

## 实验 探究加速度与物体受力、物体质量的关系

【目标要求】 1.理解实验的原理，明确实验过程并能进行数据处理.2.了解实验的注意事项，会对实验进行误差分析.3.能对实验进行创新改进.

### 实验技能储备

#### 1. 实验原理

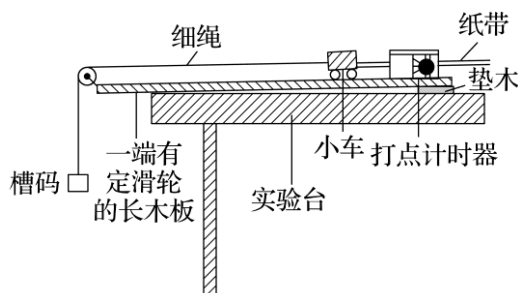
- (1)保持质量不变，探究加速度跟合外力的关系.
- (2)保持合外力不变，探究加速度与质量的关系.
- (3)作出  $a-F$  图像和  $a-\frac{1}{m}$  图像，确定  $a$  与  $F$ 、 $m$  的关系.

#### 2. 实验器材

小车、槽码、细绳、一端附有定滑轮的长木板、垫木、打点计时器、学生电源、导线、纸带、天平、刻度尺、坐标纸.

#### 3. 实验过程

- (1)测量：用天平测量槽码的质量  $m'$  和小车的质量  $m$ .
- (2)安装：按照如图所示装置把实验器材安装好，只是不把悬挂槽码的细绳系在小车上(即不给小车牵引力).



- (3)补偿阻力：在长木板不带定滑轮的一端下面垫上一块薄木块，使小车能匀速下滑.
- (4)操作：①槽码通过细绳绕过定滑轮系于小车上，先接通电源后放开小车，断开电源，取下纸带，编号码.  
②保持小车的质量  $m$  不变，改变槽码的质量  $m'$ ，重复步骤①.  
③在每条纸带上选取一段比较理想的部分，计算加速度  $a$ .  
④描点作图，作  $a-F$  的图像.  
⑤保持槽码的质量  $m'$  不变，改变小车质量  $m$ ，重复步骤①和③，作  $a-\frac{1}{m}$  图像.

#### 4. 数据处理

- (1)利用逐差法或  $v-t$  图像法求  $a$ .

(2)以  $a$  为纵坐标,  $F$  为横坐标, 描点、画线, 如果该线为过原点的直线, 说明  $a$  与  $F$  成正比.

(3)以  $a$  为纵坐标,  $\frac{1}{m}$  为横坐标, 描点、画线, 如果该线为过原点的直线, 就能判定  $a$  与  $m$  成反比.

### 5. 注意事项

(1)开始实验前首先补偿阻力: 适当垫高木板不带定滑轮的一端, 使小车的重力沿斜面方向的分力正好补偿小车和纸带受到的阻力. 在补偿阻力时, 不要把悬挂槽码的细绳系在小车上, 让小车拉着穿过打点计时器的纸带匀速运动.

(2)实验过程中不用重复补偿阻力.

(3)实验必须保证的条件:  $m \gg m'$ .

(4)一先一后一按: 改变拉力或小车质量后, 每次开始时小车应尽量靠近打点计时器, 并应先接通电源, 后释放小车, 且应在小车到达滑轮前按住小车.

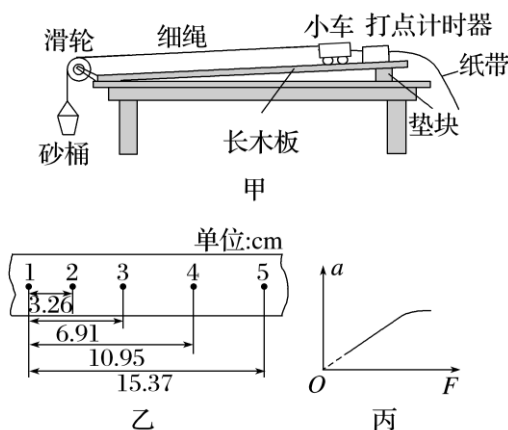
### 6. 误差分析

(1)实验原理不完善: 本实验用槽码的总重力  $m'g$  代替小车的拉力, 而实际上小车所受的拉力要小于槽码的总重力.

(2)补偿阻力不准确、质量测量不准确、计数点间距离测量不准确、纸带和细绳不严格与木板平行都会引起误差.

## 考点一 教材原型实验

**【例 1】** 某实验小组采用如图甲所示的实验装置, 研究小车质量不变时, 其加速度  $a$  与所受合力  $F$  的关系.



(1)在补偿阻力这步操作中, \_\_\_\_\_(选填“需要”或“不需要”)通过细绳把砂桶挂在小车上.

(2)实验中得到的一条纸带如图乙所示, 相邻的两计数点之间还有 4 个点未画出, 用毫米刻度尺测量出来的数据已在图中标出. 已知打点计时器的打点周期为 0.02 s, 则该小车运动的加速度大小为\_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ (计算结果保留两位有效数字).

(3)该实验小组把砂和砂桶的总重力当成小车的合力  $F$ ，根据实验得出的数据，采用图像法处理数据，画出  $a-F$  图像如图丙所示，发现图线上端弯曲，其原因可能是\_\_\_\_\_

(4)关于本实验存在的误差，以下说法正确的是\_\_\_\_\_。

- A. 在图乙中，每个测量数据均存在偶然误差
- B. 把砂和砂桶的总重力当成小车的合力导致实验中存在系统误差
- C. 实验中用图像法处理数据可以减少系统误差

答案 (1)不需要 (2)0.39 (3)小车质量没有远远大于砂和砂桶的总质量 (4)AB

解析 (1)在补偿阻力这步操作中，不需要通过细绳把砂桶挂在小车上。

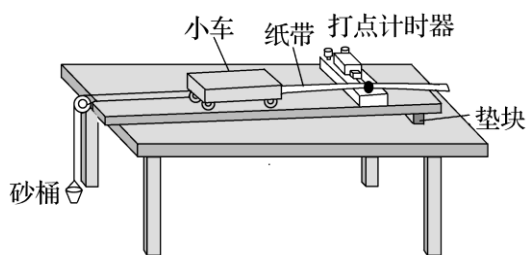
(2)相邻的两计数点之间还有 4 个点未画出，则  $T=0.1\text{ s}$ ；根据  $\Delta x = aT^2$  可得该小车运动的加速度大小为

$$a = \frac{x_{35} - x_{13}}{4T^2} = \frac{0.1537 - 0.0691 - 0.0691}{4 \times 0.1^2} \text{ m/s}^2 \approx 0.39 \text{ m/s}^2$$

(3)图线上端弯曲，其原因可能是小车质量没有远远大于砂和砂桶的总质量。

(4)在题图乙中，每个测量数据均存在偶然误差，选项 A 正确；因砂和砂桶加速下降，失重，则细绳的拉力小于砂和砂桶的总重力，即把砂和砂桶的总重力当成小车的合力导致实验中存在系统误差，选项 B 正确；实验中用图像法处理数据可以减少偶然误差，选项 C 错误。

【例 2】用如图所示的装置验证牛顿第二定律。



(1)除了图中所给器材以及交流电源和导线外，在下列器材中，还必须使用的两种器材是\_\_\_\_\_ (选填正确选项的字母)。

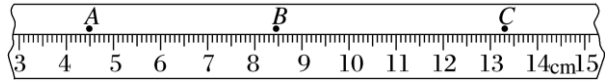
- A. 秒表
- B. 天平(含砝码)
- C. 弹簧测力计
- D. 刻度尺

(2)实验前补偿阻力的做法是：把实验器材安装好，先不挂重物，将小车放在木板上，后面固定一条纸带，纸带穿过打点计时器。用垫块把木板一端垫高，接通打点计时器，让小车以一定初速度沿木板向下运动，并不断调节木板的倾斜度，直到小车拖动纸带沿木板做\_\_\_\_\_运动。

(3)为使砂桶和砂的总重力在数值上近似等于小车运动时受到的拉力，需满足的条件是砂桶及

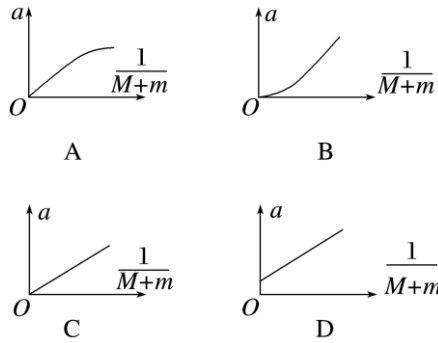
砂的总质量\_\_\_\_\_小车的总质量。(选填“远大于”“远小于”或“近似等于”)

(4)实验中打出的一条纸带的一部分如图所示。纸带上标出了连续的3个计数点A、B、C，相邻计数点之间还有4个点没有标出。打点计时器接在频率为50 Hz的交流电源上。则打点计时器打B点时，小车的速度  $v_B =$  \_\_\_\_\_ m/s.多测几个点的速度作出  $v-t$  图像，就可以算出小车的加速度。



(5)为研究加速度和力的关系，要保证\_\_\_\_\_的总质量不变，改变砂桶内砂的质量，重复做几次实验，通过实验数据来研究加速度和力的关系。

(6)在研究加速度与质量的关系时，要保证砂和砂桶的质量不变。若砂和砂桶的质量  $m$  与小车的总质量  $M$  间的关系不满足第(3)问中的条件，由实验数据作出  $a$  和  $\frac{1}{M+m}$  的图线，则图线应如图中的\_\_\_\_\_所示(选填正确选项的字母)。



答案 (1)BD (2)匀速直线 (3)远小于 (4)0.44(0.43~0.45) (5)小车 (6)C

解析 (1)利用天平测量质量，利用打点计时器可以计时，打出的纸带需测量长度求加速度，所以需要天平和刻度尺，A、C 错误，B、D 正确。

(2)补偿阻力是使小车拖动纸带在木板上做匀速直线运动。

(3)为了使砂桶及砂的重力近似等于拉力，需要砂桶及砂的总质量要远小于小车的总质量。

(4)由中间时刻的瞬时速度等于整个过程的平均速度，可得

$$v_B = \frac{AC}{2T} = \frac{(13.30 - 4.50) \times 10^{-2}}{0.2} \text{ m/s} = 0.44 \text{ m/s}$$

(5)探究加速度  $a$  与外力  $F$  的关系时，需要保持小车的总质量恒定不变。

(6)在研究加速度与质量的关系时，由于平衡了摩擦力，所以图像过原点，且分别对小车和砂桶及砂受力分析，由牛顿第二定律可得  $mg - F_T = ma$ ， $F_T = Ma$ ，解得  $mg = (M + m)a$ ，整

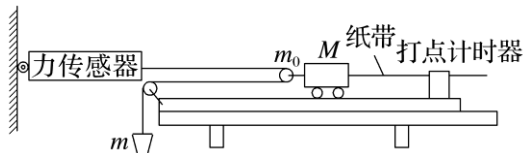
理解得  $a = \frac{mg}{M+m}$ , 因为保证了砂和砂桶的质量不变, 所以由实验数据作出  $a - \frac{1}{M+m}$  的图线,

不会发生弯曲, 故选 C.

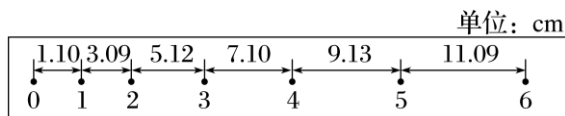
## 考点二 探索创新实验

### 考向 1 实验器材的创新

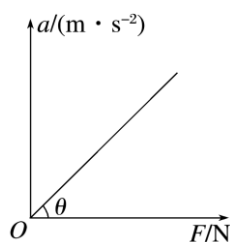
**【例 3】** 为了探究物体质量一定时加速度与力的关系, 甲、乙两同学设计了如图所示的实验装置. 其中  $M$  为带滑轮的小车的质量,  $m$  为砂和砂桶的质量,  $m_0$  为滑轮的质量. 力传感器可测出轻绳中的拉力大小.



- (1) 实验时, 一定要进行的操作是\_\_\_\_\_;
- A. 将带滑轮的长木板右端垫高, 以补偿阻力
- B. 用天平测出砂和砂桶的质量
- C. 小车靠近打点计时器, 先接通电源, 再释放小车, 打出一条纸带, 同时记录力传感器的示数
- D. 为减小误差, 实验中一定要保证砂和砂桶的质量  $m$  远小于小车的质量  $M$
- (2) 甲同学在实验中得到如图所示的一条纸带(相邻两计数点间还有四个点没有画出), 已知打点计时器采用的是频率为 50 Hz 的交流电, 根据纸带可求出小车的加速度为\_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$  (结果保留三位有效数字);



- (3) 甲同学以力传感器的示数  $F$  为横坐标, 加速度  $a$  为纵坐标, 画出的  $a-F$  图像(如图)是一条直线, 图线与横坐标轴的夹角为  $\theta$ , 求得图线的斜率为  $k$ , 则小车的质量为\_\_\_\_\_ ; (填写字母)



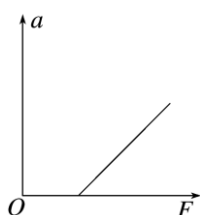
A.  $\frac{1}{\tan \theta}$

B.  $\frac{1}{\tan \theta} - m_0$

C.  $\frac{2}{k} - m_0$

D.  $\frac{2}{k}$

(4)乙同学根据测量数据作出如图所示的  $a-F$  图线，该同学做实验时存在的问题是 \_\_\_\_\_。(填写字母)



- A. 先释放小车，后接通电源
- B. 砂和砂桶的质量  $m$  没有远小于小车的质量  $M$
- C. 平衡摩擦力时木板没有滑轮的一端垫得过高
- D. 没有补偿阻力或补偿阻力不够

答案 (1)AC (2)2.00 (3)C (4)D

解析 (1)用力传感器测出拉力，从而表示小车受到的合外力，故需要将带滑轮的长木板右端垫高，以补偿阻力，故 A 正确；拉力可以由力传感器测出，不需要用天平测出砂和砂桶的质量，也就不需要使小桶(包括砂)的质量远小于车的总质量，故 B、D 错误；使用打点计时器时，应先接通电源，待打点稳定后再释放小车，故 C 正确。

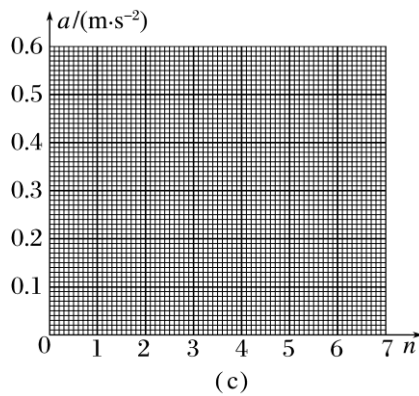
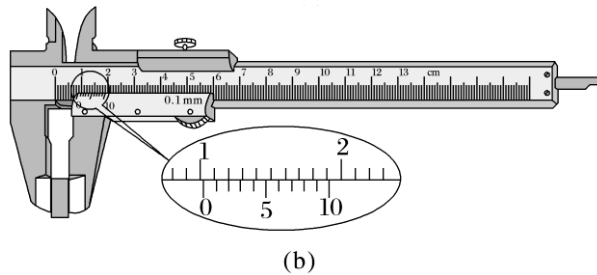
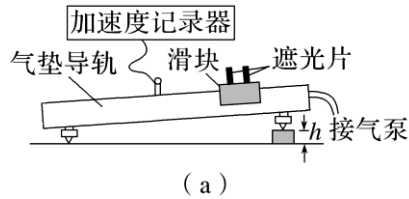
(2)根据匀变速直线运动推论  $\Delta x = aT^2$ ，依据逐差法，可得  $a = \frac{(x_4 + x_5 + x_6) - (x_1 + x_2 + x_3)}{9T^2} \approx 2.00 \text{ m/s}^2$

(3)由牛顿第二定律，对小车分析有  $2F = (M + m_0)a$ ，整理得  $a = \frac{2}{M + m_0}F$ ，由图像得  $k = \frac{2}{M + m_0}$

解得  $M = \frac{2}{k} - m_0$ ，故选 C.

(4)如题图所示，当拉力达到一定数值时才产生了加速度，说明没有补偿阻力或没有完全补偿阻力，故选 D.

【例 4】 (2021·湖南卷·11)某实验小组利用图(a)所示装置探究加速度与物体所受合外力的关系。主要实验步骤如下：



- (1)用游标卡尺测量垫块厚度  $h$ ，示数如图(b)所示， $h = \underline{\hspace{2cm}}$  cm；
- (2)接通气泵，将滑块轻放在气垫导轨上，调节导轨至水平；
- (3)在右支点下放一垫块，改变气垫导轨的倾斜角度；
- (4)在气垫导轨合适位置释放滑块，记录垫块个数  $n$  和滑块对应的加速度  $a$ ；
- (5)在右支点下增加垫块个数(垫块完全相同)，重复步骤(4)，记录数据如下表：

$n$	1	2	3	4	5	6
$a/(\text{m}\cdot\text{s}^{-2})$	0.087	0.180	0.260		0.425	0.519

根据表中数据在图(c)上描点，绘制图线。

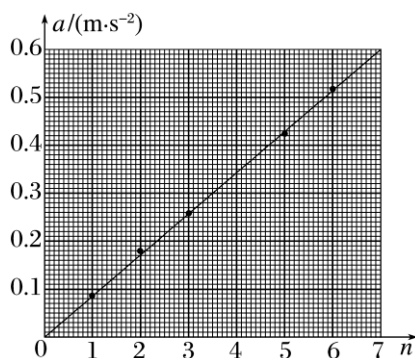
如果表中缺少的第 4 组数据是正确的，其应该是  $\underline{\hspace{2cm}}$   $\text{m/s}^2$ (保留三位有效数字)。

答案 (1)1.02 (5)见解析图 0.343(0.341~0.345)

解析 (1)垫块的厚度为

$$h = 1 \text{ cm} + 2 \times 0.1 \text{ mm} = 1.02 \text{ cm}$$

(5)绘制图线如图；



根据  $mg \cdot \frac{nh}{l} = ma$

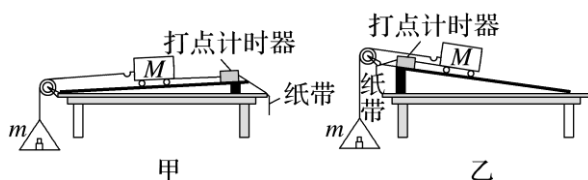
可知  $a$  与  $n$  成正比关系, 则根据图像可知, 斜率

$$k = \frac{0.6}{7} = \frac{a_4}{4}$$

解得  $a_4 \approx 0.343 \text{ m/s}^2$ .

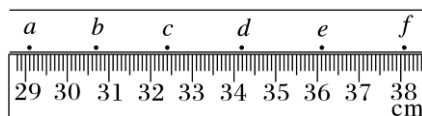
### 考向 2 实验方案的创新

**【例 5】** (2020·浙江 7 月选考·17(1))做“探究加速度与力、质量的关系”实验时, 图甲是教材中的实验方案; 图乙是拓展方案, 其实验操作步骤如下:



- (i) 挂上托盘和砝码, 改变木板的倾角, 使质量为  $M$  的小车拖着纸带沿木板匀速下滑;
- (ii) 取下托盘和砝码, 测出其总质量为  $m$ , 让小车沿木板下滑, 测出加速度  $a$ ;
- (iii) 改变砝码质量和木板倾角, 多次测量, 通过作图可得到  $a-F$  的关系.

①实验获得如图所示的纸带, 计数点  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ 、 $f$  间均有四个点未画出, 则在打  $d$  点时小车的速度大小  $v_d =$  \_\_\_\_\_  $\text{m/s}$  (保留两位有效数字);



②需要满足条件  $M \gg m$  的方案是 \_\_\_\_\_ (选填“甲”“乙”或“甲和乙”); 在作  $a-F$  图像时, 把  $mg$  作为  $F$  值的是 \_\_\_\_\_ (选填“甲”“乙”或“甲和乙”).

答案 ①0.19 (0.18~0.19 均可) ②甲 甲和乙

解析 ①由题意知小车做匀加速直线运动, 故  $v_d = \frac{x_{ce}}{2T}$ , 将  $x_{ce} = (36.10 - 32.40) \text{ cm} = 3.70 \text{ cm}$ ,

$$T = 0.1 \text{ s}$$

代入得  $v_d \approx 0.19 \text{ m/s}$

②甲实验方案中：绳的拉力  $F$  满足： $F = Ma$ ，且  $mg - F = ma$ ，

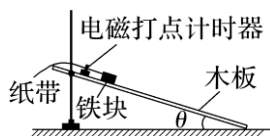
则  $F = \frac{mg}{1 + \frac{m}{M}}$ ，只有  $m \ll M$  时， $F$  才近似等于  $mg$ ，故以托盘与砝码的重力表示小车的合外力，

需满足  $m \ll M$ 。

乙实验方案中：小车在斜面上匀速下滑，小车受绳的拉力及其他力的合力为零，且绳的拉力大小等于托盘与砝码的重力，取下托盘及砝码，小车所受的合外力大小等于托盘与砝码的重力  $mg$ ，不需要满足  $m \ll M$ 。两个实验方案都可把  $mg$  作为  $F$  值。

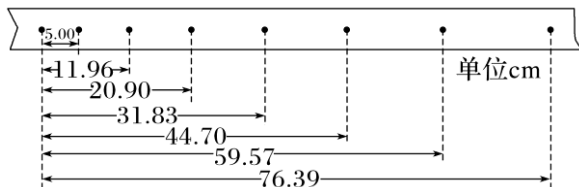
### 考向 3 实验目的的创新

【例 6】(2019·全国卷 II·22)如图，某同学设计了测量铁块与木板间动摩擦因数的实验。所用器材有：铁架台、长木板、铁块、米尺、电磁打点计时器、频率 50 Hz 的交流电源、纸带等。回答下列问题：



(1)铁块与木板间动摩擦因数  $\mu = \underline{\hspace{2cm}}$  (用木板与水平面的夹角  $\theta$ 、重力加速度  $g$  和铁块下滑的加速度  $a$  表示)。

(2)某次实验时，调整木板与水平面的夹角使  $\theta = 30^\circ$ 。接通电源，开启打点计时器，释放铁块，铁块从静止开始沿木板滑下。多次重复后选择点迹清晰的一条纸带，如图所示。图中的点为计数点(每两个相邻的计数点间还有 4 个点未画出)。重力加速度为  $9.80 \text{ m/s}^2$ 。可以计算出铁块与木板间的动摩擦因数为  $\underline{\hspace{2cm}}$  (结果保留 2 位小数)。



答案 (1)  $\frac{g \sin \theta - a}{g \cos \theta}$  (2) 0.35

解析 (1)对铁块受力分析，由牛顿第二定律有

$$mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma, \text{ 解得 } \mu = \frac{g\sin\theta - a}{g\cos\theta}.$$

(2)两个相邻计数点之间的时间间隔

$$T = 5 \times \frac{1}{50} \text{ s} = 0.10 \text{ s},$$

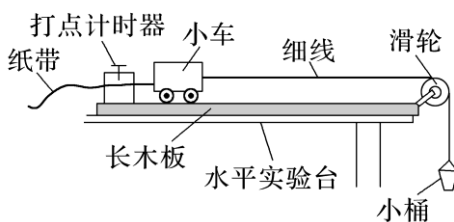
由逐差法和  $\Delta x = aT^2$  可得

$$a = \frac{(x_5 + x_6 + x_7) - (x_1 + x_2 + x_3)}{12T^2} \approx 1.97 \text{ m/s}^2,$$

$$\text{代入 } \mu = \frac{g\sin\theta - a}{g\cos\theta}, \text{ 解得 } \mu \approx 0.35.$$

## 课时精练

1. (2022·江苏苏州市调研)“探究加速度与力的关系”的实验装置如图甲所示.



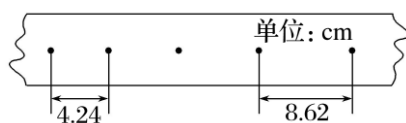
甲

(1)实验的五个步骤如下:

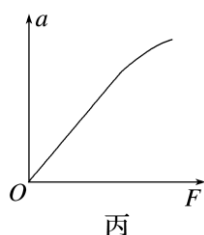
- A. 将纸带穿过打点计时器并将一端固定在小车上;
- B. 把细线的一端固定在小车上, 另一端通过定滑轮与小桶相连;
- C. 用阻力补偿法测合力, 让小车做匀速直线运动;
- D. 接通电源后释放小车, 小车在细线拉动下运动, 测出小桶(和砂)的重力  $mg$ , 作为细线对小车的拉力  $F$ , 利用纸带测量出小车的加速度  $a$ ;
- E. 更换纸带, 改变小桶内砂的质量, 重复步骤 D 的操作.

按照实验原理, 这五个步骤的先后顺序应该为: \_\_\_\_\_(将序号排序).

(2)实验中打出的某一条纸带如图乙所示. 相邻计数点间的时间间隔是 0.1 s, 由此可以算出小车运动的加速度是 \_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ .



乙



(3)利用测得的数据,可得到小车质量  $M$  一定时,运动的加速度  $a$  和所受拉力  $F(F=mg, m$  为砂和小桶质量,  $g$  为重力加速度)的关系图像(如图丙所示). 拉力  $F$  较大时,  $a-F$  图线明显弯曲,产生误差. 若不断增加砂桶中砂的质量,  $a-F$  图像中各点连成的曲线将不断延伸,那么加速度  $a$  的趋向值为\_\_\_\_\_ (用题中出现物理量表示). 为避免上述误差可采取的措施是\_\_\_\_\_.

- A. 每次增加桶内砂子的质量时,增幅小一点
- B. 测小车的加速度时,利用速度传感器代替纸带和打点计时器
- C. 将无线力传感器捆绑在小车上,再将细线连在力传感器上,用力传感器读数代替砂和小桶的重力
- D. 在增加桶内砂子质量的同时,在小车上增加砝码,确保砂和小桶的总质量始终远小于小车和砝码的总质量

答案 (1)ACBDE (2)1.46 (3) $g$  C

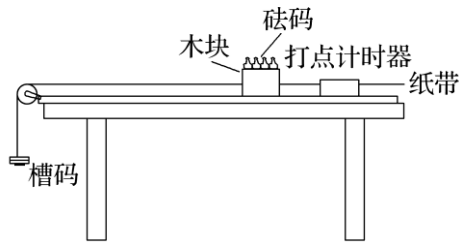
解析 (1)按照实验原理,这五个步骤的先后顺序应该为 ACBDE.

(2)根据  $\Delta x = aT^2$  可知

$$a = \frac{(8.62 - 4.24) \times 10^{-2}}{3 \times 0.1^2} \text{ m/s}^2 = 1.46 \text{ m/s}^2.$$

(3)因为砂和小桶的重力在这个实验中充当小车所受到的合力,当砂和小桶的重力非常大时,它将带动小车近似做加速度为  $g$  的匀加速运动. 当砂的数量增大到一定程度时  $a-F$  图线明显偏离直线,造成此误差的主要原因是所挂小桶和砂的总质量太大,而我们把用小桶和砂所受重力作为小车所受的拉力,所以消除此误差可采取的简便且有效的措施应该测量出小车所受的拉力,即在小桶和砂与细线之间放置一力传感器,得到力  $F$  的数值,再作出小车运动的加速度  $a$  和力传感器读数  $F$  的关系图像,故选 C.

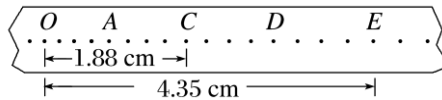
2. 用如图所示的实验装置测量木块与长木板间的动摩擦因数  $\mu$ . 把左端带有滑轮的长木板平放在实验桌上,载有砝码的木块右端连接穿过打点计时器的纸带,左端连接细线,细线绕过定滑轮挂有槽码,木块在槽码的牵引下运动. 通过纸带测量木块的加速度,并测出木块与砝码的总质量  $M$ ,槽码的总质量  $m$ ,计算木块与木板之间的摩擦力  $F_f$ . 改变  $M$  和  $m$  进行多次实验.



(1)下列实验操作步骤，正确顺序是\_\_\_\_\_。

- ①释放木块
- ②接通打点计时器电源
- ③将木板固定在水平桌面上
- ④调节滑轮高度使细线与木板平行
- ⑤将纸带穿过打点计时器的限位孔并固定在木块上

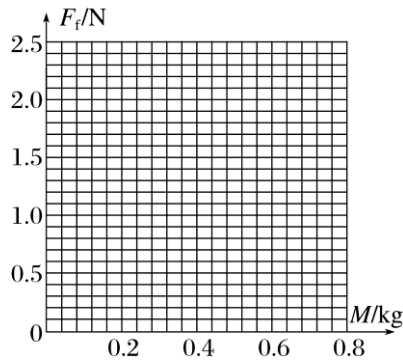
(2)实验打出的一段纸带如图所示，打点计时器的工作频率为 50 Hz，则木块的加速度为 \_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ 。



(3)甲同学测得的数据见下表：

$M/\text{kg}$	0.700	0.600	0.500	0.400	0.300
$F_f/\text{N}$	2.48	2.18	1.80	1.50	1.16

请根据表中的数据，在图方格纸上作出  $F_f-M$  图像。



(4)已知重力加速度  $g=9.80 \text{ m/s}^2$ ，可求得该木块与木板的动摩擦因数  $\mu=_____$ 。

(5)乙同学用(3)问表中的数据逐一计算出每次测量的  $\mu$  值，取其平均值作为测量结果。他发现该值比甲同学在(4)问中得出的  $\mu$  值大。你认为哪位同学的结果更准确，请简要说明理由

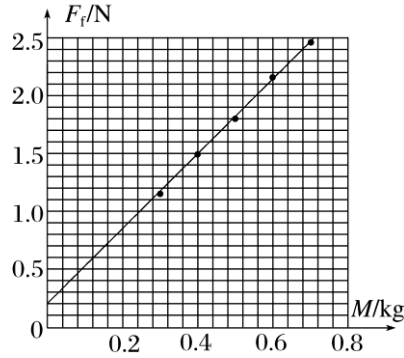
答案 (1)③⑤④②① (2)0.23 (3)见解析图 (4)0.33(0.32~0.34) (5)见解析

解析 (1)实验时，将木板固定在水平桌面上，接着将纸带穿过打点计时器的限位孔并固定在木块上，然后把细线拴在木块上，使细线跨过定滑轮并挂上槽码，调节滑轮高度使细线与木

板平行。再接通打点计时器电源，接着释放木块。最后关闭电源，取下纸带。故正确顺序是③⑤④②①。

(2)由逐差法得  $a = \frac{(x_{OE} - x_{OC}) - x_{OC}}{(2T)^2} \approx 0.23 \text{ m/s}^2$ .

(3)根据表中数据描点连线如图所示

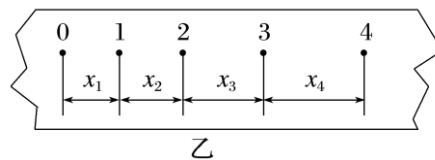
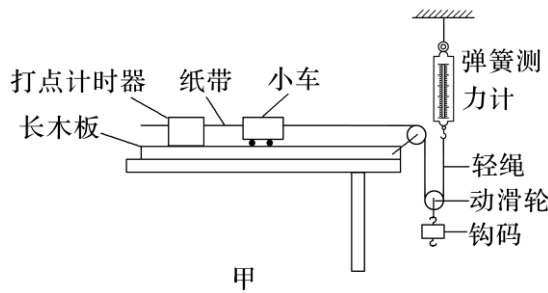


(4)由滑动摩擦力公式得  $F_f = \mu g M$ ，可知  $F_f - M$  图线的斜率为  $\mu g$ ，则  $k = \frac{\Delta F_f}{\Delta M} = \frac{2.4 - 0.2}{0.68 - 0} = \mu g$ ，

解得  $\mu \approx 0.33$ 。

(5)用图像法求  $\mu$ ，需要连线，连线时尽量让更多的点在线上，偏离直线较远的点，说明有问题，可以舍去。但乙同学通过求平均值就做不到这一点，因此甲同学的结果更准确。

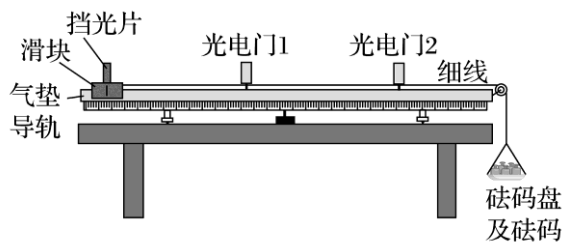
3. (2022·黑龙江齐齐哈尔市高三模拟)某同学用如图甲所示装置探究“加速度与合外力的关系”实验，按要求完成下列问题：



(1)实验中为了减小误差，下列做法正确的是\_\_\_\_\_。

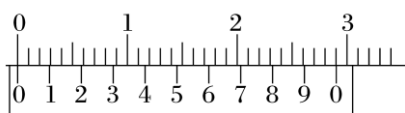
- A. 调节连接小车的轻绳至水平
- B. 钩码质量要远小于小车质量
- C. 平衡摩擦力时，将无滑轮端适当垫高，并在小车前端连接轻绳且悬挂钩码



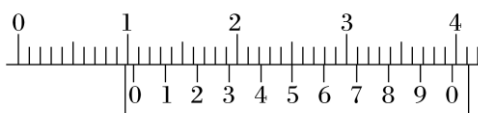


- ①固定光电门，测出光电门间的距离；调节导轨水平，将滑块用细线跨过轻质滑轮与砝码盘相连；
- ②将 5 个砝码放到滑块上，释放滑块，测出其经过光电门 1 和 2 的挡光时间；
- ③取滑块上一个砝码放入砝码盘，释放滑块，测出挡光时间；
- ④再次取滑块上一个砝码，依次重复上述操作，直至将 5 个砝码全部转移到砝码盘。

(1)实验小组想用如图甲所示的游标卡尺测量挡光片的宽度，游标尺共有 10 格，与主尺的 29 格(29 mm)等长，则该游标卡尺的精确度为\_\_\_\_\_ mm，实验小组先用该尺练习一下读数，如图乙所示，读数为\_\_\_\_\_ cm.

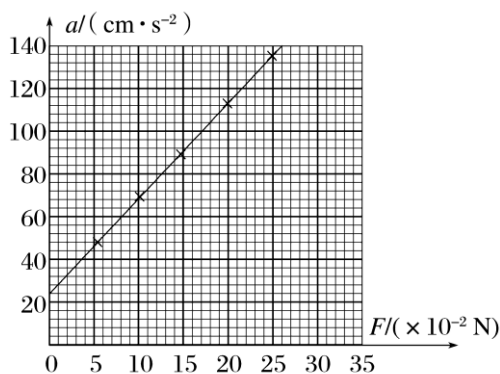


甲



乙

(2)描点作图分析加速度与力的关系. 如图丙是用实验数据绘制的  $a-F$  图像. 错误图像形成的原因可能是\_\_\_\_\_.



丙

- A. 滑块释放时具有一定的初速度
- B. 绘制  $a-F$  图像时，将砝码盘中的砝码重量作为合力  $F$
- C. 滑块上固定的挡光片发生倾斜

(3)依据图丙计算出滑块的质量为\_\_\_\_\_ g. (结果保留三位有效数字)

答案 (1)0.1 1.05 (2)B (3)195

解析 (1)该游标卡尺的精确度为 0.1 mm, 读数为  $1\text{ cm} + 0.1\text{ mm} \times 5 = 1.05\text{ cm}$

(2)根据牛顿第二定律  $a = \frac{F}{m}$  知, 加速度和合外力成正比,  $a - F$  图像应该是过原点的一条直线. 题图丙不是过原点的一条直线, 形成原因可能是绘制  $a - F$  图像时, 将砝码盘中的砝码重力作为合力  $F$ , 没有考虑砝码盘(质量 5 g)本身的质量, 使得实际的合力比绘制  $a - F$  图像时的合力偏大, 故选 B;

(3)设滑块的质量是  $M$ , 砝码盘质量  $m_0$ , 砝码的质量为  $m$ , 细线上的拉力为  $F_T$ , 据牛顿第二定律, 对砝码盘及砝码  $(m + m_0)g - F_T = (m + m_0)a$

对滑块  $F_T = Ma$

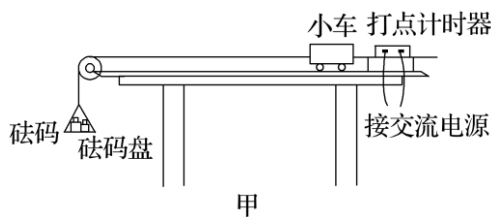
$$\text{可得加速度 } a = \frac{mg}{m + m_0 + M} + \frac{m_0g}{m + m_0 + M} = \frac{F}{m + m_0 + M} + \frac{m_0g}{m + m_0 + M}$$

$$\text{即题图丙中图像斜率为 } \frac{1}{m + m_0 + M}, \text{ 有 } \frac{1}{m + m_0 + M} = \frac{1.35 - 0.24}{0.25} \text{ kg}^{-1} = 4.44 \text{ kg}^{-1}$$

则  $m + m_0 + M \approx 225\text{ g}$

由题知当  $F = 25 \times 10^{-2}\text{ N}$  时, 即 5 个砝码全部转移到砝码盘, 这时砝码盘及砝码的质量  $m + m_0 = 30\text{ g}$ , 所以滑块的质量  $M = 195\text{ g}$ .

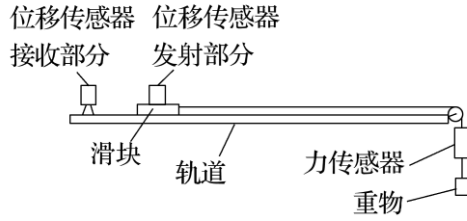
5. 如图甲所示为某同学所安装的“探究加速度与力、质量的关系”的实验装置.



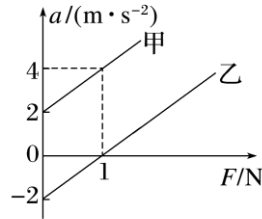
(1)实验中, 为了使小车(其质量为  $M$ )受到的合外力等于砝码和砝码盘的总重量(砝码和砝码盘的总质量  $m$ ), 通常采用的措施是:

- ① \_\_\_\_\_;
- ② \_\_\_\_\_.

(2)另一位同学设计了如图乙所示的实验装置, 通过改变重物的质量, 利用计算机可得滑块运动的加速度  $a$  和力传感器示数  $F$  的关系图像. 他们在轨道水平和倾斜的两种情况下分别做了实验, 得到了两条  $a - F$  图线, 如图丙所示.



乙



丙

- ①此实验装置\_\_\_\_\_ (填“需要”或者“不需要”)滑块与位移传感器发射部分总质量远大于重物和力传感器的总质量.
- ②图线\_\_\_\_\_ (填“甲”或“乙”)是在轨道左侧抬高成为斜面情况下得到的.
- ③滑块和位移传感器发射部分的总质量  $m = \underline{\hspace{2cm}}$  kg, 滑块和轨道间的动摩擦因数  $\mu = \underline{\hspace{2cm}}$ . (重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

答案 (1)补偿阻力 要保证砝码和砝码盘的总质量  $m$  远小于小车质量  $M$

(2)①不需要 ②甲 ③0.5 0.2

解析 (1)①补偿阻力: 将长木板无滑轮的一端下面垫一小木块, 反复移动木块的位置, 直到小车在没有悬挂砝码盘的情况下带动纸带与小车一起做匀速直线运动;

②要保证砝码和砝码盘的总质量  $m$  远小于小车的质量  $M$ ;

(2)①力传感器可测量绳子拉力大小, 不需要滑块与位移传感器发射部分总质量远大于重物和力传感器的总质量;

②轨道左侧抬高时, 有  $F = 0$  时,  $a \neq 0$ , 也就是说当绳子上没有拉力时小车就有加速度, 所以图线甲是在轨道左侧抬高成为斜面情况下得到的;

③由牛顿第二定律得  $a = \frac{F - \mu mg}{m} = \frac{1}{m}F - \mu g$

由图丙可知, 图线乙斜率  $k = \frac{1}{m}$ , 则  $m = \frac{1}{k} = 0.5 \text{ kg}$

纵轴截距  $b = \mu g$ , 则  $\mu = \frac{b}{g} = 0.2$ .