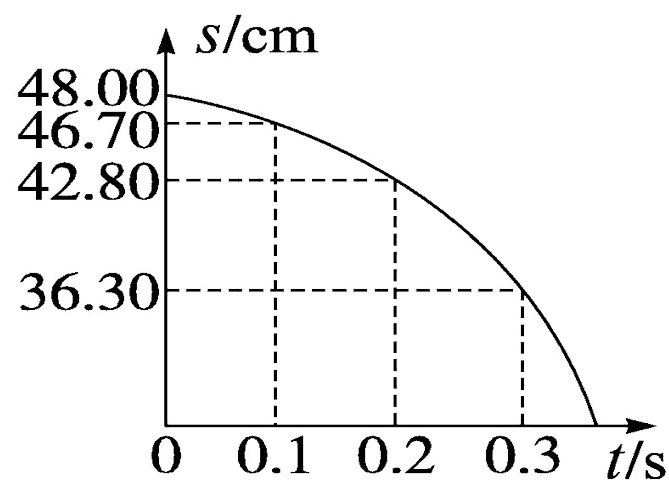
考向一 实验器材的创新

典题 3 (2025 广东广州期末) 某同学用如图甲所示的装置研究小车做直线运动的规律, 实验步骤如下:

- ① 将小车放在长板的 P 位置, 让小车从 P 位置由静止开始下滑, 通过计算机可得到小车与位移传感器间距离随时间变化的 $s-t$ 图像如图乙所示, 并求出小车的加速度 a ;
- ② 改变长板的倾角, 重复步骤①。



甲



乙



请回答下列问题：

(1) 本实验 不需要 (选填“需要”或“不需要”) 平衡小车所受到的摩擦力。

(2) 2.60 分析图乙中的 s 、 t 数据可知, 小车在 2.60 相邻相等时间内的位移差为 _____ cm, 可得小车的加速度大小为 _____ m/s^2 (计算结果保留 2 位小数)。

解析 (1) 本实验研究小车做直线运动的规律, 不需要求小车所受的合力, 即不需要平衡小车所受到的摩擦力。

(2) 小车 $0.1 \sim 0.2 \text{ s}$ 内的位移为 $\Delta x_1 = 46.46 \text{ cm} - 24.80 \text{ cm} = 21.66 \text{ cm}$, 小车 $0.2 \sim 0.3 \text{ s}$ 内的位移为 $\Delta x_2 = 42.80 \text{ cm} - 36.50 \text{ cm} = 6.30 \text{ cm}$, 相邻相等时间内的位移差为 $\Delta x = \Delta x_2 - \Delta x_1 = 6.30 \text{ cm} - 21.66 \text{ cm} = -15.36 \text{ cm}$, 根据匀变速直线运动的推论 $\Delta x = aT^2$, 得小车的加速度大小为 $a = \frac{-15.36 \times 10^{-2}}{0.1^2} \text{ m/s}^2 = -1.536 \text{ m/s}^2$ 。



解析 (1) 设挡光片后端到达光电门的速度为 v , 由速度-时间关系可知
联立解得 $v = v_A + \frac{1}{2}a\Delta t$ 。
由 $v_A + a\Delta t = v$ 和 $v^2 = v_A^2 + 2a\Delta x$ 联立解得 $v = v_A + \frac{1}{2}a\Delta t$ 。
(2) 由 $v_A + a\Delta t = v$ 和 $v^2 = v_A^2 + 2a\Delta x$ 联立解得 $v_A = 52.1 \text{ cm/s}$, $a = \text{cm/s}^2 \approx 8.3 \text{ cm/s}^2$, 解得
(3) 由 $v_A + a\Delta t = v$ 和 $v^2 = v_A^2 + 2a\Delta x$ 联立解得 $v_A = 52.1 \text{ cm/s}$, $\frac{1}{2}a = \frac{53.6 - 52.1}{180 \times 10^{-3}} \text{ cm/s}^2 \approx 8.3 \text{ cm/s}^2$,
解得 $a = 16.6 \text{ cm/s}^2$ 。

道德

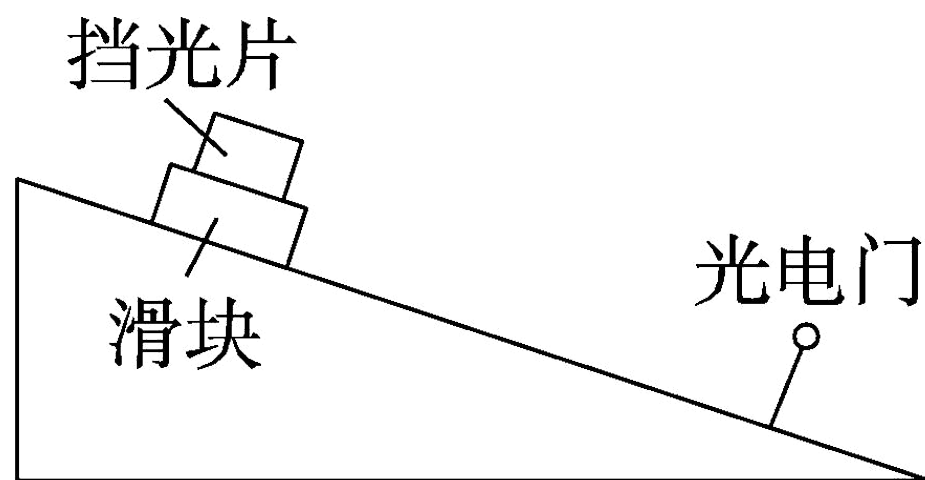


考向二 实验数据处理方法的改进

典题 4 某同学研究在固定斜面上运动物体的平均速度、瞬时速度和加速度之间的关系。使用的器材有：斜面、滑块、运动方向长度不同的矩形挡光片、光电计时器。

实验步骤如下：

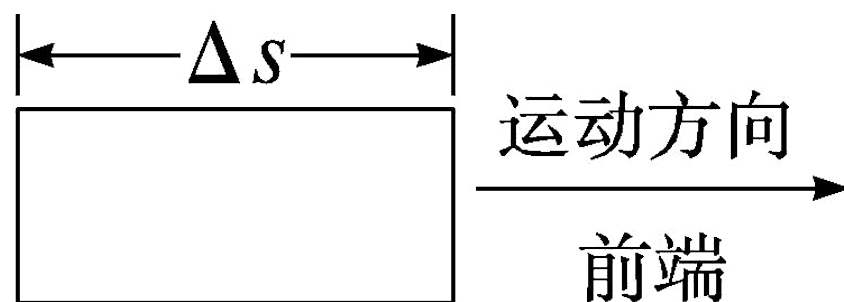
① 如图所示，将光电门固定在斜面下端附近，将一挡光片安装在滑块上，记下挡光片前端相对于斜面的位置，令滑块从斜面上方由静止开始下滑；





②当滑块上的挡光片经过光电门时,用光电计时器测得光线被挡光片遮住的时间; Δt ;

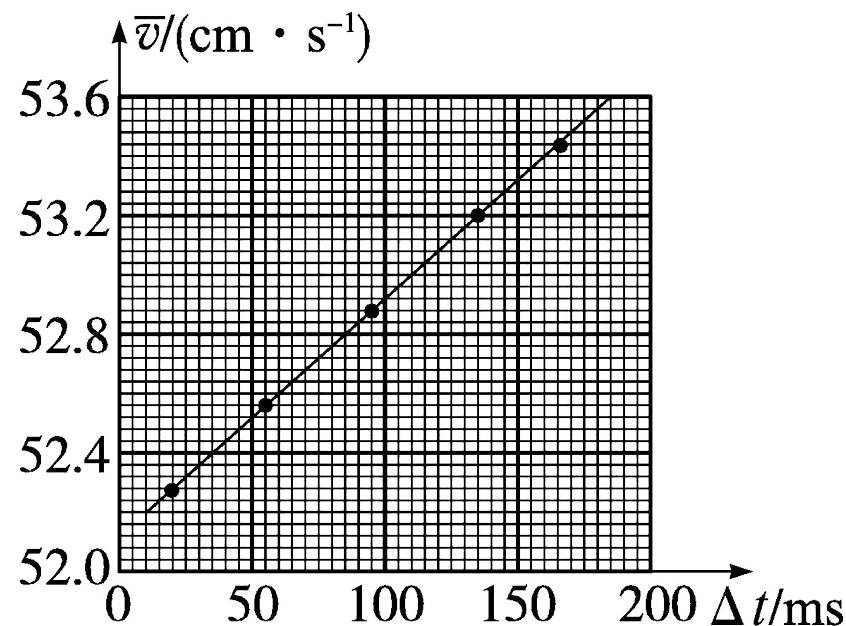
③用 Δs 表示挡光片沿运动方向的长度(如图所示),表示滑块在挡光片遮住光线的 Δt 时间内的平均速度大小,求出;



④将另一挡光片换到滑块上,使滑块上的挡光片前端与①中的位置相同,令滑块由静止开始下滑,重复步骤②③;

⑤多次重复步骤④;

③利用实验中得到的数据作出 $\bar{v}-\Delta t$ 图像,如图所示。



回答下列问题:

(1)用 a 表示滑块下滑的加速度大小,用 v_A 表示挡光片前端到达光电门时滑块的瞬时速度大小,则 $\bar{v}$ 与 v_A 、 a 和 Δt 的关系式为 $\bar{v} = \underline{v_A + \frac{1}{2}a\Delta t}$ 。

(2)由图可得 v_A 为 52.1 cm/s ,和 Δt 的关系式为 $\bar{v} = 0.0166\Delta t + 52.1$ (结果保留3位有效数字)

(3)由图还可得

(3)由图还可得



解析 (1) 设挡光片后端到达光电门的速度为 v , 由速度-时间关系可知
 $v = v_A + a\Delta t$, 联立解得 $v = v_A + \frac{1}{2}a\Delta t$ 。
(2) 由速度-位移关系可求得 $v_A = 52.1 \text{ cm/s}$, $a = \frac{\text{cm/s}^2}{\text{s}^2} \approx 8.3 \text{ cm/s}^2$, 解得
(3) 由速度-位移关系可求得 $v_A = 52.1 \text{ cm/s}$, $\frac{1}{2}a = \frac{53.6 - 52.1}{180 \times 10^{-3}} \text{ cm/s}^2 \approx 8.3 \text{ cm/s}^2$,
解得 $a = 16.6 \text{ cm/s}^2$ 。

道德

课堂小结：



1. 由纸带判断物体做匀变速直线运动的方法

若 $\Delta s = s_2 - s_1 = s_3 - s_2 = s_4 - s_3 = C$ (常量), 则由纸带相连的物体的运动为匀变速直线运动。

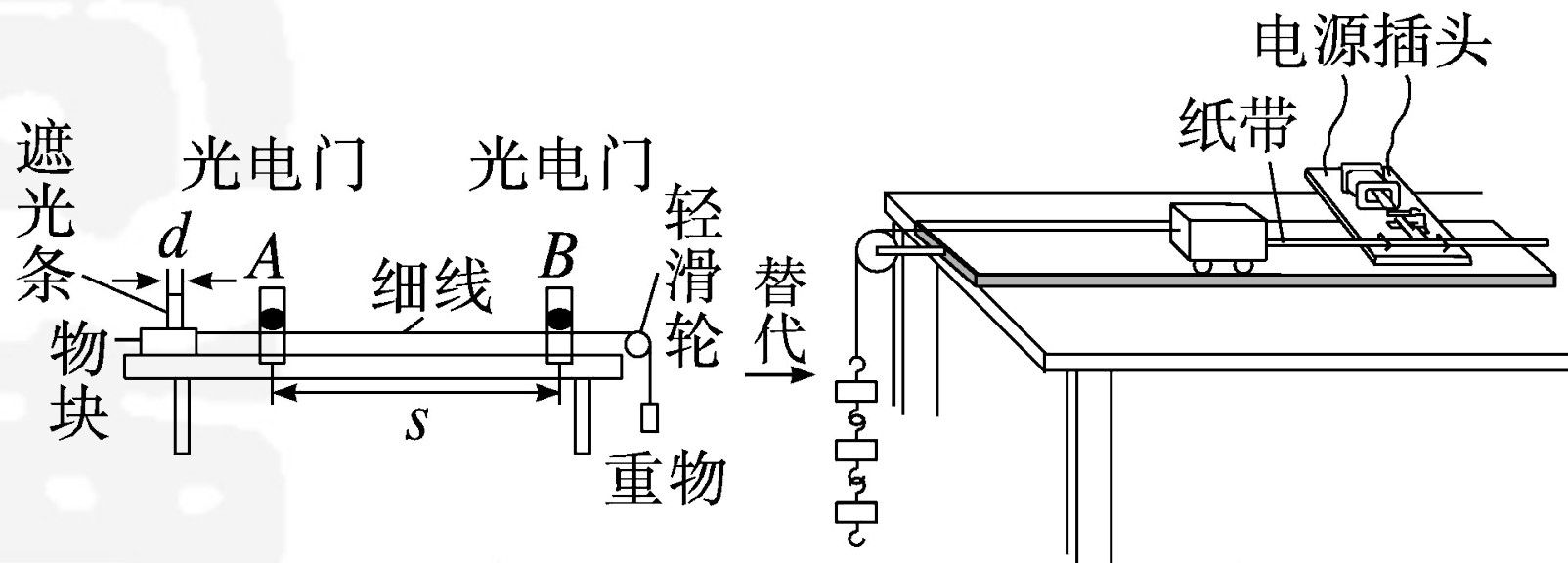
2. 由纸带计算某点的瞬时速度

瞬时速度没法直接测量, 因此根据极限的思想, 可通过测量对应的很短时间内的平均速度来测瞬时速度。在公式 $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ 中, 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时 v 是瞬时速度。

根据匀变速直线运动某段时间内的平均速度等于该段时间中间时刻的瞬时速度, 即 $v_n = \frac{s_n + s_{n+1}}{2T}$ 来计算。

3. 实验的改进与创新

(1). 实验器材的改进及速度的测量方法



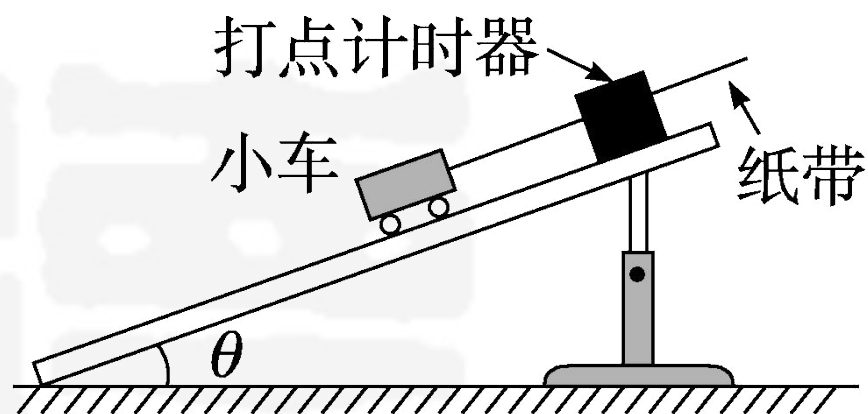
由遮光条的宽度 d 和遮光条挡光时间 Δt 求速度 $v = \frac{d}{\Delta t}$

由纸带求速度 $v_n = \frac{s_n + s_{n+1}}{2T}$

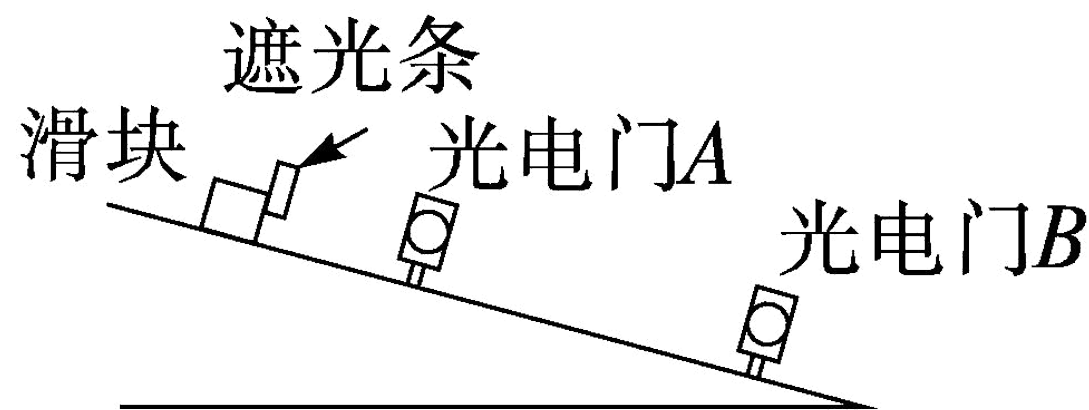
3. 实验的改进与创新

(2). 获得加速度方法的改进

长木板倾斜，靠小车的重力获得加速度（如图甲、乙所示^{替代}） 靠重物的拉力获得加速度。



甲

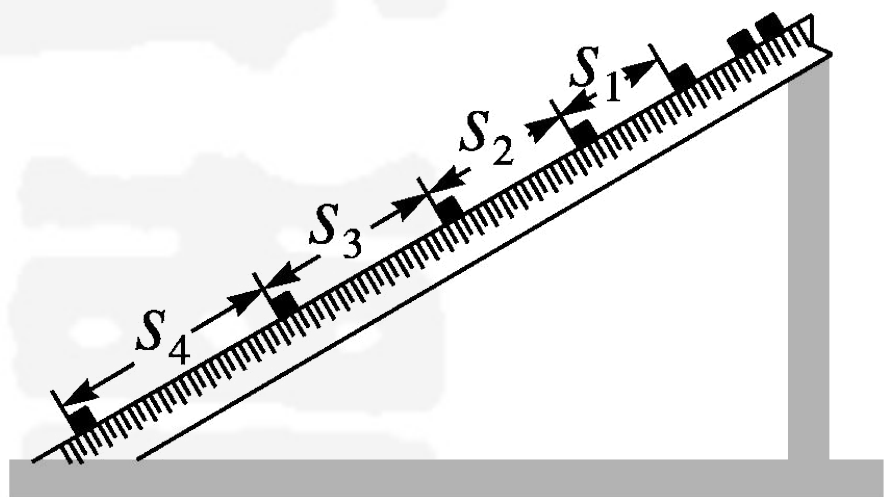


乙

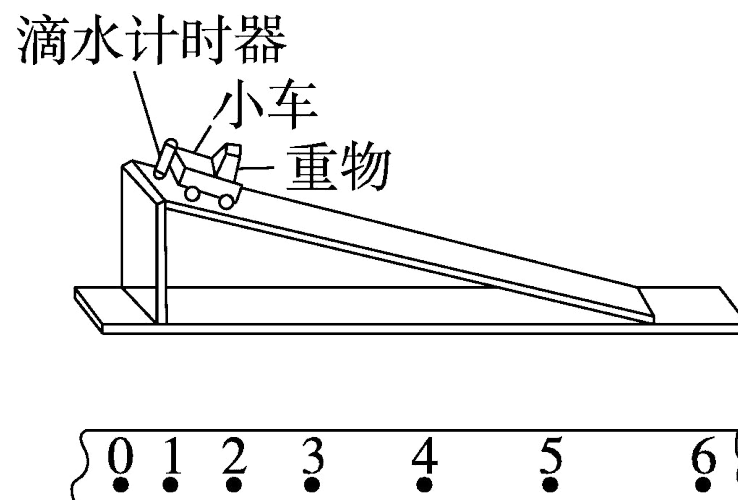
3. 实验的改进与创新

(3). 计时方法的改进

采用频闪照相法和滴水法获得两点间的时间间隔 $\xrightarrow{\text{替代}}$ 打点计时器。



丙 频闪照相法



丁 滴水法



黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

谢谢

