

第 6 节 = 探究加速度与物体受力、 物体质量的关系

广州市玉岩中学 刘利澜



一、夯实必备知识

(一)、教材原型实验

1、原理方法：控制变量法

$$\left. \begin{array}{l} m \text{一定}, a \propto F \\ F \text{一定}, a \propto \frac{1}{m} \end{array} \right\} \Rightarrow a \propto \frac{F}{m}$$

2、难点突破： F 如何测量

?

(1) 平衡摩擦力
补偿阻力

$$\mu = \tan \theta$$

$$T = F$$

操作时不挂砝码

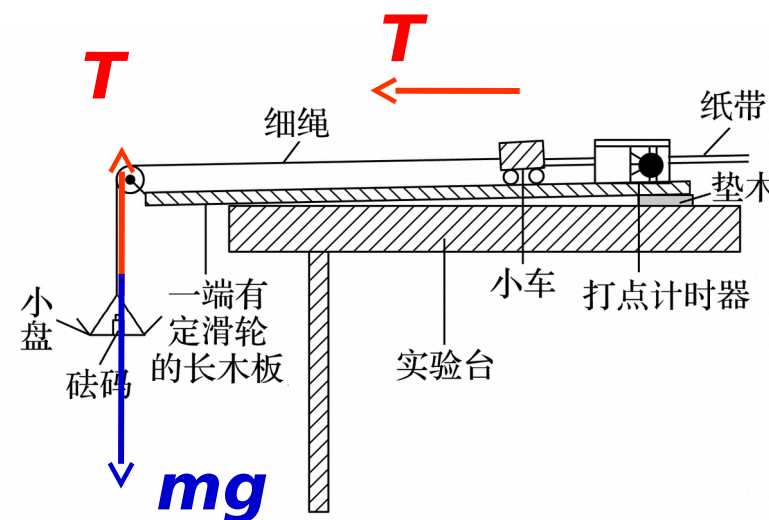
$$\Rightarrow F \approx mg$$

(2) $m \ll M$

$$\Rightarrow T \approx mg$$

3、结果表达：图像法（利用多组数据）

4、误差分析：近似处理带来系统误差





一、夯实必备知识

M 一定，系统误差分析

实验条件 { 1、平衡了摩擦力
2、 $m \ll M$

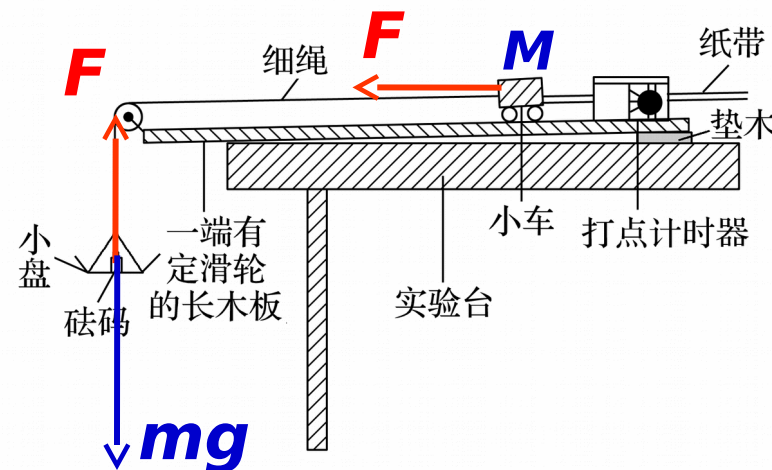
$$\Rightarrow F \approx mg$$

理论推证 { $F = Ma$
 $mg - F = ma$

$$F = \frac{M}{M+m} mg < mg \quad m \ll M \Rightarrow F \approx mg$$

$$a = \frac{mg}{M+m} \quad a-mg \text{ 图像不是线性关系}$$

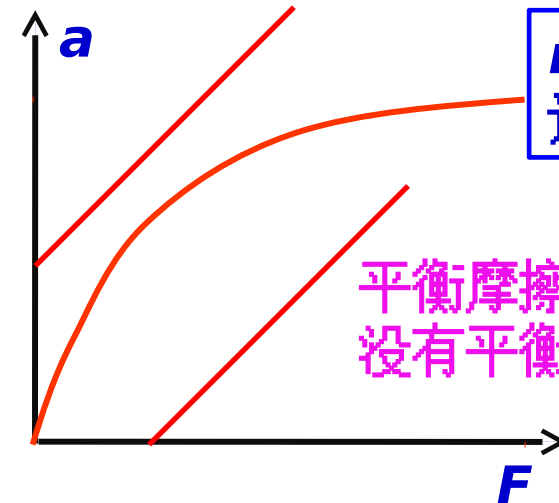
$$a = \frac{F}{M}$$



平衡摩擦力过度

m 过大，没
远小于 M

平衡摩擦力不足或
没有平衡摩擦力



$m \ll M$ 在实际操作中，一般要求 $M > 10m$ ，则实验中最大的加速度应控制在 1 m/s^2

二、研透核心考点



黄浦教研
HUANGPU JIAOYAN

(一)、教材原型实验

1、本实验设计原理上一个缺陷是什么？

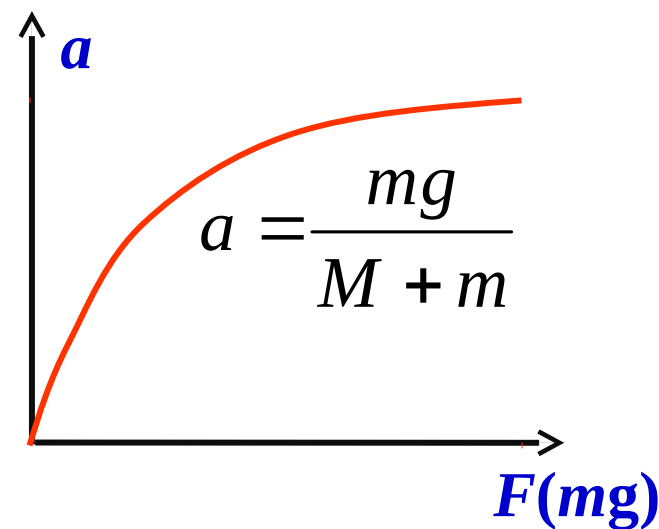
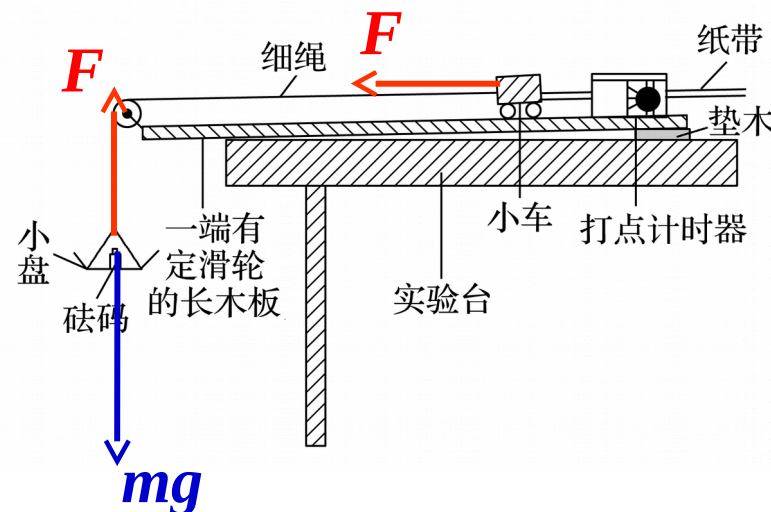
用 mg 替代 F

2、缺陷是什么原因造成的？

砝码及小盘在加速下降

3、如何重新设计实验避免此误差？

测出绳子拉力

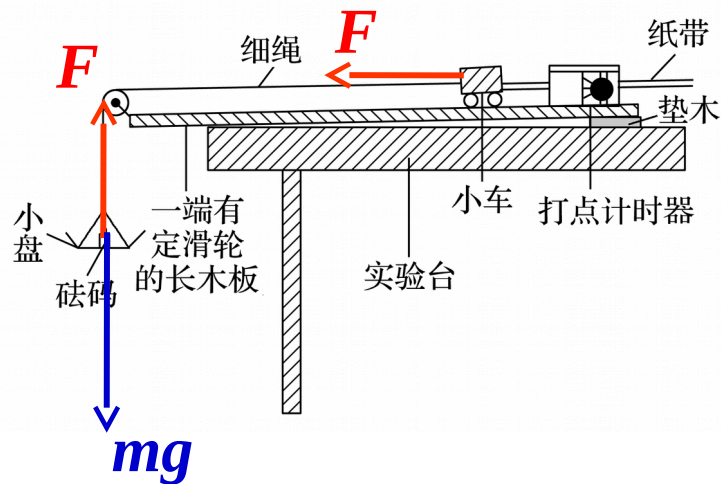


二、研透核心考点



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

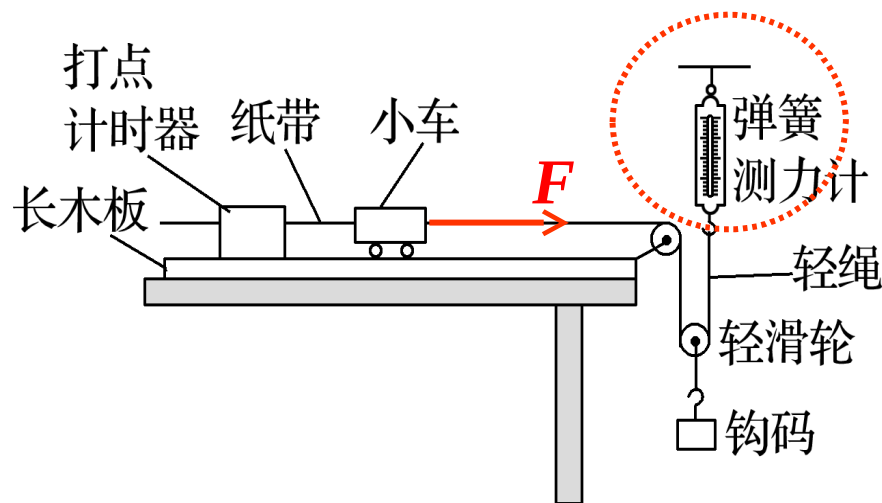
(二)、创新拓展实验 消除系统误差——直接测拉力



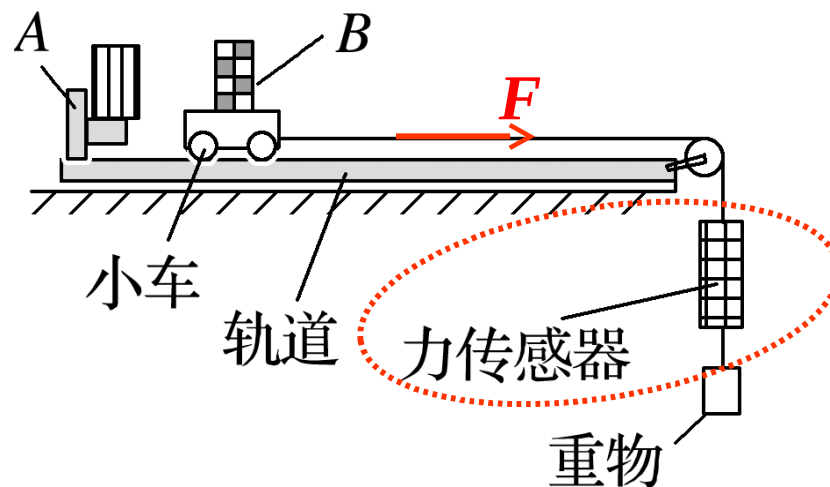
F 无法测量, $F \approx mg$

直接测
出拉力

F



传感器 位移传感器



二、研透核心考点



黄浦教研
HUANGPU JIAOYAN

(二)、创新拓展实

验

消除系统误差—转换研究对象

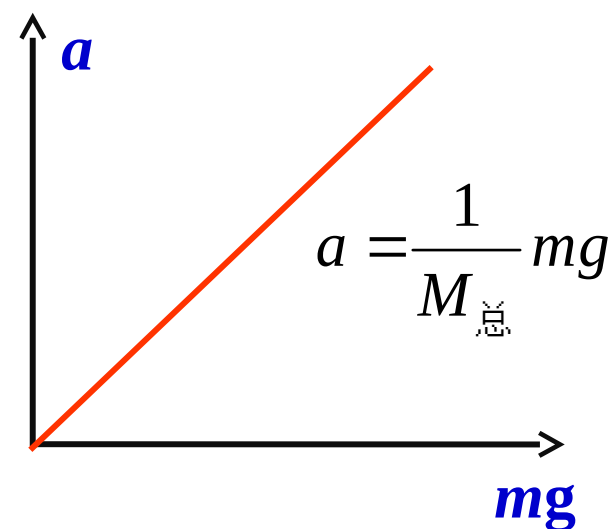
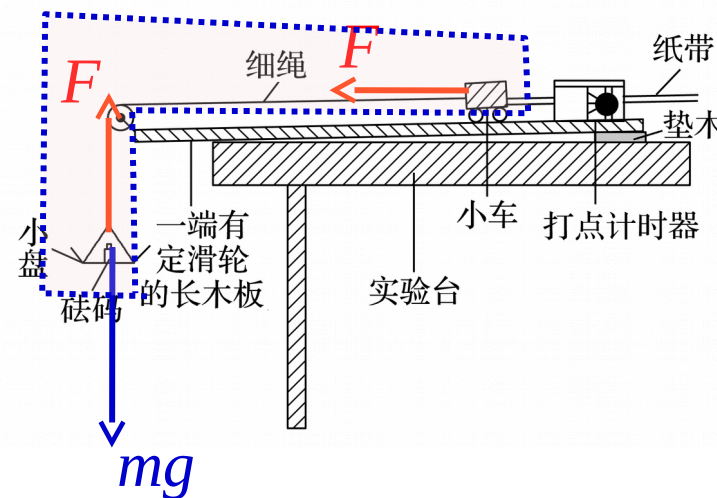
1、以什么为研究对象， mg 是其合外力？
车和砝码及小盘

2、在保持研究对象质量不变的前提下，如何改变合外力大小？

将砝码在车和盘之间转移

3、在这种设计下，还要满足 $m \ll M$ 吗？
不需要

4、图中直线的斜率物理意义？ $mg = M_{\text{总}} a$
车和砝码及小盘总质量的倒数



二、研透核心考点

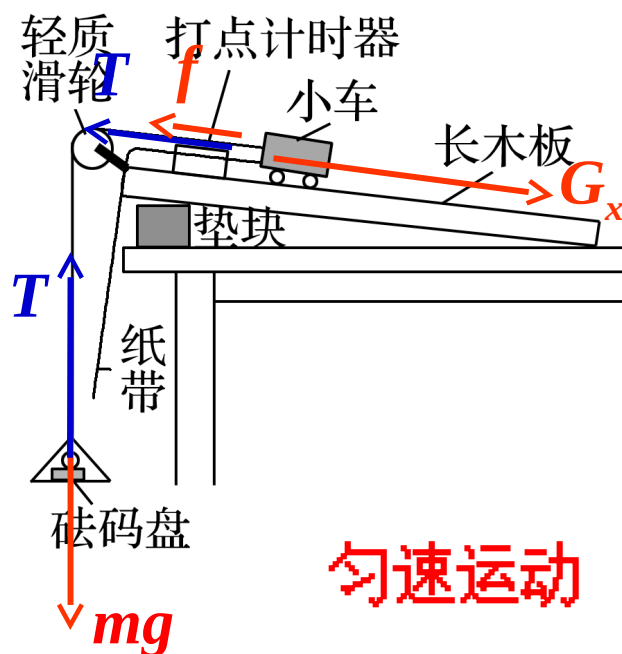


黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

(二)、创新拓展实

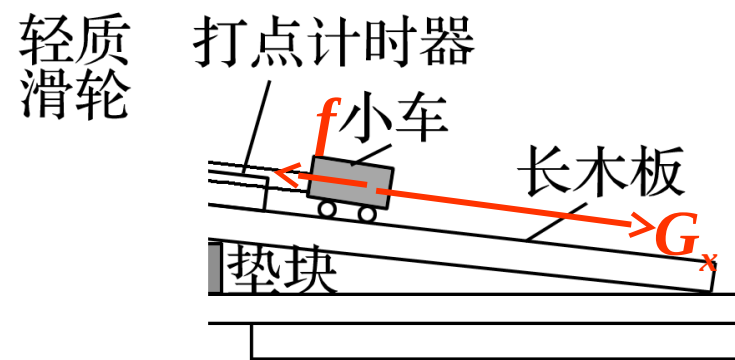
验 消除系统误差—转换测量合外力

1. 利用垫块调节长木板的倾角，轻推小车后，使小车（与纸带、细绳和砝码盘相连）能沿长木板向下做**匀速运动**；
2. **取下细绳和砝码盘**，记下砝码盘中砝码的质量 m ；
3. 在这种设计下，还要满足 $m \ll M$ 吗？



匀速运动

$$\begin{cases} G_x = T + f \\ T = mg \end{cases}$$



不需要

加速运动

$$F_{\text{合}} = G_x - f = mg$$

二、研透核心考点



黄浦教研
HUANGPU JIAOYAN

(三)、教材拓展实验 测量物块与木板间的动摩擦因数

轨道水平：

(1) 对整体：

$$mg - \mu Mg = (M + m)a$$

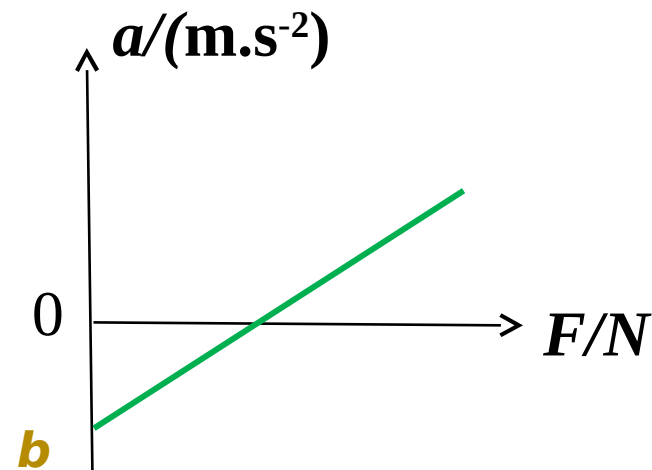
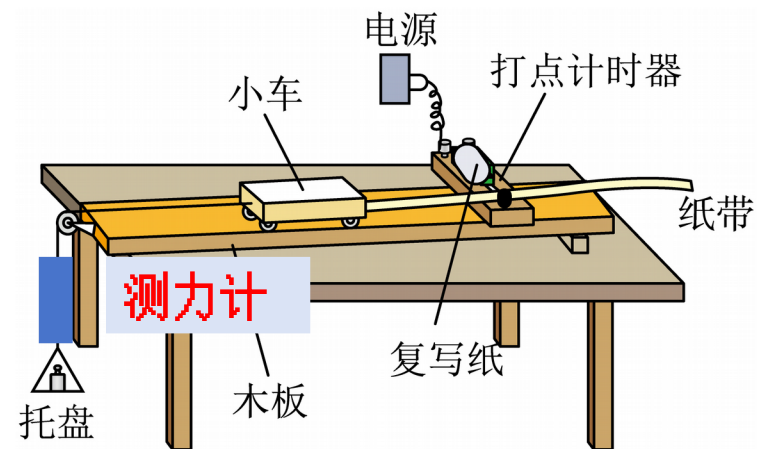
$$\mu = \frac{mg - (M + m)a}{Mg}$$

(2) 对小车 M：(有测力计)

$$F - \mu Mg = Ma$$

$$a = \frac{F}{M} - \mu g$$

$$\mu = -\frac{b}{g}$$



二、研透核心考点

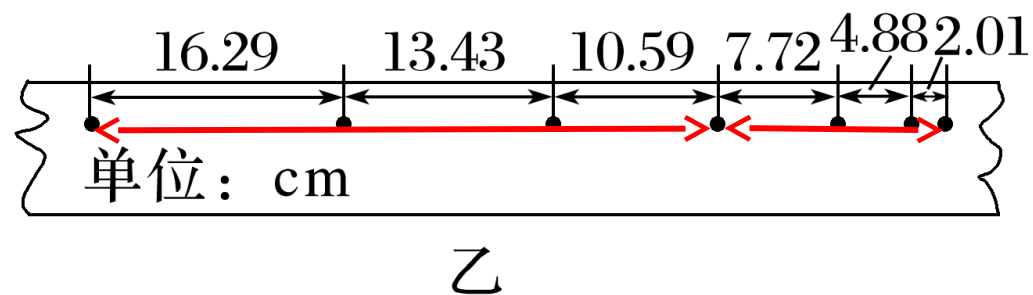
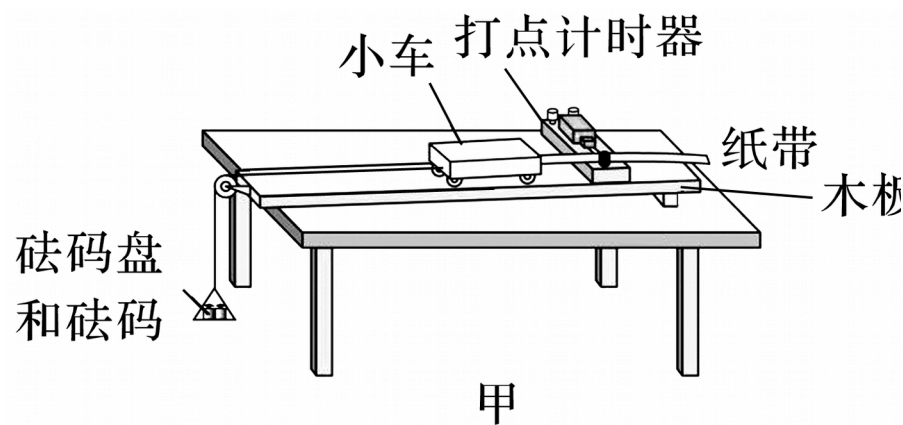


黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

(一)、教材原型实

1. ^验(2024·广东卷·11) 下列是《普通高中物理课程标准》中列出的三个必做实验的部分步骤，请完成实验操作和计算。

(1) 图甲是“探究加速度与物体受力、物体质量的关系”实验装置示意图。图中木板右端垫高的目的是 平衡摩擦力。图乙是实验得到纸带的一部分，每相邻两计数点间有四个点未画出。相邻计数点的间距已在图中给出。打点计时器电源频率为 50 Hz，则小车的加速度大小为 2.86 m/s² (结果保留 3 位有效数字)。



$$a = \frac{(16.29 + 13.43 + 10.59 - 7.72 - 4.88 - 2.01) \times 10^{-2}}{(0.3)^2} \text{ m/s}^2$$

二、研透核心考点

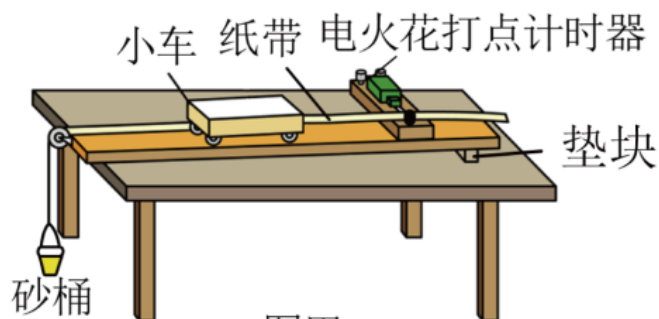


(一)、教材原型实验

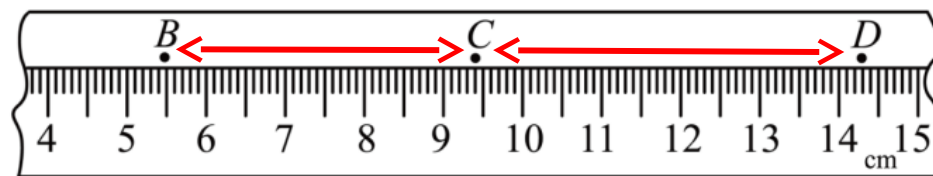
2.(中)(~~验~~26·东莞二模·11)图甲的装置可以用来探究加速度与力、质量的关系，其中小车与车中砝码的总质量记为 M ，砂与砂桶的总质量记为 m ，重力加速度为 g 。小陈同学在保持 m 一定时，探究小车的加速度 a 与 M 的关系。

(1) 平衡摩擦力时，若未挂砂桶的小车拖动纸带沿木板运动，打点计时器在纸带上打出的点迹间隔均匀，说明平衡了小车所受的摩擦力。

(2) 图乙是某次实验打点计时器打出的一条纸带（部分）。若 B ， C ， D 相邻计数点间的时间间隔均为 0.10s ，根据图中的数据，可求出小车的加速度大小是 1.0 m/s^2 。（计算结果保留两位有效数字）



图甲



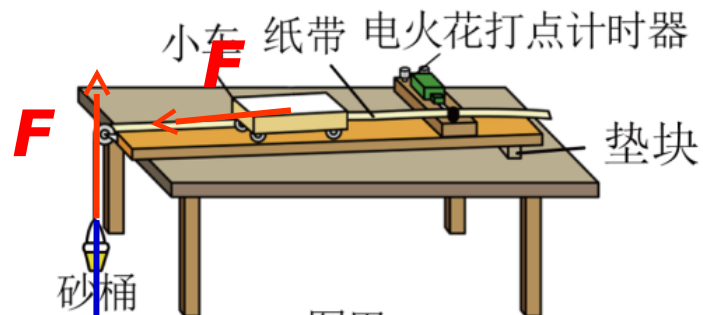
图乙

$$a = \frac{\Delta x}{T^2} = \frac{[(14.30 - 9.40) - (9.40 - 5.50)] \times 10^{-2}}{0.1^2} \text{m/s}^2 = 1.0 \text{m/s}^2$$

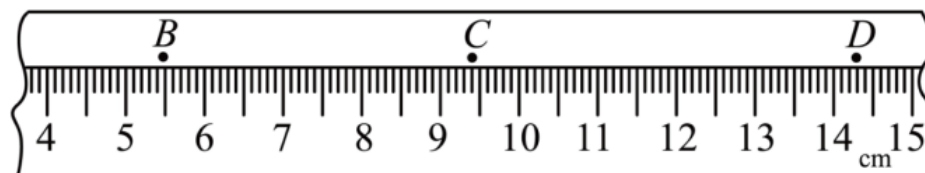
二、研透核心考点



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

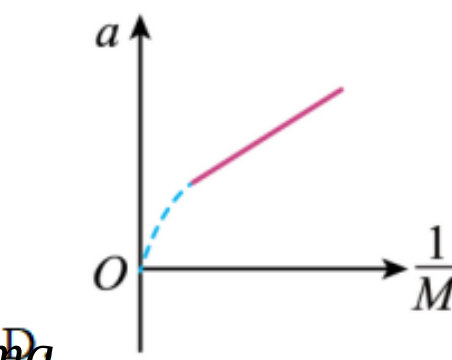
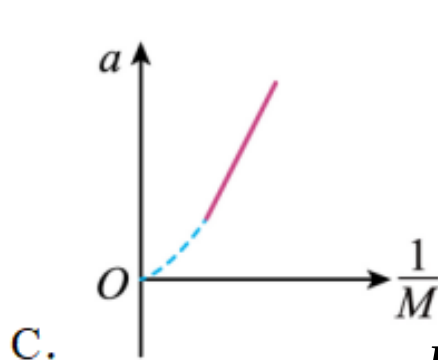
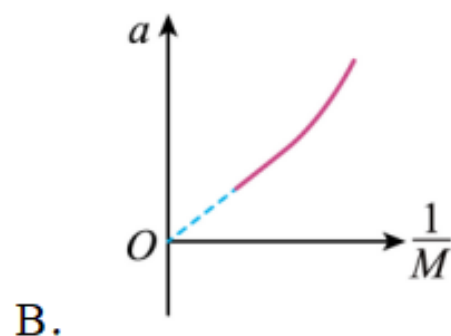
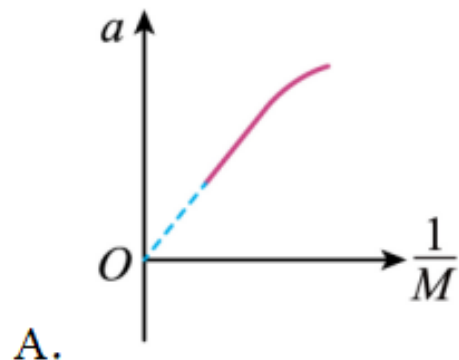


图甲



图乙

(3) 平衡摩擦力后，该同学根据测得的多组数据画出 $a-\frac{1}{M}$ 关系图像，若实验过程中，由于 M 的变化， M 未满足远大于 m ，则图像可能是 A。
 M 未满足远大于 m ，则图像可能是 A。



$$mg - F = ma \quad F = Ma \quad \Rightarrow \quad a = \frac{mg}{M + m}$$

$$M \gg m$$



$$a \approx \frac{mg}{M}$$

不满足 $M \gg m$



$$a = \frac{mg}{M + m}$$



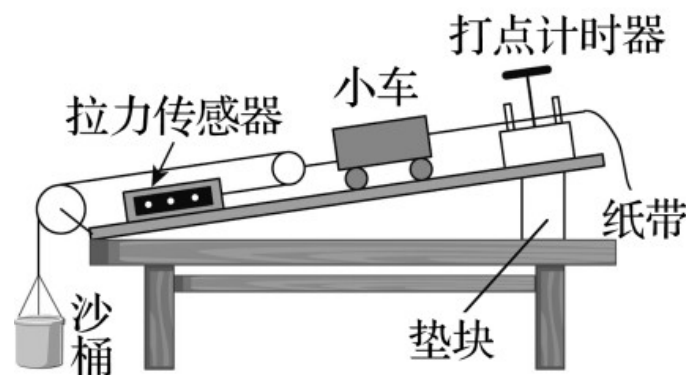
二、研透核心考点



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

(二)、创新拓展实验

3.(中)(~~2025~~·广东深圳市检测)学校某物理实验小组用如图甲所示的实验装置来验证“当物体的质量一定时，加速度与所受合外力成正比”的实验。



(1) 实验时，下列操作中正确的是 D 。

- A. 用天平测出沙和沙桶的质量
- B. 小车靠近打点计时器，先释放小车，再接通电源
- C. 平衡摩擦力时，将无滑轮端适当垫高，并在小车前端连接轻绳且悬挂沙桶
- D. 平衡摩擦力时，将无滑轮端适当垫高，并在小车后端连纸带且穿过打点计时器，但前端不需要连接轻绳、悬挂沙桶

(2) 在实验过程中，向沙桶内加沙时，不需要 (填“需要”或“不需要”) 保证沙和沙桶的总质量 m 远小于小车的总质量 M ；

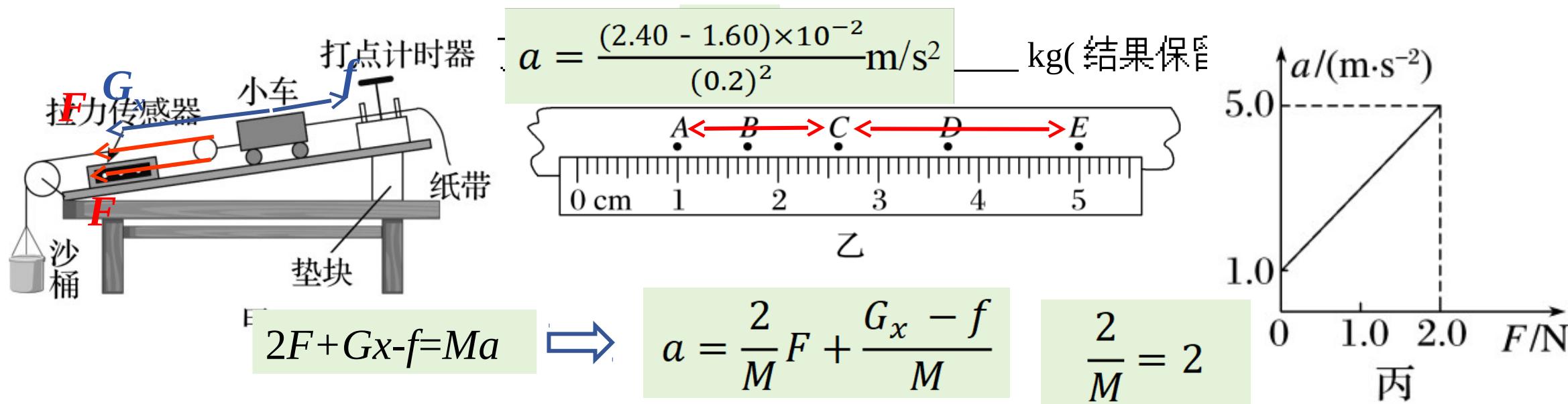
二、研透核心考点



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

(3) 如图乙是实验中选择的一条合适的纸带 (纸带上相邻的两个计数点之间还有 4 个点没有画出) , 已知打点计时器的打点频率为 50 Hz , 该小车的加速度 $a = \underline{0.20} \text{ m/s}^2$ (结果保留两位有效数字) 。

(4) 若保持小车质量不变 , 改变沙桶中沙的质量 , 记录多组拉力传感器示数 F 和对应纸带速度 a 的数值 , 根据这些数据 , 绘制出如图丙的图像 , 分析此图像不过原点的原因可能是 平衡摩擦力过度 。



二、研透核心考点



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

4. (中)(2023年秋·晋·青·宁·卷1) 图甲为探究加速度与力质量关系的部分实验装置。

(1) 实验中应将木板 一端垫高 (选填“保持水平”或“一端垫高”)。

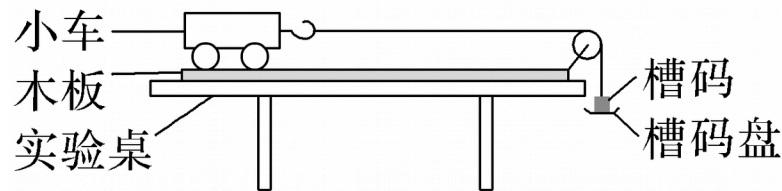
(2) 为探究加速度 a 与质量 m 的关系,某小组依据实验数据绘制出的图像如图乙所示,很难直观看出图像是图线最曲线。如果采用作图法判断 a 与 m 是否成反比关系,以下选项可以直观判断的有

AC (多选,填正确答案标号)。

- A. a - m 图像 B. a - m^2 图像
C. am^2 - m 图像 D. a^2 - m 图像
C. am - m 图像 D. a^2 - m 图像

$$F=ma$$

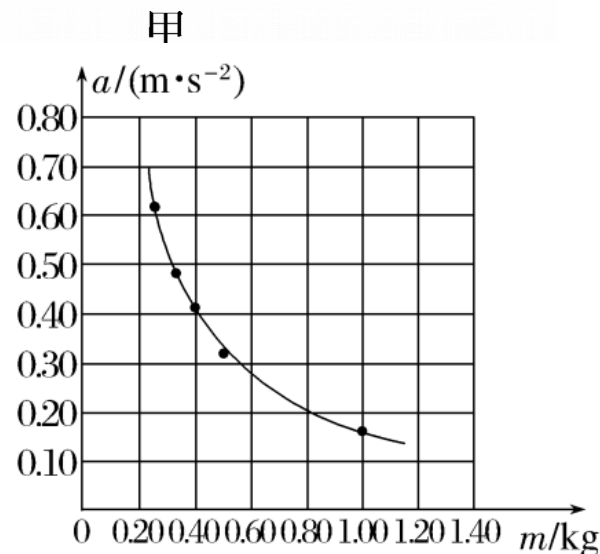
$$a = \frac{1}{m} F$$



(3) 探究加速度与力的关系,在改变作用力时,
甲同学将放在实验桌上的槽码依次放在槽码盘上;
乙同学将事先放在小车上的槽码依次移到槽码盘上。

在其他实验操作相同的情况下, 乙
(选填“甲”或“乙”)同学的方法可以更好地减小误差。

m/kg	$a/(\text{m}\cdot\text{s}^{-2})$
0.25	0.618
0.33	0.482
0.40	0.403
0.50	0.317
1.00	0.152





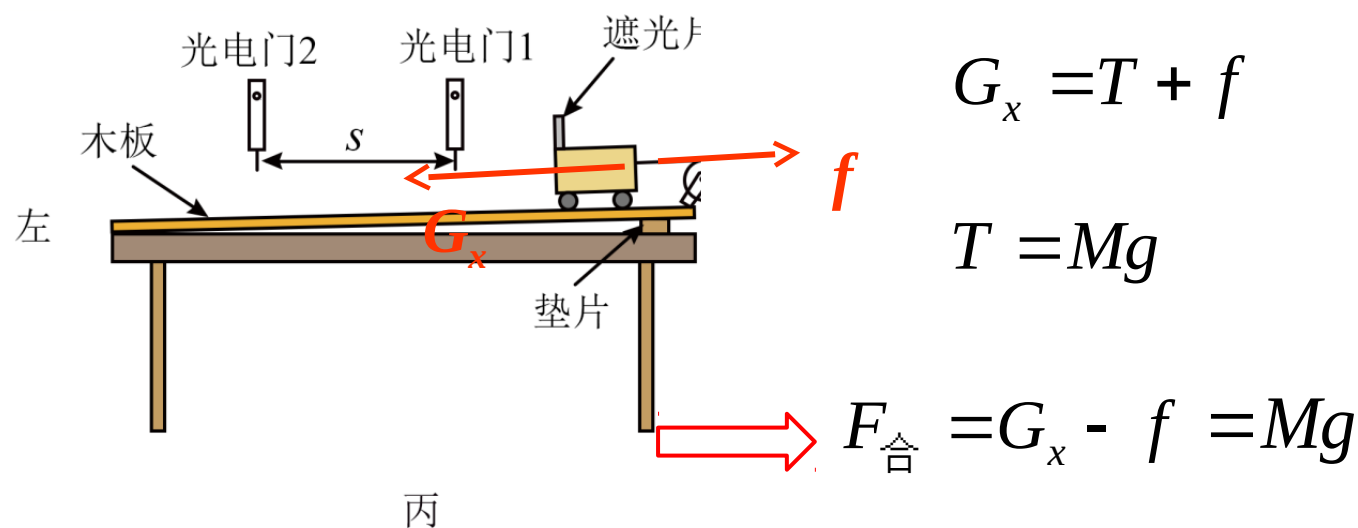
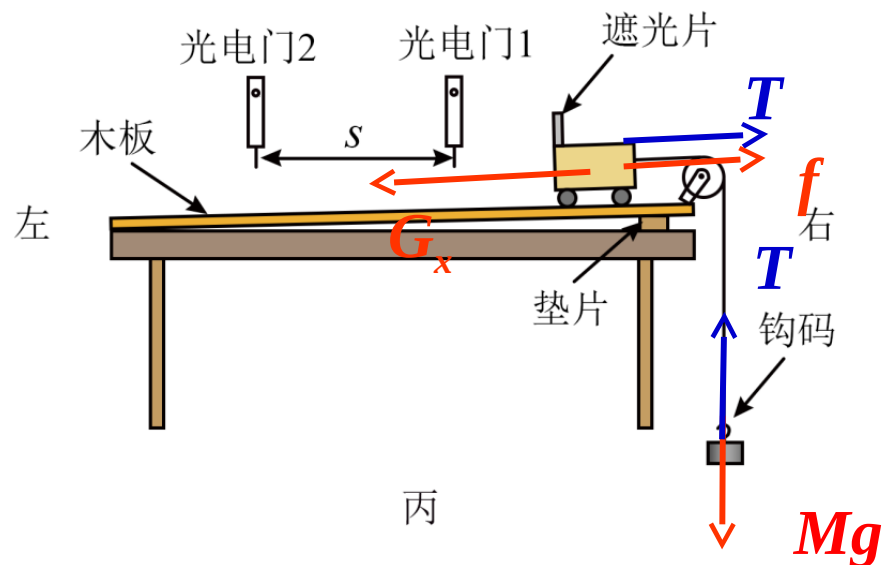
二、研透核心考点



5.(中)(2026·湛江二模·11) 为了探究小车质量一定时, 加速度 a 与其受到的合外力 F 的关系, 设计了如图丙所示的装置: 在桌面上放一块固定有定滑轮的木板, 细绳的一端固定在小车上, 另一端绕过定滑轮悬挂钩码, 连接小车的细绳始终平行于木板, 反复调节木板下方垫片的位置, 直到轻推小车, 小车通过光电门 1、**时间相等** _____, 此时小车受力平衡。

① 若通过光电门 1 的时间 t_1 大于通过光电门 2 的时间 t_2 , 则应将垫片**右** _____ (选填“左”或“右”) 移动恰当的距离;

② 若钩码质量为 M , 重力加速度大小为 g , 调节垫片的位置使得小车在木板上下滑时受力平衡。现将小车置于图示位置, 取下钩码让小车下滑, 则小车下滑过程中受到的合外力大小为 **Mg** _____。



二、研透核心考点

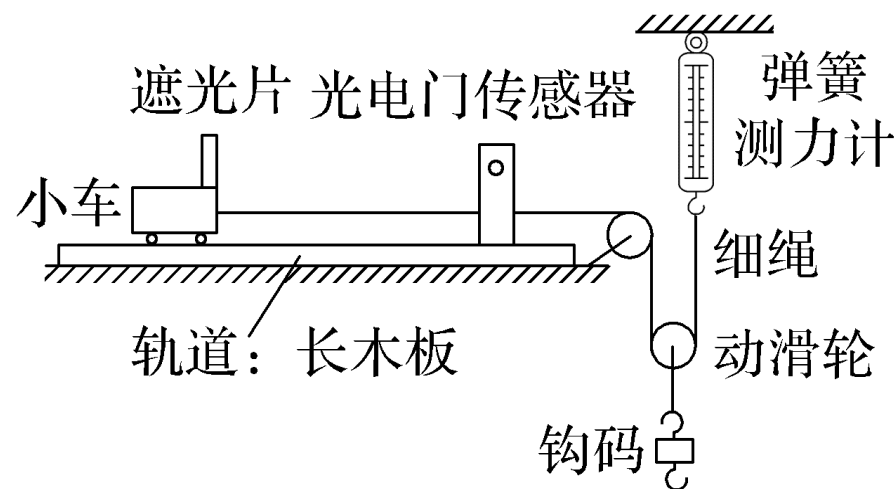


黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

6.(难)(2025·天津一模·9)如图甲所示,小车通过细绳与钩码相连,遮光片固定在小车的最右端,光电门传感器固定在长木板上,小明研究组利用图中装置完成了“验证牛顿第二定律”的实验,小红研究组将长木板放平,并把小车换成木块,完成了“测定长木板与木块间动摩擦因数”的实验。

(1)某同学在研究小车加速度与拉力关系的实验中,把小车所受拉力当作合力,下列说法正确的是AD)

- A. 需要平衡摩擦力
- B. 不需要平衡摩擦力
- C. 要求钩码的质量远小于小车质量
- D. 不要求钩码的质量远小于小车质量



甲

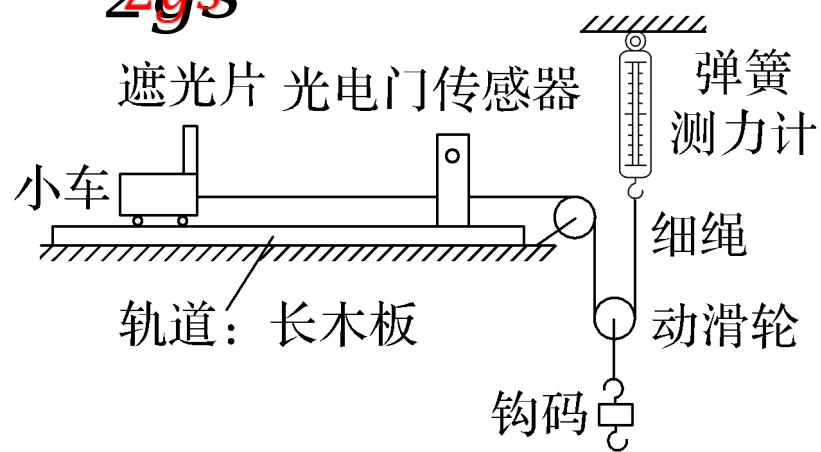
二、研透核心考点



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

(2) 在实验操作完全正确的情况下,小明研究组将小车从某一位置由静止释放,测出遮光片的宽度 d 和它通过光电门的挡光时间 Δt , 小车静止时遮光片右端距光电门左端的位移 s , 小车的质量 m , 弹簧测力计的示数 F_1 , 则 F_1 与 s 应满足的关系式为 $F_1 = \frac{m}{2s} \left(\frac{d}{\Delta t} \right)^2$ (可用 m 、 d 、 s 、 Δt 等字母表示)。

(3) 小红研究组测出木块静止时遮光片右端距光电门左端的位移 s , 由遮光片宽度 d 和挡光时间 Δt 求出滑块的速度大小 v , 并算出 v^2 , 然后作出的 $F-v^2$ 图像如图乙所示, 根据图像可求得动摩擦因数 $\mu = \frac{b}{2gs}$ (可用 a 、 b 、 g 、 s 等字母表示)。



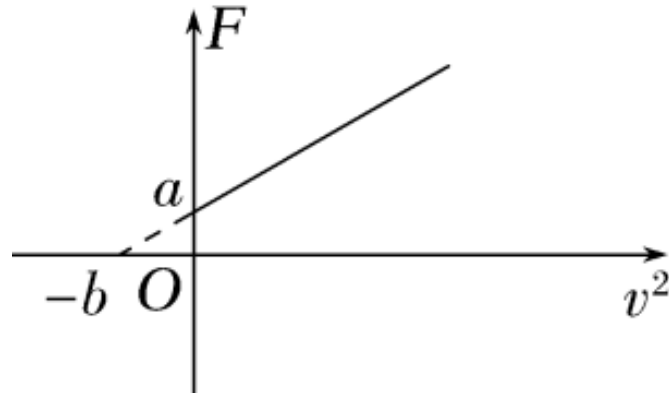
甲

$$F = ma$$

$$\left(\frac{d}{\Delta t} \right)^2 = 2as$$

$$F - \mu mg = ma$$

$$F = \frac{m}{2s} v^2 + \mu mg$$



$$\frac{m}{2s} = \frac{a}{b}$$

乙

$$\mu mg = a$$



黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

谢谢

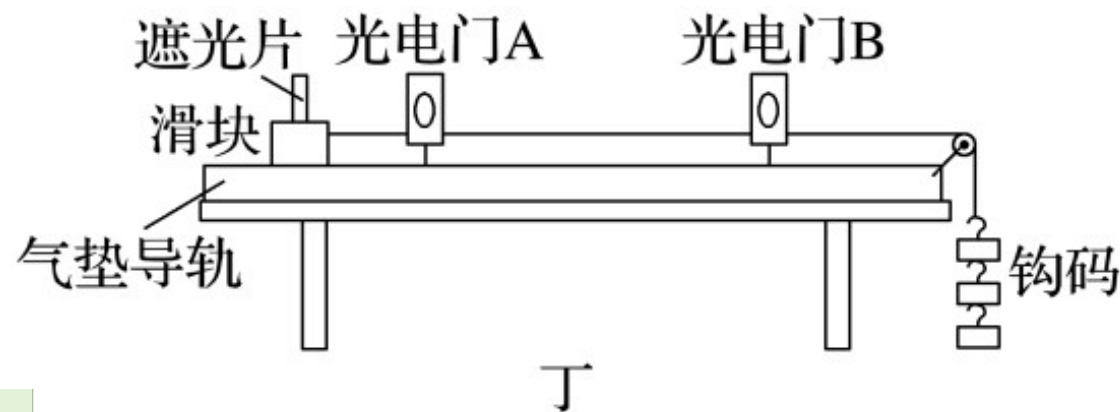


二、研透核心考点



(5) 为进行更精确的实验，对上述装置进行改进，实验装置如图丁。在气垫导轨上相隔一定距离的两处安装两个光电门，滑块上固定一遮光片，光电门可以记录下遮光片通过光电门 A、B 时所用的时间 Δt_1 和 Δt_2 ，以及两次开始遮光的时间间隔 Δt ，用此装置得到的数据绘制图像，探究加速度与力的关系，已经满足滑块和遮光片总质量远大于钩码质量，除了上述已测得的物理量，还需要测量或记录的数据有_____。

- A. 遮光片的宽度 d
- B. 钩码的质量 m
- C. 滑块和遮光片的总质量 M
- D. 滑块的初始位置到光电门 A 的距离 L_1



$$v_1 = \frac{d}{\Delta t_1}$$

$$v_2 = \frac{d}{\Delta t_2}$$

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$