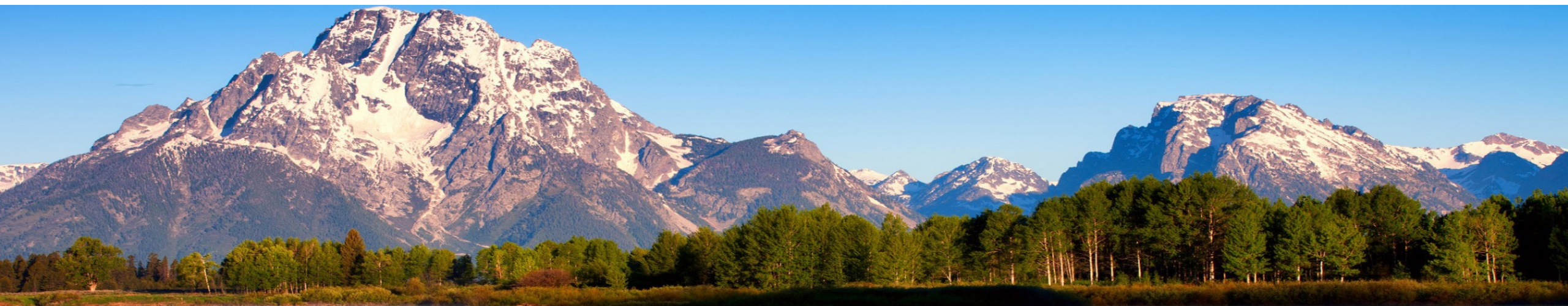
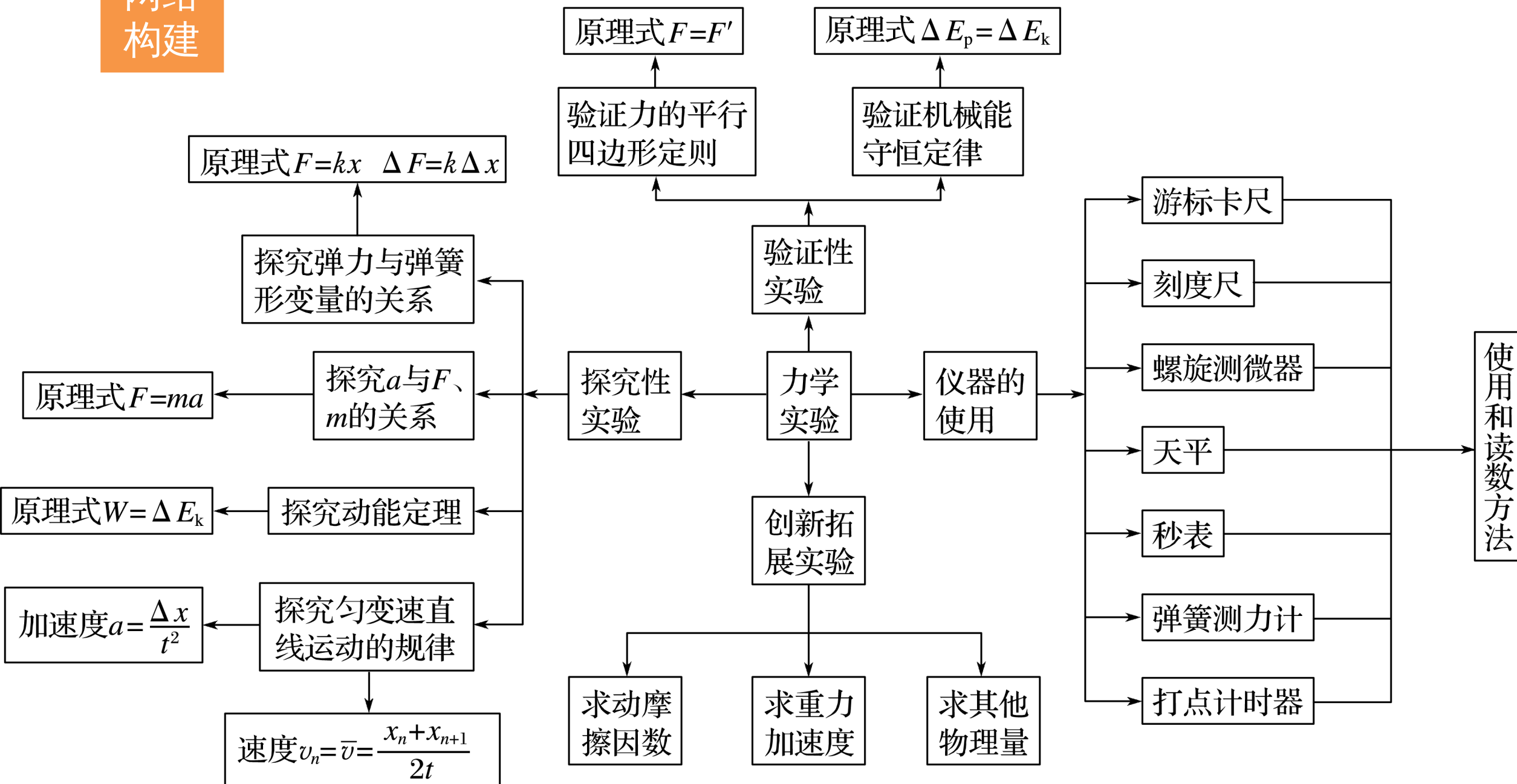


实验专题

专题15 力学实验



网络构建



考题一 “纸带类”实验

考题二 “橡皮条”“弹簧”类实验

考题三 力学创新拓展实验

知识精讲

新课标《考试大纲》规定的六个力学实验中有四个涉及打点计时器：研究匀变速直线运动、探究加速度与力、质量的关系、探究做功和物体速度变化的关系和验证机械能守恒定律。这类实验的关键是要掌握纸带的分析处理方法，对于纸带常有以下三大应用：

1. 由纸带确定时间

要区别打点计时器打出的点与人为选取的计数点之间的区别与联系，便于测量和计算。

2. 求解瞬时速度

利用做匀变速直线运动的物体在一段时间内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度. 如图 1 所示, 打 n 点时的瞬时速度 $v_n = \frac{x_n + x_{n+1}}{2T}$.

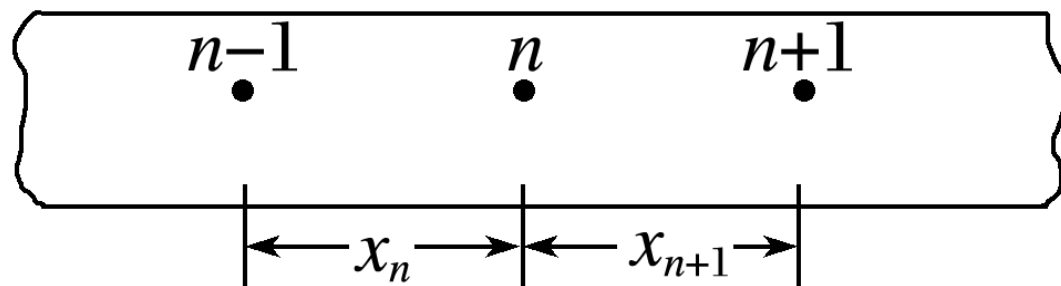


图 1

3.用“逐差法”求加速度

如图 2 所示， $a = \frac{(x_4 + x_5 + x_6) - (x_1 + x_2 + x_3)}{(3T)^2}$ 。

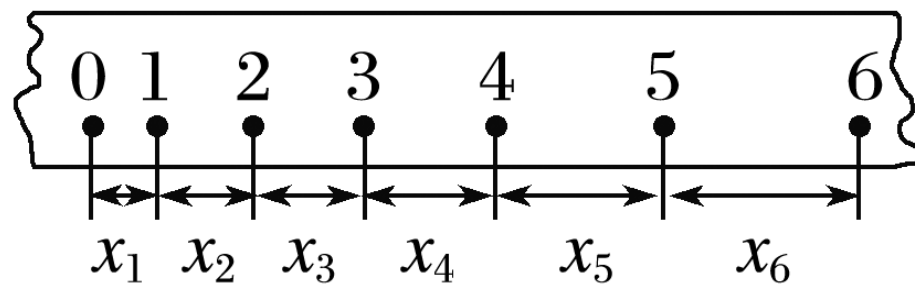


图 2

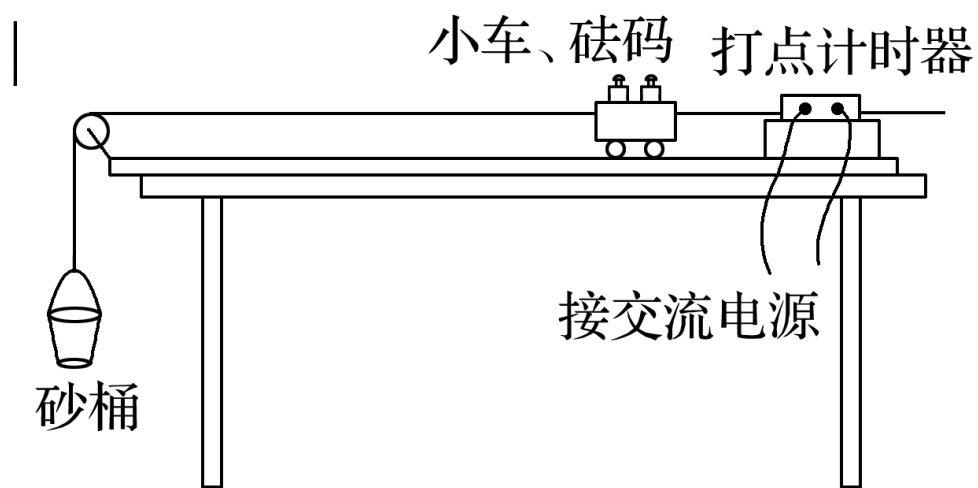
有些实验用光电门代替打点计时器来完成瞬时速度和加速度的测量，具体做法如下：

(1) 求瞬时速度：把遮光条（宽度为 d ）通过光电门的时间 Δt 内的平均速度看做物体经过光电门的瞬时速度，即 $v_{\Delta t} = \frac{d}{\Delta t}$.

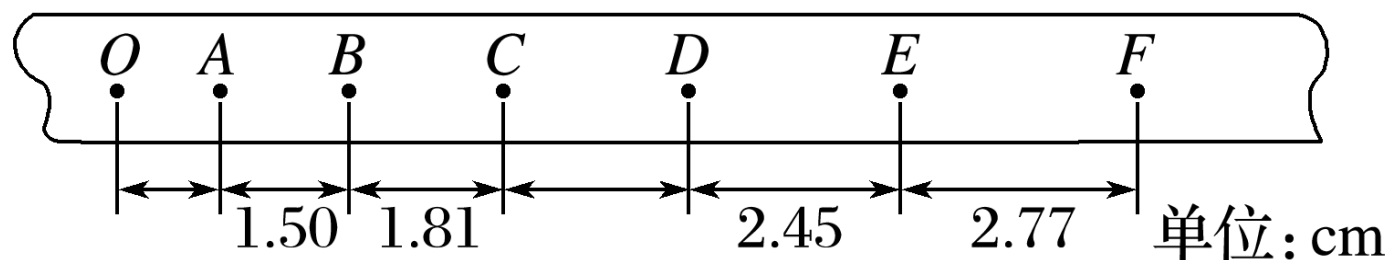
(2) 求加速度：若两个光电门之间的距离为 L ，则利用速度与位移的关系可求加速度，即 $a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2L}$.

典例剖析

例 1 图 3 甲是“研究匀变速直线运动”的实验装置，图乙是该实验中获得的一条纸带。已知所用交流电源的频率为 50 Hz， A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 是纸带上的计数点，相邻计数点间还有

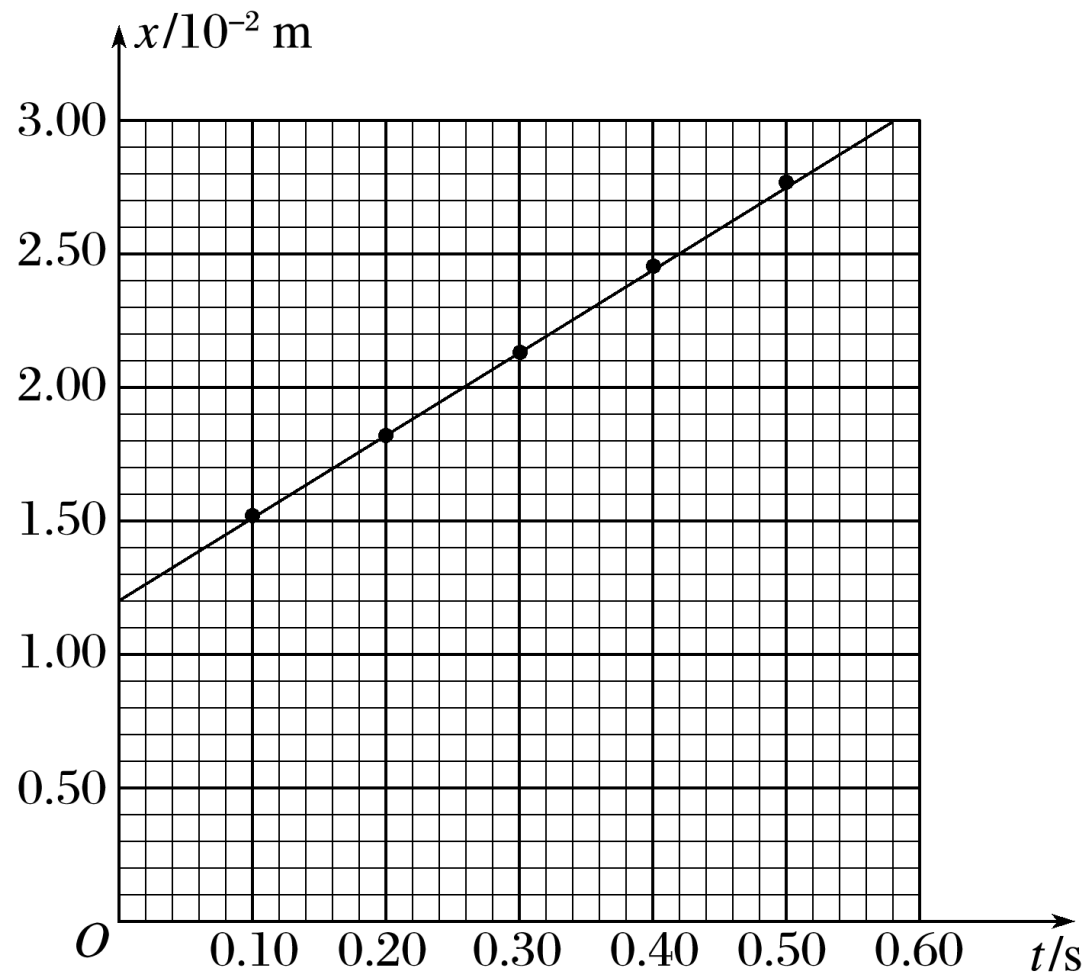


甲

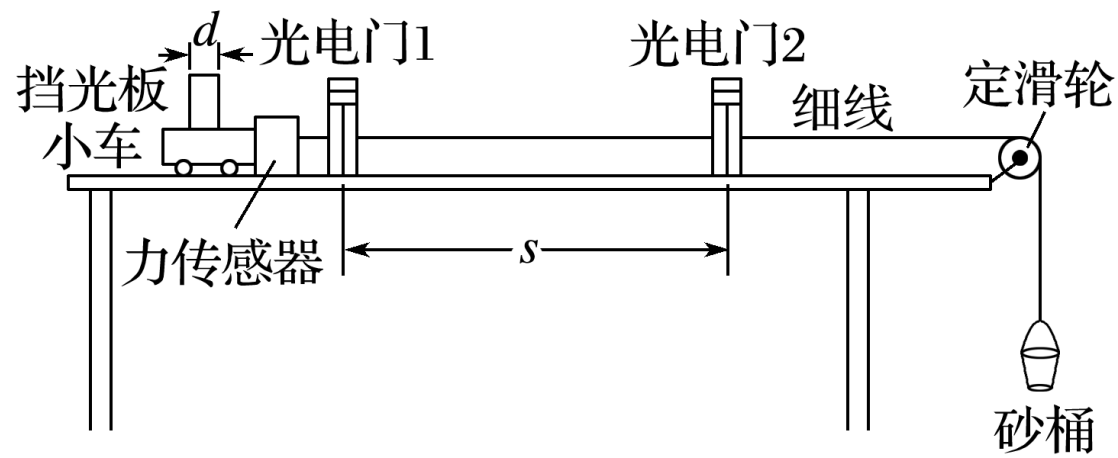


乙

图 3



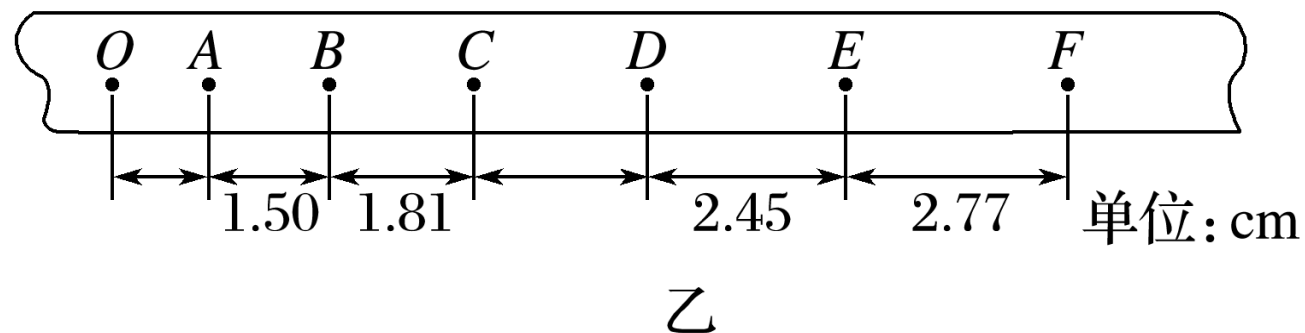
丙



丁

图 3

(1) 实验时由于没有记录 CD 间的读数，根据图乙中已有的数据估算出 CD 间的距离约为 2.13 cm.



解析 由 $\Delta x = aT^2$ ，即 $ED - CD = CD - BC = aT^2$ ，

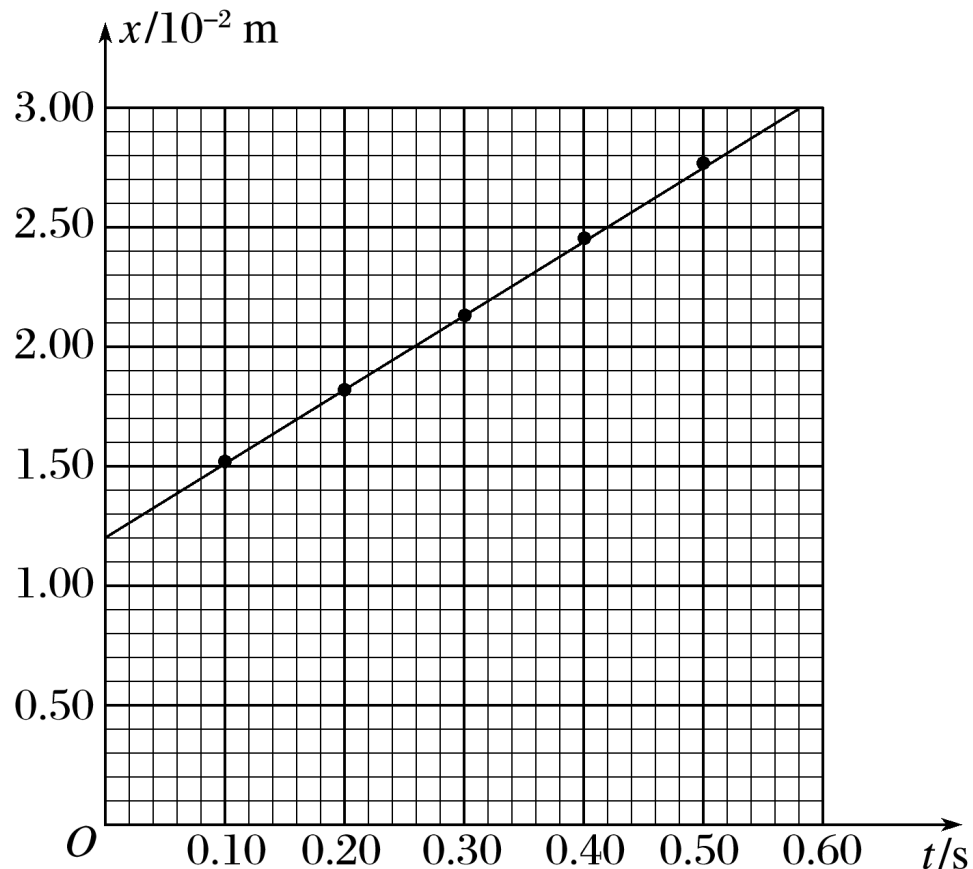
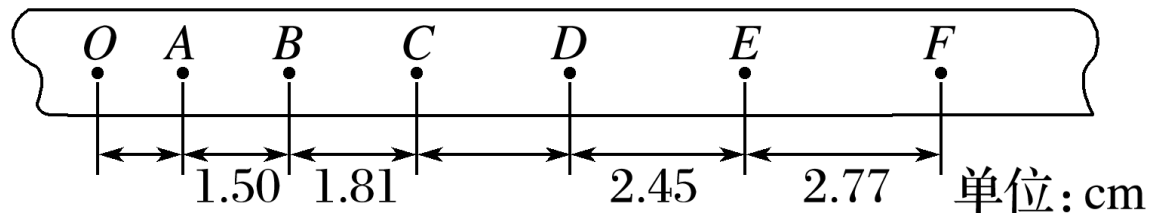
$$\text{得 } CD = \frac{ED + BC}{2} = 2.13 \text{ cm.}$$

(2) 某同学在处理数据时将 A 点记为 $t = 0$, B 点记为 $t = 0.1 \text{ s}$, C 点记为 $t = 0.2 \text{ s}$, 将 AB 间距离记为 $t = 0.1 \text{ s}$ 时的位移 $x_1 = 1.50 \text{ cm}$, BC 间距离记为 $t = 0.2 \text{ s}$ 时的位移 $x_2 = 1.81 \text{ cm}$, 并根据图乙中的数据作出

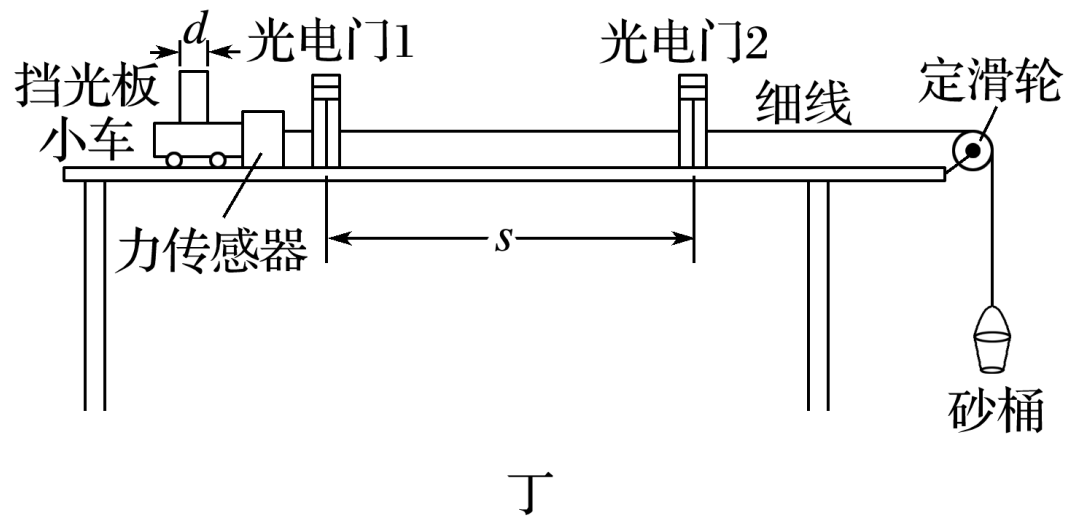
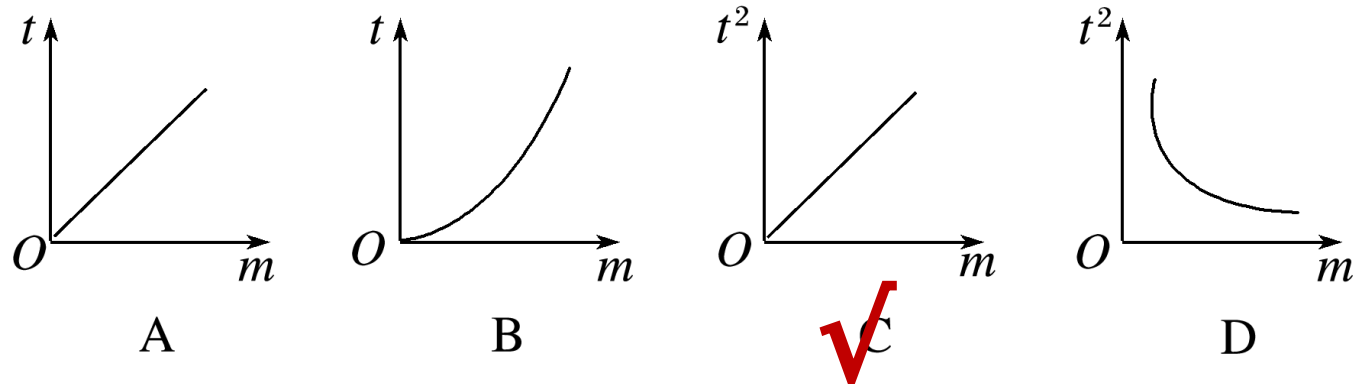
如图丙所示的 $x - t$ 图象, 该图线与纵坐标的交点是 OA 之间的距离 ; 若该同学根据图象得出

$x - t$ 图象的斜率为 $k(\text{m/s})$, 则该纸带运动时的加速度大小是 $10k$ m/s^2 (请用斜率 k 来表

示)



(3) 若将实验中的打点计时器拿掉，改用在水平轨道上安装两个光电门，小车上固定有力传感器和挡光板，细线一端与力传感器连接，另一端跨过定滑轮挂上砂桶，如图丁所示，可以用来验证“牛顿第二定律”，实验时，先测出小车、传感器和挡光板的总质量 m ，再让小车从靠近光电门 1 处由静止开始运动，读出小车在两光电门之间的运动时间 t 。改变小车质量 m ，测得多组 m 、 t 的值，建立坐标系描点作出图线，下列能直观得出“合外力一定时，加速度与质量成反比”的图线是 _____



[变式训练]

1. 在用图 4 所示的装置“验证牛顿第二定律”的实验中，保持小车质量一定时，验证小车加速度 a 与合力 F 的关系。

(1) 除了电火花计时器、小车、砝码、砝码盘、细线、附有定滑轮的长木板、垫木、导线及开关外，在下列器材中必须使用的有 **?** (选填选项前的字母)。

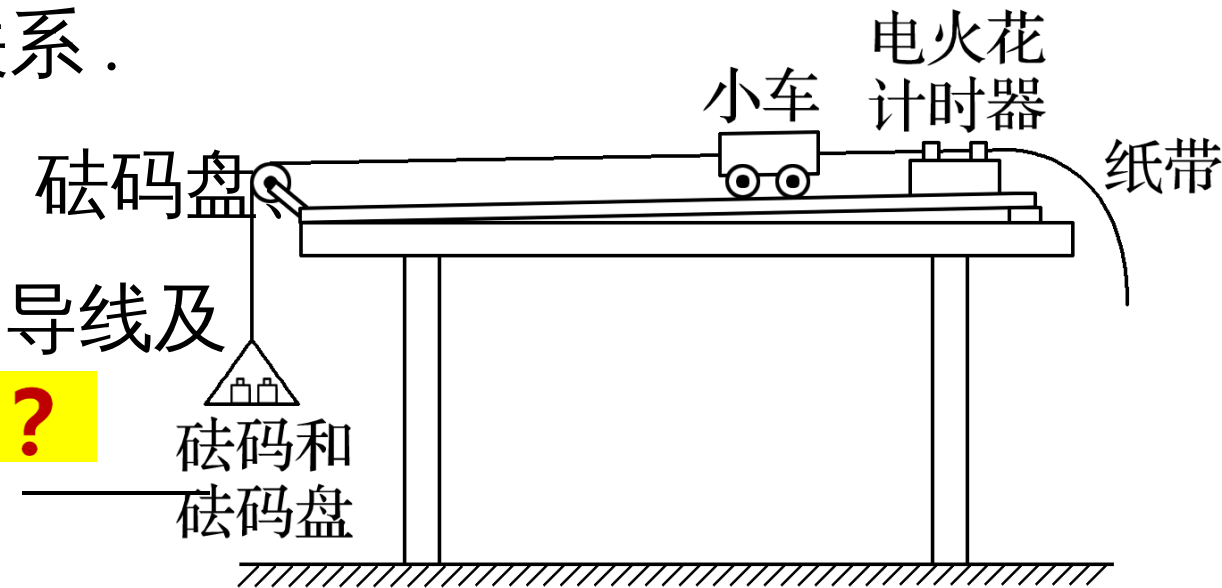


图 4

- A. 220 V、50 Hz 的交流电源
- B. 电压可调的直流电源
- C. 刻度尺
- D. 秒表
- E. 天平 (附砝码)

(2) 为了使细线对小车的拉力等于小车所受的合外力，以下操作正确的是 ?

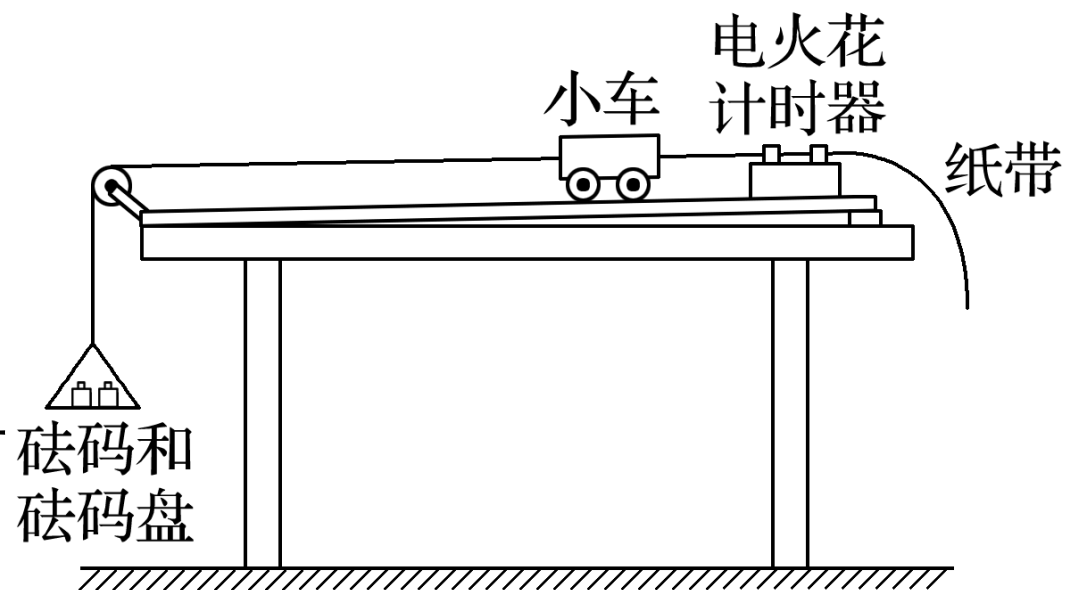
✓ _____.

A. 调整长木板上滑轮的高度使细线与长木板平行

B. 在调整长木板的倾斜度平衡摩擦力时应当将砝码和砝码盘通过细线挂在

✓ 小车上

C. 在调整长木板的倾斜度平衡摩擦力时，应当将穿过打点计时器的纸带连在小车上



(3) 某同学得到了图 5 所示的一条纸带，由此得到小车加速度的大小 a 15 m/s^2 .

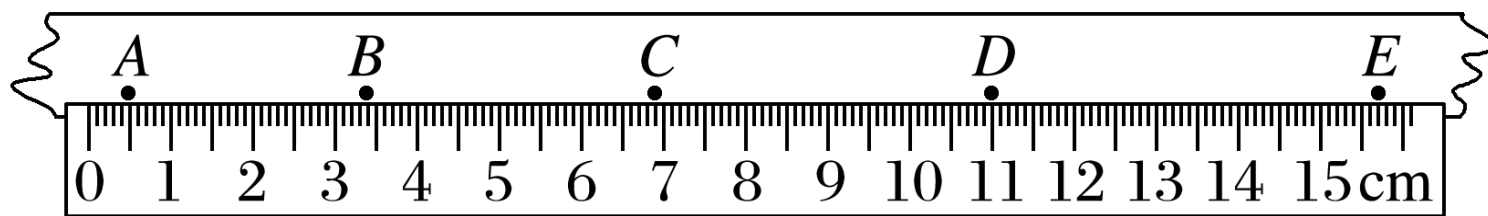


图 5

解析 由图知 $AC = 6.40 \text{ cm}$ ， $CE = 8.80 \text{ cm}$ ， $CE - AC = a(2T)^2$ ，得 $a =$

$$\frac{CE - AC}{4T^2} = 15 \text{ m/s}^2 ;$$

(4) 在本实验中认为细线的拉力 F 等于砝码和砝码盘的总重力 mg ，已知三位同学利用实验数据作出的 $a - F$ 图象如图 6 中的 1、2、3 所示。下列分析正确的是 _____ (选填选项前的字母)。

A. 出现图线 1 的原因可能是没有平衡摩擦力

B. 出现图线 2 的原因可能是砝码和砝码盘的质量不合适

C. 出现图线 3 的原因可能是在平衡摩擦力时长木板的倾斜度过大

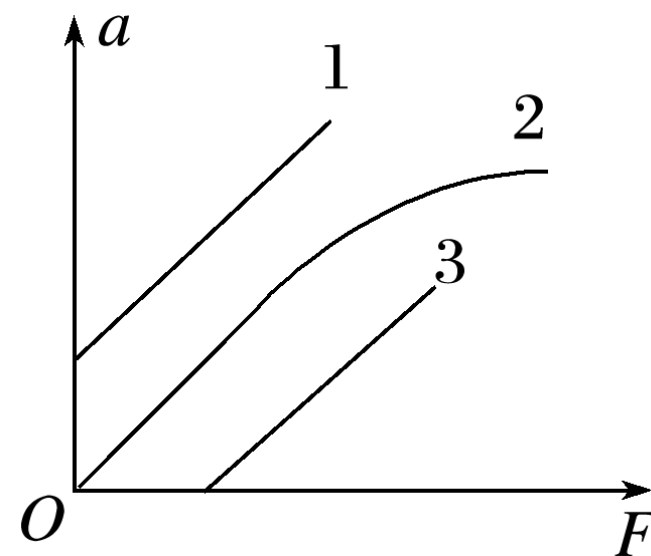


图 6

(5) 在本实验中认为细线的拉力 F 等于砝码和砝码盘的总重力 mg ，由此造成的误差是 **系统误差** (选填“系统误差”或“偶然误差”)。设拉力的真实值为 $F_{\text{真}}$ ，小车的质量为 M ，为了使 $\frac{mg - F_{\text{真}}}{F_{\text{真}}} < 5\%$ ，应当满足的条件是 $\frac{m}{M} < 5\%$ 。

解析 小车在做匀加速直线运动时，砝码和砝码盘也在做匀加速直线运动，细线的拉力 F 一定小于砝码和砝码盘的总重力 mg ，此误差不可避免，为系统误差；小车与砝码和砝码盘都在做加速度为 a 的匀加速直线运动，对砝码和砝码盘有 $mg - F_{\text{真}} = ma$ ，对小车有 $F_{\text{真}} = Ma$ ，代入

2. 如图 7 甲所示，一位同学利用光电计时器等器材做“验证机械能守恒定律”的实验。有一直径为 d 、质量为 m 的金属小球由 A 处由静止释放，下落过程中能通过 A 处正下方、固定于 B 处的光电门，测得 A 、 B 间的距离为 H ($H \gg d$)，光电计时器记录下小球通过光电门的时间为 t ，当地的重力加速度

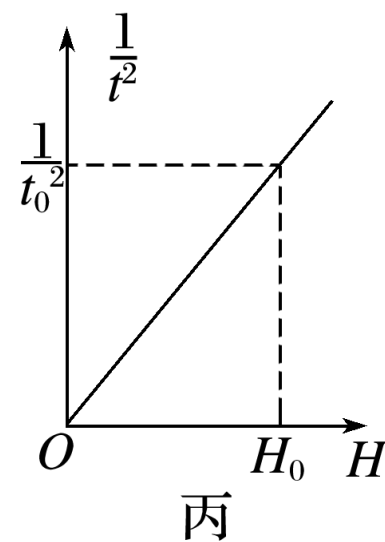
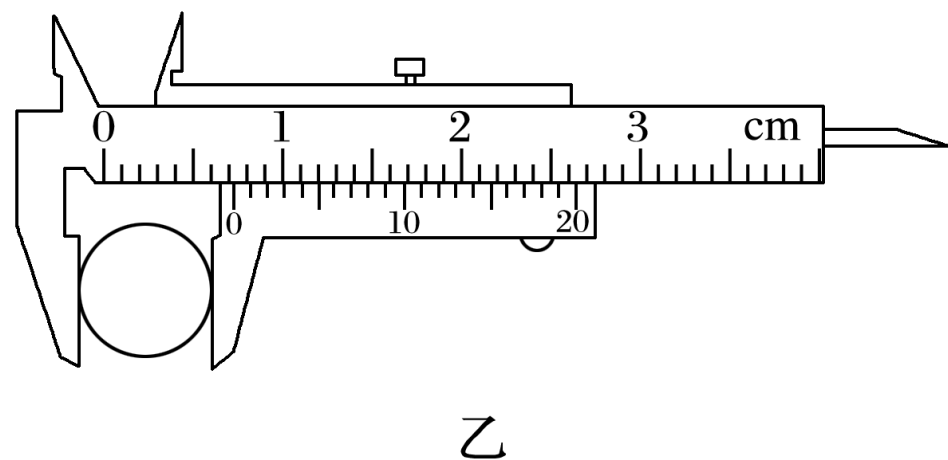
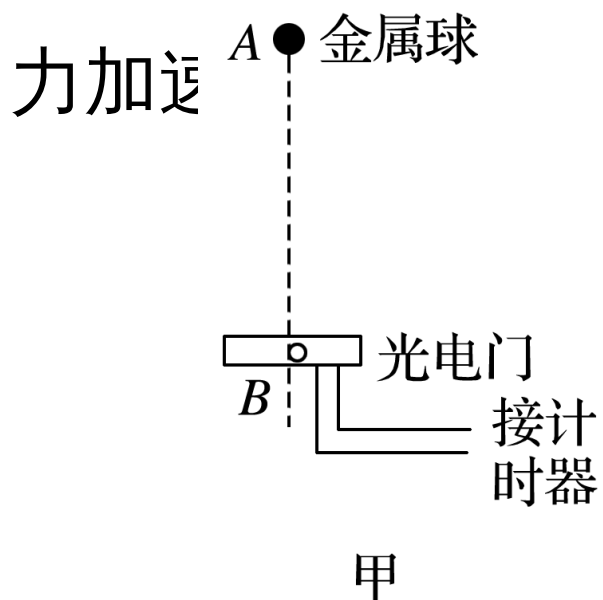
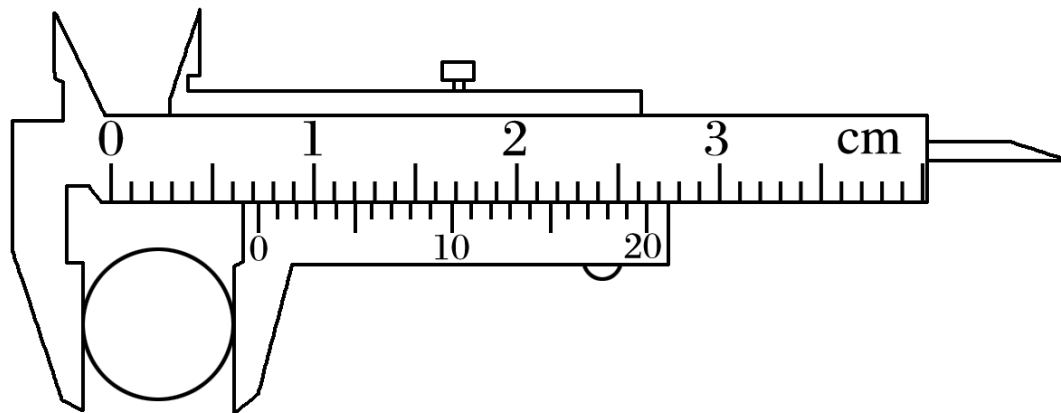


图 7

(1) 如图乙所示，用游标卡尺测得小球的直径 $d = \underline{7.25}$ mm.



乙

解析 游标卡尺的读数为：

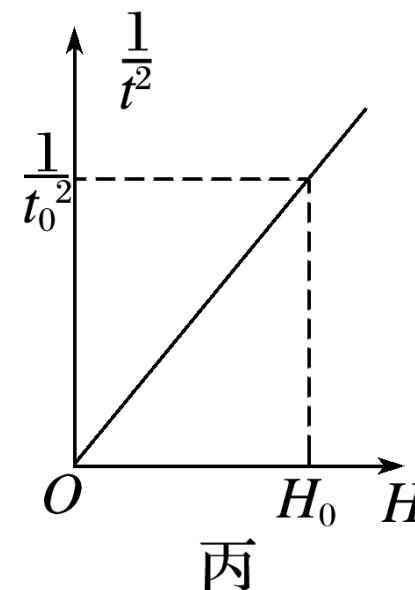
$$d = (0.7 \times 10 + 5 \times 0.05) \text{ mm} = 7.25 \text{ mm} ;$$

(2) 多次改变高度 H ，重复上述实验，作出 $\frac{1}{t^2}$ 随 H 的变化图象如图丙所示，当图中已知量 t_0 、 H_0 和重力加速度 g 及小球的直径 d 满足以下表达式： $2gH_0t_0^2 = d^2$ 时，可判断小球下落过程中机械能守恒

解析 若减小的重力势能等于增加的动能时，
可以认为机械能守恒；

$$\text{有：} mgH = \frac{1}{2}mv^2, \text{ 即 } 2gH_0 = \left(\frac{d}{t_0}\right)^2,$$

$$\text{得：} 2gH_0t_0^2 = d^2;$$



(3) 实验中发现动能增加量 ΔE_k 总是稍小于重力势能减少量 ΔE_p ，增加下落高度后，则 $\Delta E_p - \Delta E_k$ 将 **增大** (选填“增加”“减小”或“不变”).

解析 由于在该过程中有阻力做功，且高度越高，阻力做功越多，故增加下落高度后，则 $\Delta E_p - \Delta E_k$ 将增大.

3. 某实验小组用图 8 甲实验装置探究合力做功与动能变化的关系. 铁架台竖直固定放置在水平桌面上, 将长木板倾斜放置, 一端固定在水平桌面边缘 P 处, 另一位置放置在铁架台的铁杆上, 忽略铁杆粗细, 木板与铁杆接触处记为 Q , P 处放置一光电门. 实验步骤是:

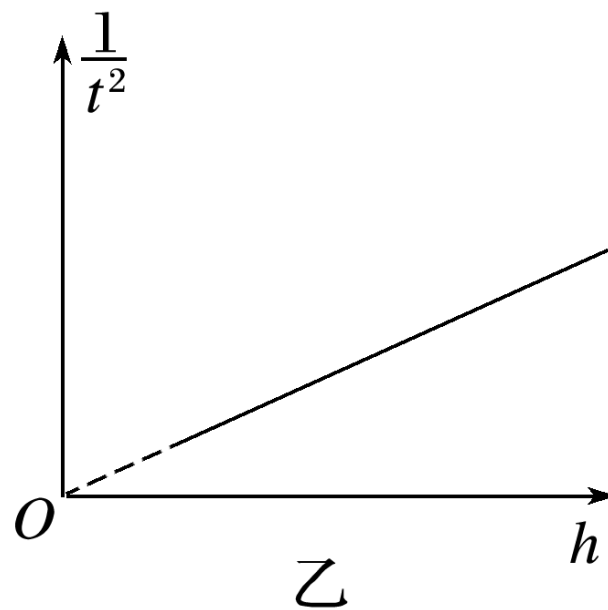
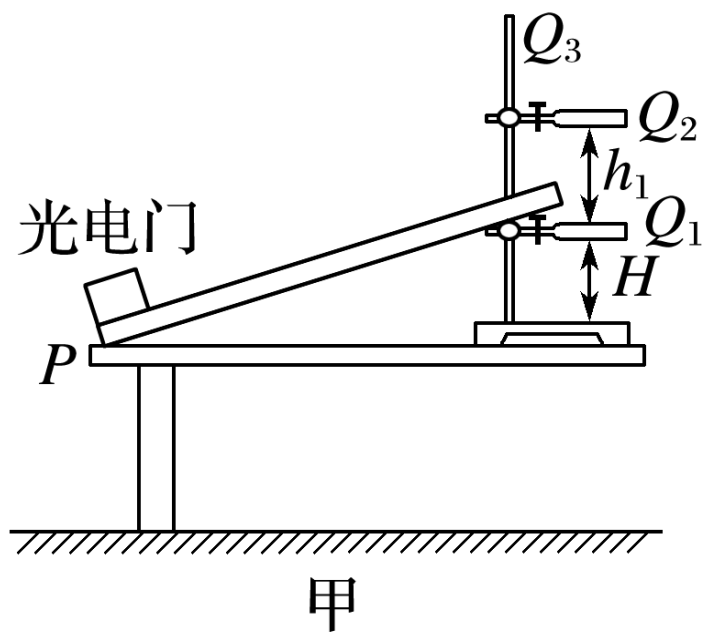


图 8

- ①用游标卡尺测出滑块的挡光片宽度 l ，用天平测出滑块的质量 m ；
- ②平衡摩擦力：以木板放置在水平桌面上的 P 处为轴，调节长木板在铁架台上的放置位置，使滑块恰好沿木板向下做匀速运动．在铁架台竖直杆上记下此位置 Q_1 ，用刻度尺测出 Q_1 到水平桌面的高度 H ；
- ③保持 P 位置不变，长木板一端放置在铁架台竖直杆 Q_2 上．用刻度尺量出 Q_1Q_2 的距离 h_1 ，将滑块从木板上的 Q_2 位置由静止释放，由光电门计时器读出滑块的挡光时间 t_1 ；
- ④保持 P 位置不变，重新调节长木板一端在铁架台上的放置位置，重复步骤③数次．

1. 滑块沿长木板由 Q_2 运动到 P 的过程中，用测量的物理量回答下列问题
 (已知重力加速度为 g)：(1) 滑块动能的变化量 ΔE_k $\frac{ml^2}{2t_1^2}$ _____，(2) 滑块克服摩擦力做的功 mgH _____，(3) 合力对滑块做的功 $W_{\text{合}} =$ _____。

II. 某学生以铁架台竖直杆上的放置位置到 Q_1 的距离 h 为横坐标，以滑块通过光电门的挡光时间的平方¹倒数为纵坐标，根据测量数据在坐标系中描点

$$\frac{2g}{l^2}$$

画出如图乙所示直线，若图线过原点，且图线斜率 $k = \underline{\hspace{2cm}}$ ，则能证明

解析 力做的功等于物体动能增量，有 $mgh = \frac{ml^2}{2t^2}$ ，

整理得： $\frac{1}{t^2} = \frac{2g}{l^2}h$ ，故图线斜率 $k = \frac{2g}{l^2}$ 。

知识精讲

1. 注意橡皮条、弹簧本身的特点，力的特点是不能突变，能的特点是弹簧拉伸和压缩相同的量势能相等，在实验中也会用到。
2. 弹簧弹性势能表达式不需推导和应用，但还是要知道，在验证性实验中常用到其结论。

典例剖析

例 2 某物理兴趣小组的同学在研究弹簧弹力的时候，测得弹力的大小 F 和弹簧长度 l 的关系如图 9 所示，则由图线可知：

(1) 弹簧的劲度系数为 300 N/m.

解析 由图知，当 $F = 0$ 时 $l_0 = 20$ cm，
即弹簧的原长，当 $F_0 = 60$ N 时 $l = 40$ cm，
则 $\Delta l = l - l_0 = 0.2$ m；

由胡克定律得 $k = \frac{\Delta F}{\Delta l} = \frac{60}{0.2}$ N/m = 300 N/m；

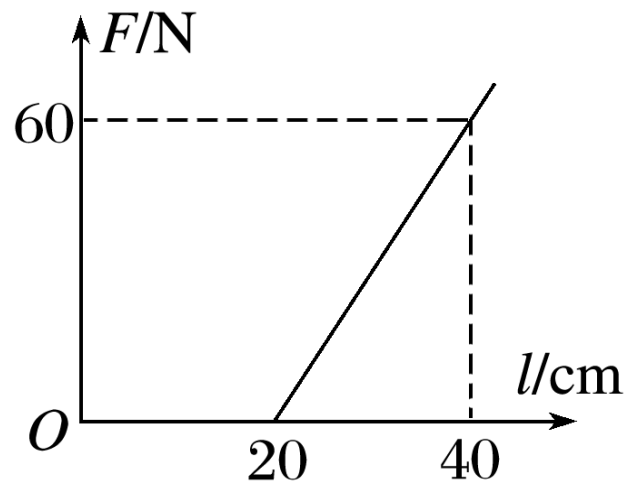


图 9

(2) 为了用弹簧测定两木块 A 和 B 间的动摩擦因数 μ ，两位同学分别设计了如图 10 所示的甲、乙两种方案。

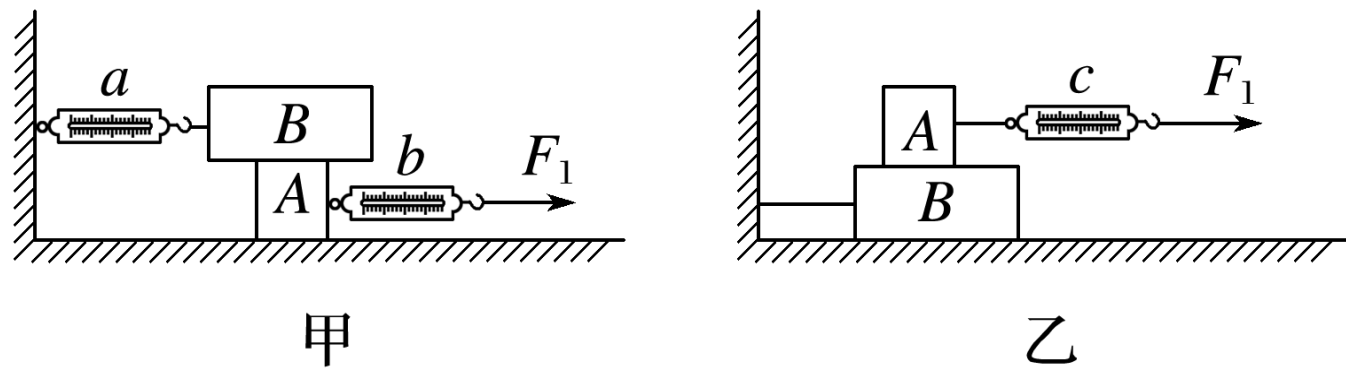


图 10

① 为了用某一弹簧测力计的示数表示 A 和 B 之间的滑动摩擦力的大小，你认为方案 甲 更合理。

解析 乙方案：因在拉着物体 A 运动的过程中，拉 A 的弹簧测力计在不断地运动，示数可能会变化，读数不准；

甲方案：弹簧测力计 a 是不动的，指针稳定便于读数，故甲方案更合理；

②若 A 和 B 的重力分别为 10.0 N 和 20.0 N . 当 A 被拉动时, 弹簧测力计 a 的示数为 6.0 N , b 的示数为 11.0 N , c 的示数为 4.0 N , 则 A 和 B 间的动摩擦因数为

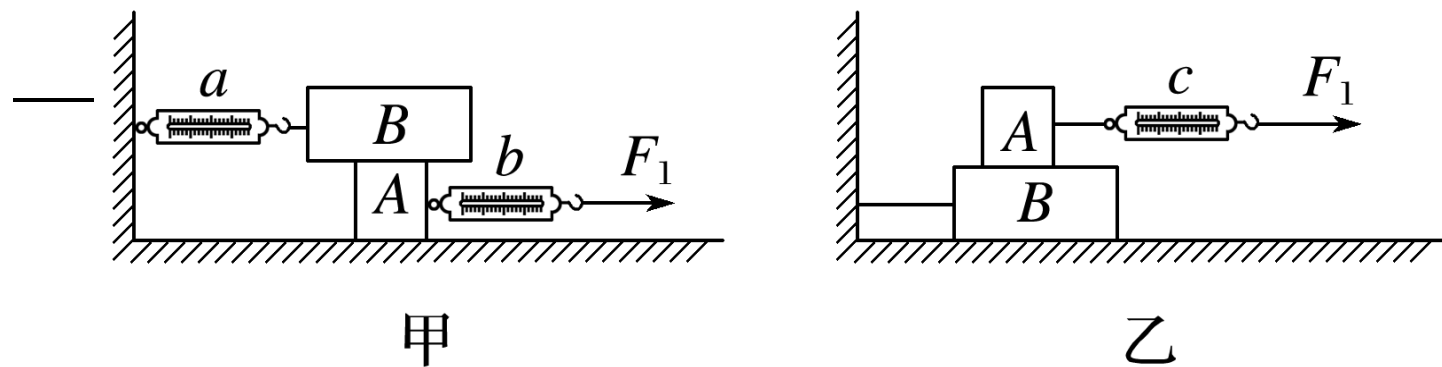


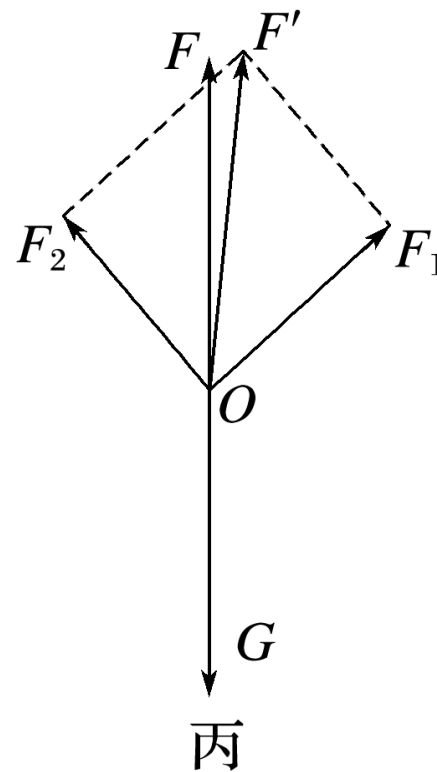
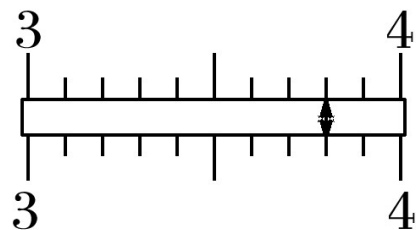
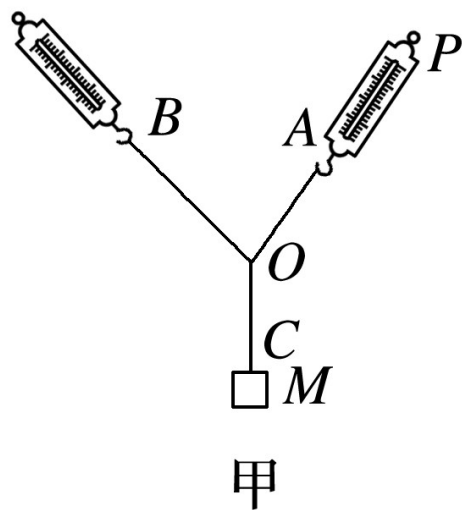
图 10

解析 由于弹簧测力计 a 示数为 6.0 N , 故 A 、 B 间的动摩擦因数 $\mu = \frac{F_f}{F_N} =$

$$\frac{6}{20} = 0.30.$$

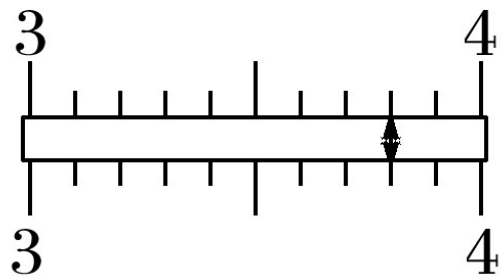
[变式训练]

4. 某同学用如图 11 甲所示的实验装置来验证“力的平行四边形定则”。弹簧测力计 A 挂于固定点 P ，下端用细线挂一重物 M ，弹簧测力计 B 的一端用细线系于 O 点，手持另一端向左拉，使结点 O 静止在某位置。分别读出弹簧测力计 A 和 B 的示数，并在贴于竖直木板的白纸上 O 点的位置和拉线的方向。



甲
乙
丙
图 11

(1) 本实验用的弹簧测力计示数的单位为 N ，图乙中的示数为 _____ N.



乙

解析 弹簧测力计每 1 N 被分成 10 格，每一小格为 0.1 N ，则弹簧测力计的读数为 3.80 N ；

(2) 下列的实验要求中不必要的是 **?**。(填写选项前对应的字母，下同)

A. 细线应尽可能长一些

B. 应测量重物 M 所受的重力

C. 细线 AO 与 BO 之间的夹角应尽可能大于 90°

D. 改变拉力的大小与方向，进行多次实验，每次都要使 O 点静止在同一位置

解析 细线应尽可能长一些，能更加准确的记录力的方向；实验通过作出弹簧的弹力和重物的重力这三个力的图示，来验证“力的平行四边形定则”，因此重物的重力必须要知道；细线 AO 与 BO 之间的夹角适当大一点，不一定必须大于 90° ；只要验证两弹簧测力计拉力的合力大小等于重物的重力，方向竖直向上即可，每次只需保证 O 点保持静止即可，没必要每次都使 O

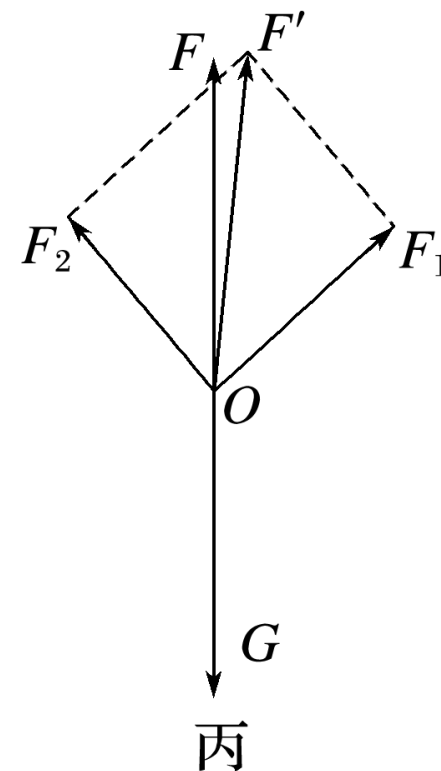
(3) 图丙是在白纸上根据实验结果画出的力的图示，下列说法正确的是 **?**。

A. 图中的 F 是力 F_1 和 F_2 合力的理论值

✓ B. 图中的 F' 是力 F_1 和 F_2 合力的理论值

✓ C. F 是力 F_1 和 F_2 合力的实际测量值

✓ D. 本实验将细绳都换成橡皮条，同样能达到实验目的



解析 在本实验中，按照平行四边形定则作出的合力 F' 是力 F_1 和 F_2 合力的理论值，而用一个弹簧测力计拉出的力 F 是 F_1 和 F_2 合力的实际测量值。

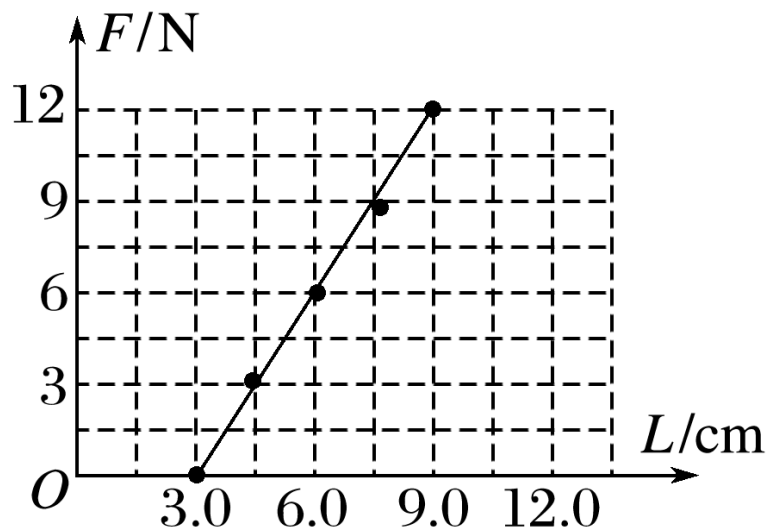
本实验将细绳都换成橡皮条，同样能达到实验目的。

(4) 本实验采用的科学方法是 ?.

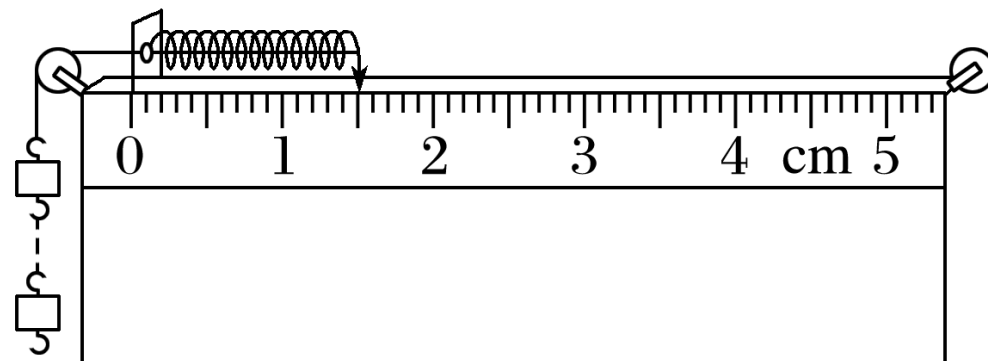
- A. 理想实验法 B. 等效替代法 ✓
C. 控制变量法 D. 建立物理模型法

解析 本实验采用的科学方法是等效替代法。

5.(1) 某次研究弹簧所受弹力 F 与弹簧长度 L 关系实验时得到如图 12(a) 所示的 $F - L$ 图象，由图象可知：弹簧原长 $L_0 = 3.0$ cm，求得弹簧的劲度系数 $k = 200$ N/m.



(a)

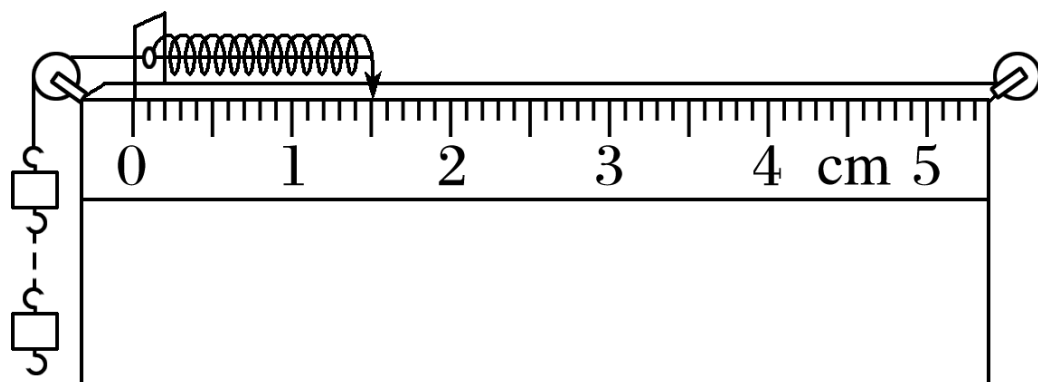


(b)

图 12

解析 由胡克定律 $F = k(L - L_0)$ ，结合图中数据得： $L_0 = 3.0$ cm， $k =$

(2) 按如图 (b) 的方式挂上钩码 (已知每个钩码重 $G = 1 \text{ N}$) , 使 (1) 中研究的弹簧压缩, 稳定后指针指示如图 (b) , 则指针所指刻度尺示数为 _____ cm. 由此可推测图 (b) 中所挂钩码的个数为 _____ 个 .



(b)

解析 由 (b) 图知指针所示刻度为 1.50 cm , 由 $F = k(L_0 - L)$, 得弹力为 : $F = 3 \text{ N}$, 故所挂钩码的个数为 3 个 .

6. 在“验证力的平行四边形定则”实验中，需要将橡皮条的一端固定在水平木板上，另一端系上两根细绳套，如图 13 甲所示，实验中先用两个弹簧测力计分别勾住绳套，并互成角度地拉橡皮条，把橡皮条的一端拉到 O 点，用铅笔描下 O 点位置和两个细绳套的方向，并记录弹簧测力计的读数，然后只用一个弹簧测力计，通过细绳套再次把橡皮条的一端拉到 O 点，记下弹簧测力计的读数 F' 和细绳的方向，作出三个力的图示，如图乙所示。

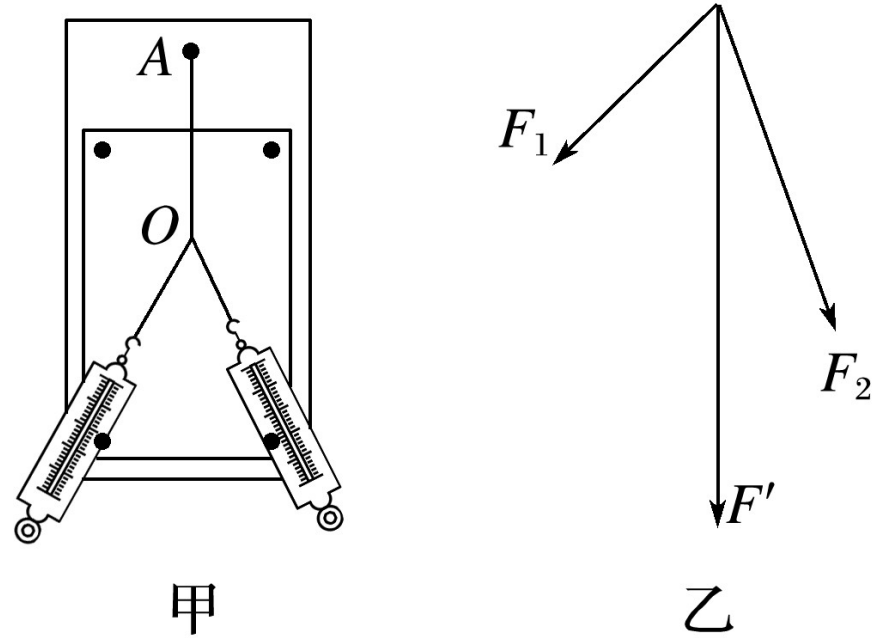
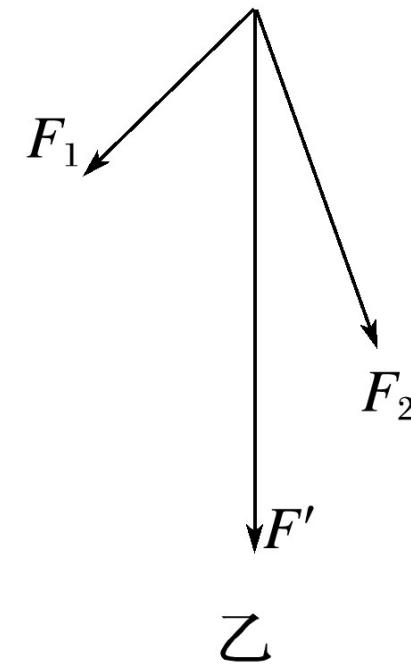
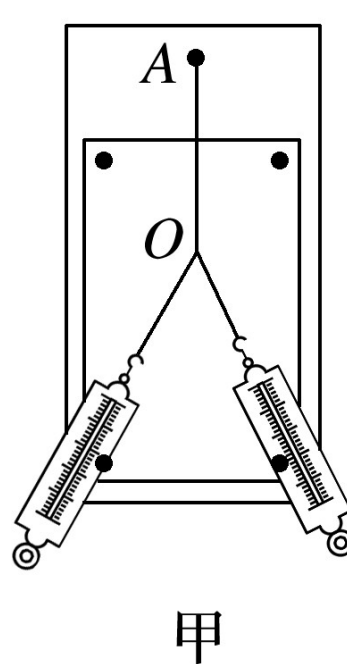


图 13

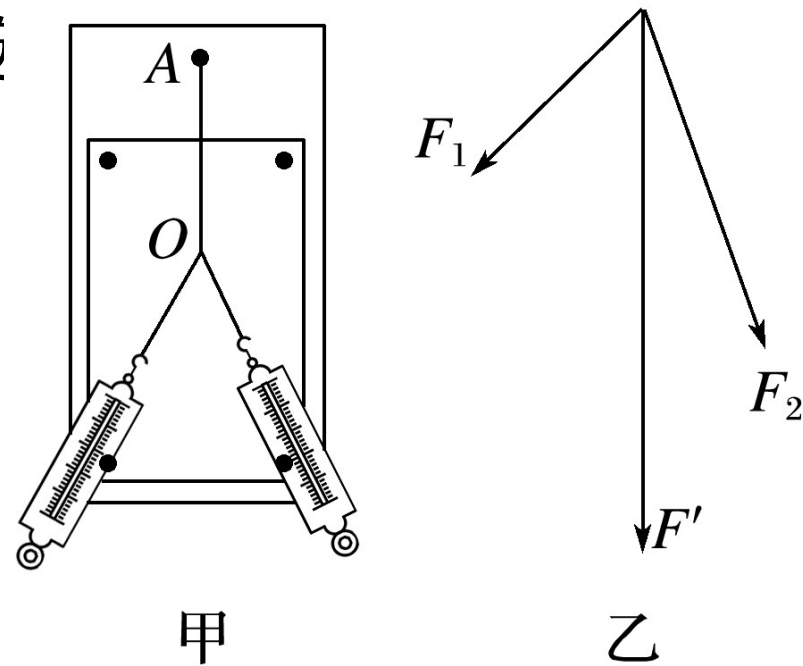
(1) 下列说法正确的是 ? _____.

- ✓ A. 实验中两个细绳套应适当长一些，可以减小实验误差
- ✓ B. 在用力拉弹簧测力计时，拉力应沿弹簧测力计的轴线方向
- C. 在作力 F_1 、 F_2 的图示时，必须选取同样的标度而作 F' 的图示时，可以选取不同的标度
- D. 连接 F_1 、 F_2 和 F' 三个力的末端，验证所得图形是不是平行四边形



(2) 甲同学在做这个实验时，两个弹簧测力计的量程都是 10 N ，他把弹簧测力计校准零点之后，先测量一个质量为 1 kg 的物体的重力，发现弹簧测力计的示数为 8.2 N ，换用另外一个弹簧测力计测量这个物体的重力，发现示数还是 8.2 N ，测量重力的操作都是正确的，如果用这两个弹簧测力计进行实验，对实验结果有影响吗？**没有**（选“有”或“没有”）

乙同学实验后才发现忘记对这两个弹簧测力计校准零点，他把两个弹簧测力计平放在实验台上，发现两个弹簧测力计的示数都是 0.3 N ，乙同学的弹簧测力计对实验结果有影响吗？ **答案 有**



知识精讲

探究型实验通常可分为两类：第一类为通过实验和实验数据的分析得出物理规律；第二类为给出实验规律，让你选择实验仪器，设计实验步骤，并进行数据处理。第一类必须在实验数据上下工夫，根据数据特点，掌握物理量间的关系，得出实验规律；第二类必须从已知规律入手，正确选择测量的物理量，根据问题联想相关的实验模型，确定实验原理，选择仪器设计实验步骤，记录实验数据并进行数据处理。

例 3 某同学用如图 14 甲所示的装置测滑块与木板间的动摩擦因数。木板倾斜放置，滑块置于木板上端，并连接穿过打点计时器的纸带。滑块从木板上端由静止滑下时打出的纸带如图乙所示。

(1) 已知打点计时器所接交流电的频率是 50 Hz ，纸带上相邻的两个计数点之间还有 4 个点没有画出，利用测得的数据可得到滑块下滑的加速度大小 $a = \underline{0.804}$ m/s^2 (结果保留三位有效数字)。

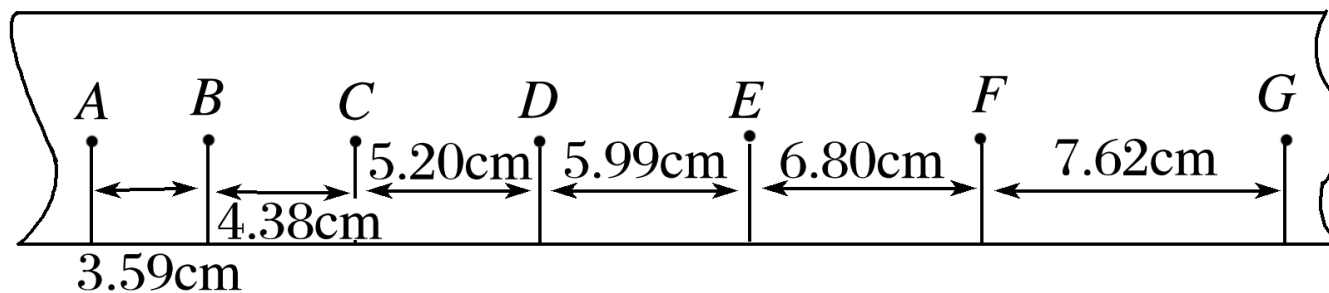
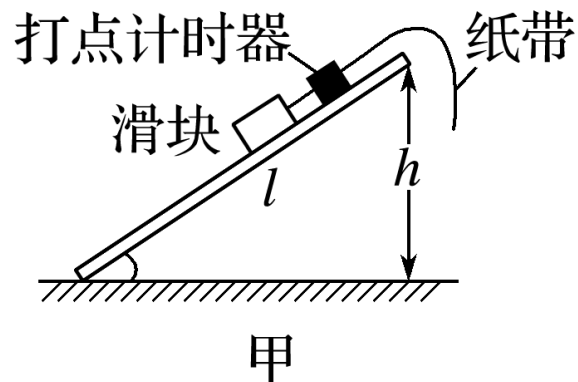
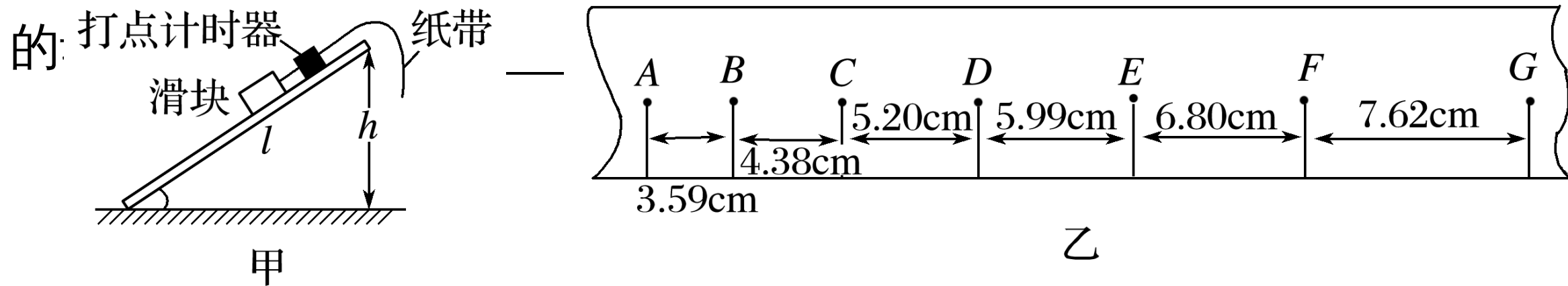


图 14

(2) 为了测出滑块与木板间的动摩擦因数，该同学还测出了斜面的长度 l 及高度 h . 利用测量的物理量、加速度 a 和重力加速度 g 表示滑块与木板间的

$$\frac{gh - al}{g\sqrt{l^2 - h^2}}$$



解析 根据牛顿第二定律有：

$$mg \cdot \frac{h}{l} - \mu mg \cdot \frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{l} = ma, \text{ 得: } \mu = \frac{gh - al}{g\sqrt{l^2 - h^2}}$$

[变式训练]

7. 科学探究活动通常包括以下环节：提出问题、作出假设、制定计划、搜集证据、评估交流等。一组同学研究“运动物体所受空气阻力与运动速度关系”的探究过程如下

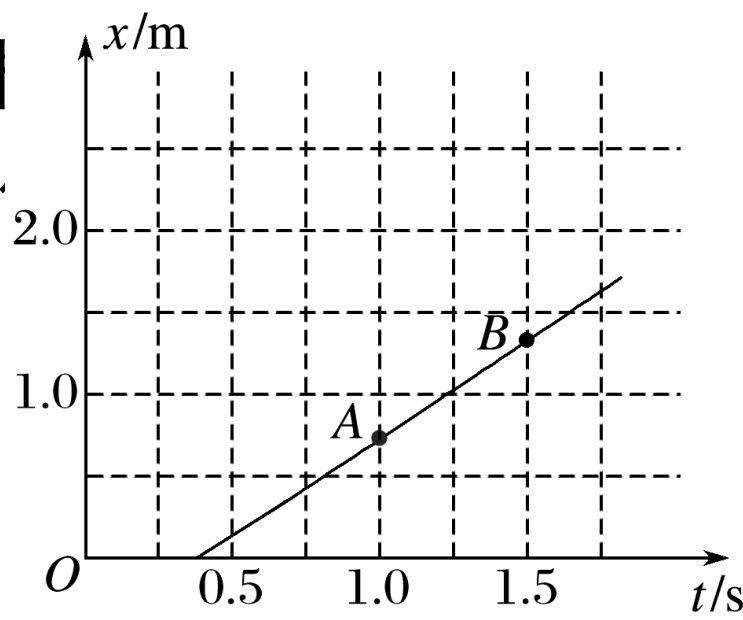
A. 有同学认为：运动物体所受空气阻力可能与其运动速度有关

B. 他们计划利用一些“小纸杯”作为研究对象，用超声测距仪等仪器测量“小纸杯”在空中直线下落时的下落距离、速度随时间变化的规律，以验证假设

C. 在相同的实验条件下，同学们首先测量了单只“小纸杯”在空中下落过程中不同时刻的下落距离，将数据填入表中。图 15(a) 是对应的位移-时间

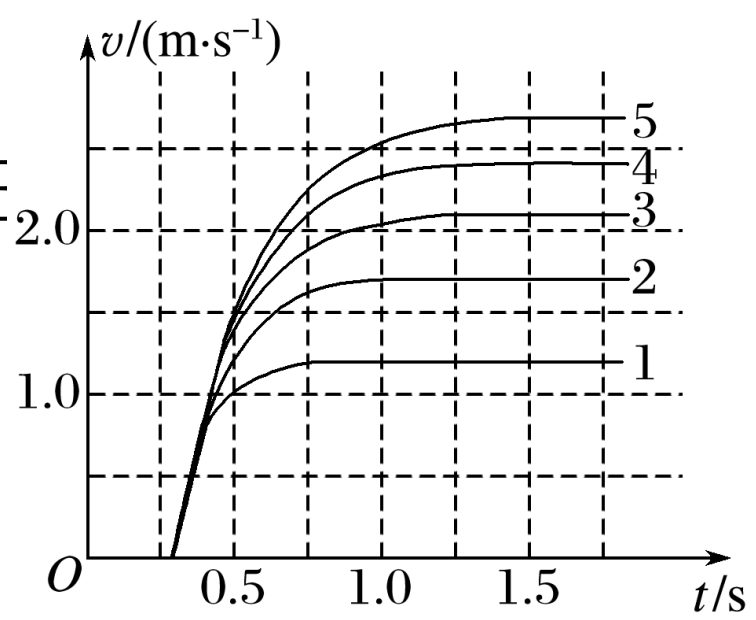
图线，然后将不同数量的“小纸杯”叠放在一起从空中下落，分别测出它们的速度-时间图线，如图 (b) 中图线所示 (1、2、3、4、5 分

别为纸杯
D. 同学



(a)

、归纳后，证



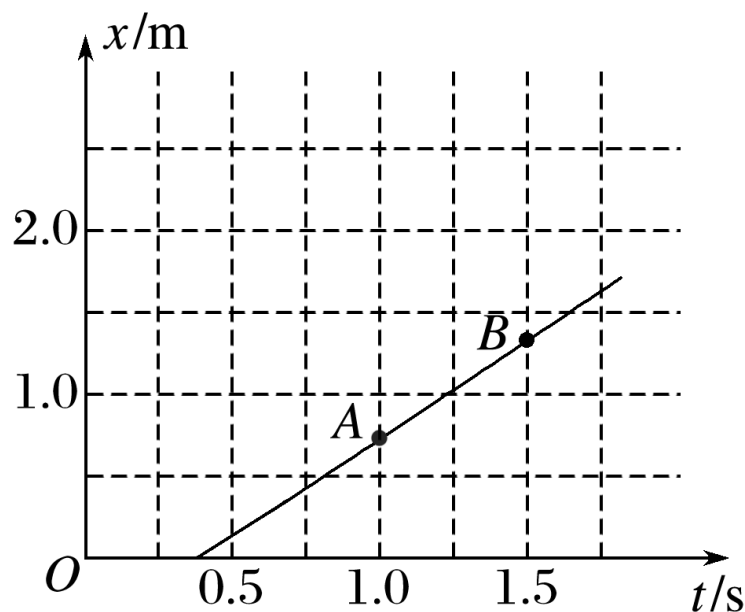
(b)

图 15

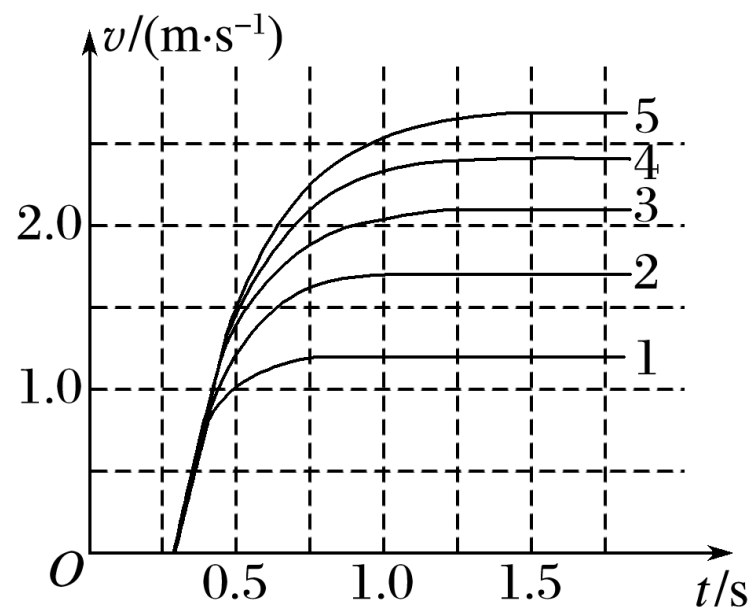
回答下列提问：

(1) 与上述过程中 C 步骤相应的科学探究环节是 搜集证据 ；

解析 步骤 C 是按照一定的原理测量出需要的数据，以便对假设进行验证，故答案为：搜集证据。

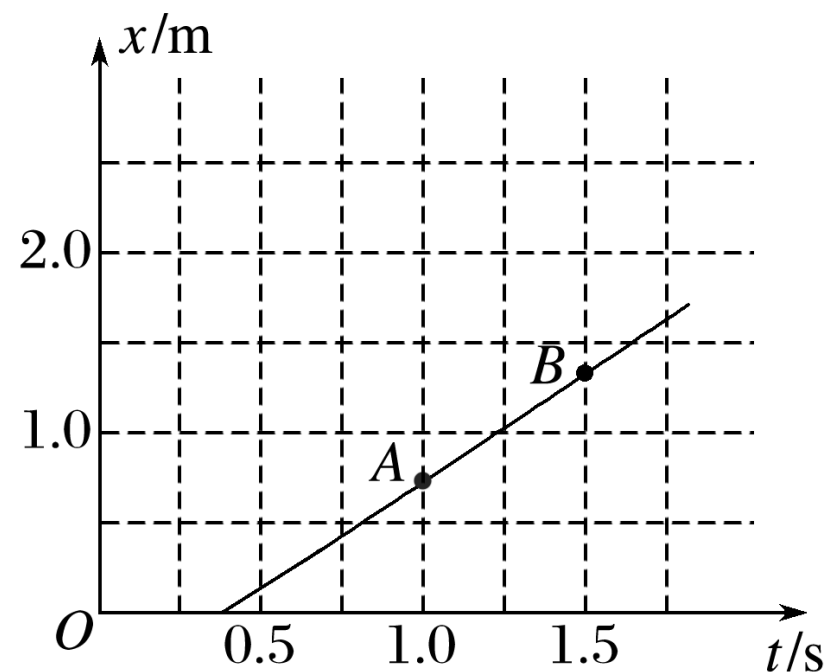


(a)



(b)

(2) 结合表格与图 (a) , 表中 x 处的值应为 1.937 ;



(a)

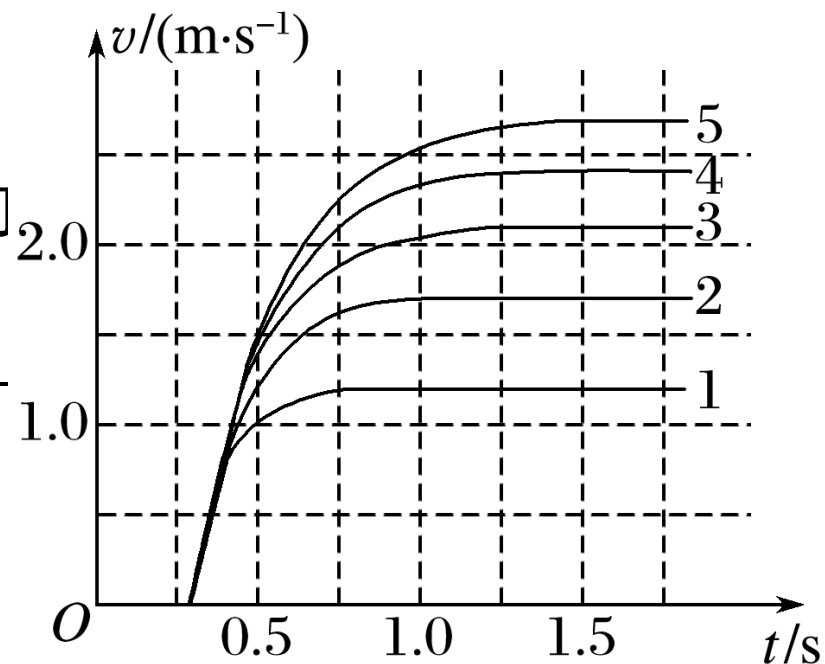
时间 (s)	下落距离 (m)
0.0	0.000
0.4	0.036
0.8	0.469
1.2	0.957
1.6	1.447
2.0	x

(3) 根据图 (b) 中图线的特点，可知“小纸杯”在达到平衡状态之前做加速度逐渐减小的加速运动。

空气阻力 F_f 与最终运动速度 v 的大致关系为 $F_f \propto v^2$ 。

解析 图中五条曲线都逐渐变平，故都表示加速度逐渐减小；因杯子个数慢慢增大，重力关系为 1:2:3:4:5，则匀速运动时阻力之比也为

1:2:3:4:5；由数据得速度之比为 1.2:1.7:2.1:2.4:2.7，则速度平方之比可近似为：1:2:3:4:5；由此得阻力应和速度的平方成正比，故关系为： $F_f \propto v^2$ 。



(b)

8. 一个有一定厚度的圆盘，可以绕通过中心垂直于盘面的水平轴转动，圆盘加速转动时，角速度的增加量 $\Delta\omega$ 与对应时间 Δt 的比值定义为角加速度 β . 我们用电磁打点计时器、米尺、游标卡尺、纸带、复写纸来完成下述实验：（打点计时器所接交流电的频率为 50 Hz， A 、 B 、 C 、 D ... 为计数点，相邻两计数点间有四个点未画出）

- ① 如图 16 甲所示，将打点计时器固定在桌面上，将纸带的一端穿过打点计时器的限位孔，然后固定在圆盘的侧面，当圆盘转动时，纸带可以卷在圆盘侧面上；
- ② 接通电源，打点计时器开始打点，启动控制装置使圆盘匀加速转动；
- ③ 经过一段时间，圆盘停止转动和打点，取下纸带，进行测量。（计算结果保留 3 位有效数字）。

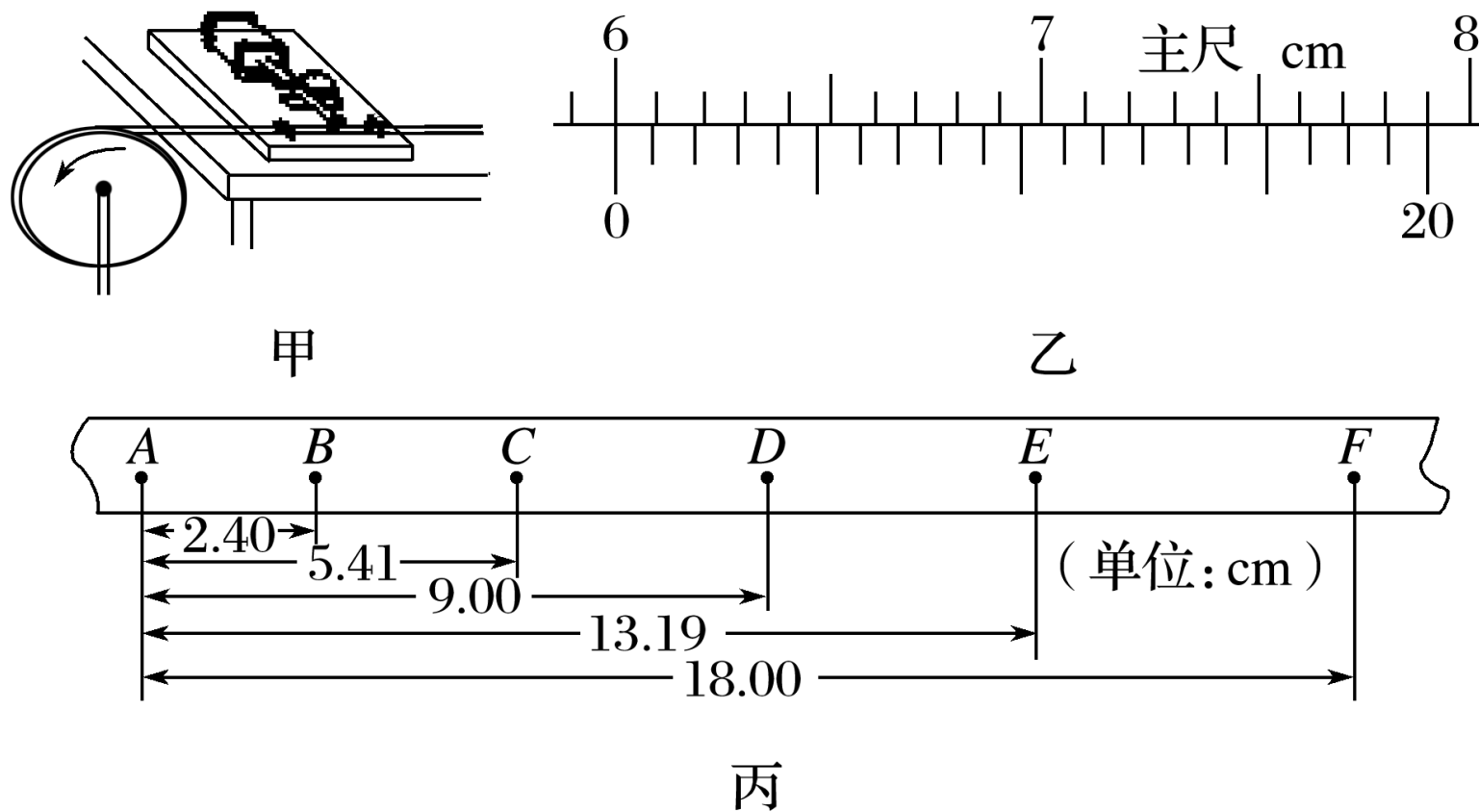
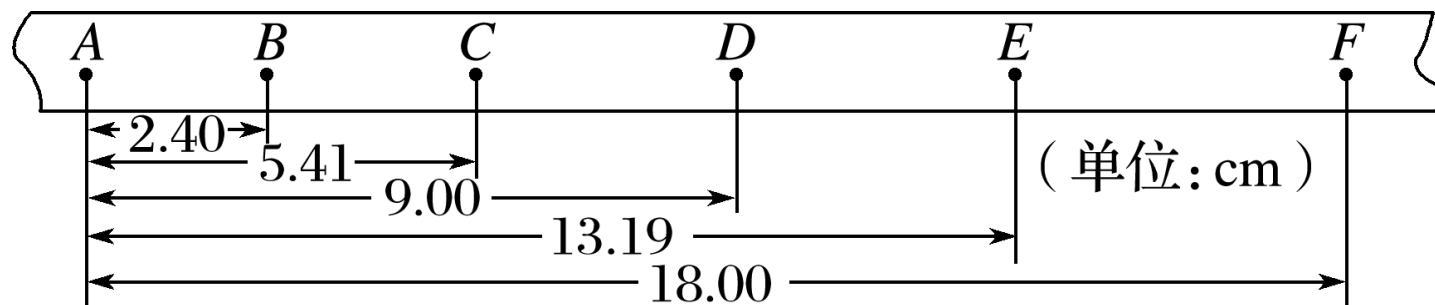


图 16

(1) 用 20 分度的游标卡尺测得圆盘的直径如图乙所示，圆盘的半径 r 为 3.000 cm ；

(2) 由图丙可知，打下计数点 D 时，圆盘转动的角速度为 13.0 rad/s ；



丙

解析 $t = 0.1 \text{ s}$ ，打下计数点 D 时， $v_D = \frac{CE}{2t} = 0.389 \text{ m/s}$ ，

则 $\omega = \frac{v_D}{r} = \frac{0.389}{0.03} \approx 13.0 \text{ rad/s}$.

(3) 纸带运动的加速度大小为 0.593 m/s² , 圆盘转动的角加速度大小为 19.8 rad/s².

解析 纸带运动的加速度 $a = \frac{CE - AC}{4t^2} \approx 0.593 \text{ m/s}^2$, 因 $\beta = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$, $\omega = \frac{v}{r}$,

故角加速度为 $\beta = \frac{a}{r} \approx 19.8 \text{ rad/s}^2$.

9. 某同学利用如图 17 所示的装置来验证机械能守恒定律，设计了如下实验， A 、 B 是质量均为 m 的小物块， C 是质量为 M 的重物。 A 、 B 间有轻质弹簧相连， A 、 C 间有轻质细绳相连。在物块 B 下放置重物 C 下放置一速度传感器，压力传感器与速度传感器相连。当压力传感器示数为零时，就触发速度传感器测定此时重物 C 的速度。整个实验中弹簧均处于弹性限度内，弹簧的劲度系数为 k ，重力加速度为 g 。实验操作如下：

(1) 开始时，系统在外力作用下保持静止，细绳拉直但张力为零。现释放 C ，使其向下运动，当压力传感器示数为零时，触发速度传感器测出 C 的速度为 v 。

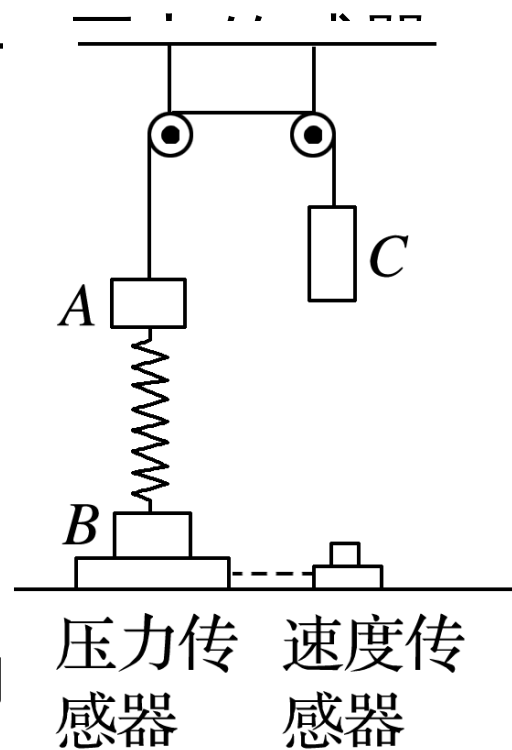
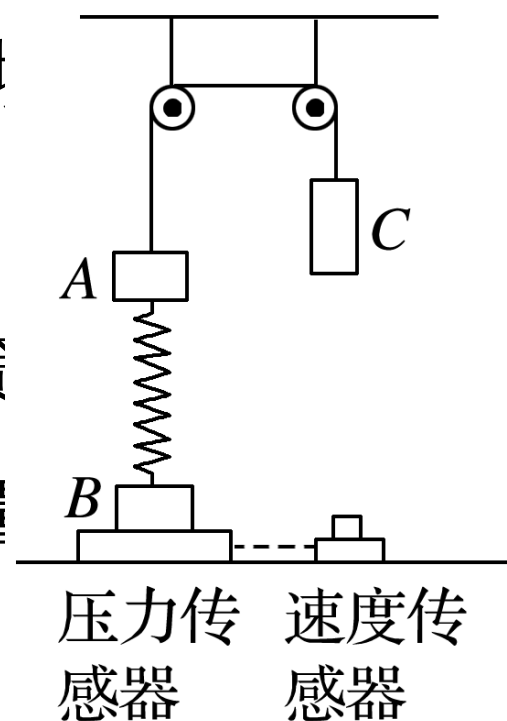


图 17

(2) 在实验中保持 A 、 B 质量不变，改变 C 的质量 M ，多次重复第 (1) 步；

① 该实验中， M 和 m 大小关系必须满足 M 大于 m (选填“小于”“等于”或“大于”)。

解析 由题意知，为确保压力传感器的示数为零，故弹簧要从压缩状态到伸长状态，则 C 的质量 M 要大于 A 的质量。



$$\frac{2mg^2(M-m)}{(M+km)v^2} =$$

② 该实验中需要验证的机械能守恒表达式为

_____.

解析 刚释放 C 时，弹簧处于压缩状态，若使压力传感器

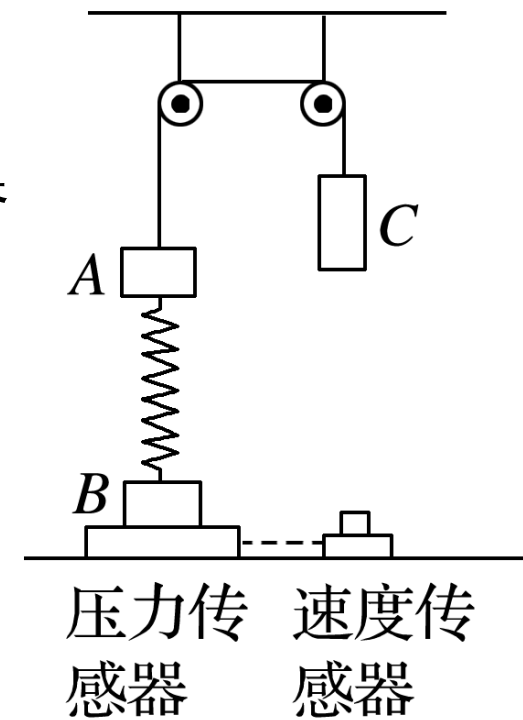
为零，则弹簧的拉力为 $F = mg$ ， $\frac{mg}{k} + \frac{mg}{k} = \frac{2mg}{k}$

故弹簧的形变量为 $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 =$

$\frac{2mg}{k}$ 的质量如何，要使压力传感器示数为零，则 A 物体上升了

， C 下落的高度为 . 从释放到压力传感器示数为零，

弹性势能不变，重力势能的减小量等于动能的增加量 $(M+m)v^2 = \frac{2mg^2(M-m)}{k}$.



③ 根据所测数据，还可以测得弹簧的劲度系数：根据所测数据，作出“ $v^2 - \frac{1}{M+m}$ ”图线，求出图线在纵轴上的截距为 b ，则弹簧的劲度系数为 $\frac{4mg^2}{b}$

（用题给的已知量表示） $\frac{2mg^2(M-m)}{k}$ 得，

$$v^2 = \frac{4mg^2(M-m)}{(M+m)k} = \frac{-8m^2g^2}{(M+m)k} + \frac{4mg^2}{k},$$

可知纵轴截距 $b = \frac{4mg^2}{k}$ ，

$$\text{解得 } k = \frac{4mg^2}{b}.$$

