## 实验四　探究加速度与力、质量的关系





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*图象和*a*－图象，确定其关系.

2.实验器材

小车、砝码、小盘、细绳、一端附有定滑轮的长木板、垫木、打点计时器、低压交流电源、导线两根、纸带、天平、米尺.

3.实验步骤

(1)测量：用天平测量小盘和砝码的质量*m*′和小车的质量*m*.

(2)安装：按照如图1所示装置把实验器材安装好，只是不把悬挂小盘的细绳系在小车上(即不给小车牵引力).



图1

(3)平衡摩擦力：在长木板的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小盘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，改变小盘和砝码的质量*m*′，重复步骤①.

③在每条纸带上选取一段比较理想的部分，测加速度*a*.

④描点作图，作*a*－*F*的图象.

⑤保持小盘和砝码的质量*m*′不变，改变小车质量*m*，重复步骤①和③，作*a*－图象.



1.注意事项

(1)平衡摩擦力：适当垫高木板的右端，使小车的重力沿斜面方向的分力正好平衡小车和纸带受到的阻力.在平衡摩擦力时，不要把悬挂小盘的细绳系在小车上，让小车拉着穿过打点计时器的纸带匀速运动.

(2)不重复平衡摩擦力.

(3)实验条件：*m*≫*m*′.

(4)一先一后一按：改变拉力和小车质量后，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.

2.误差分析

(1)因实验原理不完善引起的误差：本实验用小盘和砝码的总重力*m*′*g*代替小车的拉力，而实际上小车所受的拉力要小于小盘和砝码的总重力.

(2)摩擦力平衡不准确、质量测量不准确、计数点间距测量不准确、纸带和细绳不严格与木板平行都会引起误差.

3.数据处理

(1)利用Δ*x*＝*aT*2及逐差法求*a*.

(2)以*a*为纵坐标，*F*为横坐标，根据各组数据描点，如果这些点在一条过原点的直线上，说明*a*与*F*成正比.

(3)以*a*为纵坐标，为横坐标，描点、连线，如果该线为过原点的直线，就能判定*a*与*m*成反比.



命题点一　教材原型实验

例1　用图2甲所示装置探究物体的加速度与力的关系.实验时保持小车(含车中重物)的质量*M*不变，细线下端悬挂钩码的总重力作为小车受到的合力*F*，用打点计时器测出小车运动的加速度*a*.







图2

(1)关于实验操作，下列说法正确的是(　　)

A.实验前应调节滑轮高度，使滑轮和小车间的细线与木板平行

B.平衡摩擦力时，在细线的下端悬挂钩码，使小车在线的拉力作用下能匀速下滑

C.每次改变小车所受的拉力后都要重新平衡摩擦力

D.实验时应先接通打点计时器电源，后释放小车

(2)图乙为实验中打出纸带的一部分，从比较清晰的点迹起，在纸带上标出连续的5个计数点*A*、*B*、*C*、*D*、*E*，相邻两个计数点之间都有4个点迹未标出，测出各计数点到*A*点间的距离.已知所用电源的频率为50 Hz，打*B*点时小车的速度*v*＝\_\_\_\_\_\_\_\_ m/s，小车的加速度*a*＝\_\_\_\_\_\_\_\_ m/s2.

(3)改变细线下端钩码的个数，得到*a*－*F*图象如图丙所示，造成图线上端弯曲的原因可能是\_\_\_\_\_\_\_\_.

答案　(1)AD　(2)0.316　0.93　(3)随所挂钩码质量*m*的增大，不能满足*M*≫*m*.

解析　(1)在调节木板倾斜度平衡小车受到的滑动摩擦力时，不应悬挂钩码，故B错误；由于平衡摩擦力之后有*Mg*sin *θ*＝*μMg*cos *θ*，故tan *θ*＝*μ*，所以无论小车的质量是否改变，小车所受的滑动摩擦力都等于小车的重力沿斜面方向的分力，改变小车所受的拉力，不需要重新平衡摩擦力，故C错误.

(2)已知打点计时器电源频率为50 Hz，则纸带上相邻计数点间的时间间隔为*T*＝5×0.02 s＝0.1 s

根据Δ*x*＝*aT*2可得：*xCE*－*xAC*＝*a*(2*T*)2，

小车运动的加速度为*a*＝＝ m/s2＝0.93 m/s2

*B*点对应的速度：*vB*＝＝ m/s＝0.316 m/s，

(3)随着力*F*的增大，即随所挂钩码质量*m*的增大，不能满足*M*≫*m*，因此图线上部出现弯曲现象.



1.(1)我们已经知道，物体的加速度*a*同时跟合外力*F*和质量*M*两个因素有关.要研究这三个物理量之间的定量关系，需采用的思想方法是\_\_\_\_\_\_\_\_.

(2)某同学的实验方案如图3所示，她想用砂桶的重力表示小车受到的合外力*F*，为了减少这种做法带来的实验误差，她先做了两方面的调整措施：



图3

a.用小木块将长木板无滑轮的一端垫高，目的是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.

b.使砂桶的质量远小于小车的质量，目的是使拉小车的力近似等于\_\_\_\_\_\_\_\_.

(3)该同学利用实验中打出的纸带求加速度时，处理方案有两种：

A.利用公式*a*＝计算

B.根据逐差法利用*a*＝计算

两种方案中，选择方案\_\_\_\_\_\_\_\_比较合理.

答案　(1)控制变量法　(2)平衡摩擦力　砂桶的重力　(3)B

2.为了“探究加速度与力、质量的关系”，现提供如图4所示的实验装置：



图4

(1)以下实验操作正确的是(　　)

A.将木板不带滑轮的一端适当垫高，使小车在砝码及砝码盘的牵引下恰好做匀速运动

B.调节滑轮的高度，使细线与木板平行

C.先接通电源后释放小车

D.实验中小车的加速度越大越好

(2)在实验中，得到一条如图5所示的纸带，已知相邻计数点间的时间间隔为*T*＝0.1 s，且间距*x*1、*x*2、*x*3、*x*4、*x*5、*x*6已量出分别为3.09 cm、3.43 cm、3.77 cm、4.10 cm、4.44 cm、4.77 cm，则小车的加速度*a*＝\_\_\_\_\_\_\_\_ m/s2.(结果保留两位有效数字)



图5

(3)有一组同学保持小车及车中的砝码质量一定，探究加速度*a*与所受外力*F*的关系，他们在轨道水平及倾斜两种情况下分别做了实验，得到了两条*a*－*F*图线，如图6所示.图线\_\_\_\_\_是在轨道倾斜情况下得到的(填“①”或“②”)；小车及车中砝码的总质量*m*＝\_\_\_\_\_ kg.



图6

答案　(1)BC　(2)0.34　(3)①　0.5

解析　(1)将不带滑轮的木板一端适当垫高，在不挂钩码的情况下使小车恰好做匀速运动，以使小车的重力沿斜面的分力和摩擦力抵消，那么小车的合力就是细线的拉力，故选项A错误；细线的拉力为小车的合力，所以应调节定滑轮的高度使细线与木板平行，故B正确；实验时，应使小车靠近打点计时器由静止释放，先接通电源后释放小车，故选项C正确；实验时，为了减小实验的误差，小车的加速度应适当大一些，但不是越大越好.故D错误.

(2)根据逐差法得：*a*＝＝0.34 m/s2.

(3)由图线①可知，当*F*＝0时，*a*≠0，也就是说当细线上没有拉力时小车就有加速度，所以图线①是轨道倾斜情况下得到的，根据*F*＝*ma*得*a*－*F*图象的斜率*k*＝，由*a*－*F*图象得图象斜率*k*＝2，所以*m*＝0.5 kg.

命题点二　实验拓展创新

例2　(2016·全国Ⅲ·23)某物理课外小组利用图7中的装置探究物体加速度与其所受合外力之间的关系.图中，置于实验台上的长木板水平放置，其右端固定一轻滑轮；轻绳跨过滑轮，一端与放在木板上的小滑车相连，另一端可悬挂钩码.本实验中可用的钩码共有*N*＝5个，每个质量均为0.010 kg.实验步骤如下：



图7

(1)将5个钩码全部放入小车中，在长木板左下方垫上适当厚度的小物块，使小车(和钩码)可以在木板上匀速下滑.

(2)将*n*(依次取*n*＝1,2,3,4,5)个钩码挂在轻绳右端，其余*N*－*n*个钩码仍留在小车内；用手按住小车并使轻绳与木板平行.释放小车，同时用传感器记录小车在时刻*t*相对于其起始位置的位移*s*，绘制*st*图象，经数据处理后可得到相应的加速度*a*.

(3)对应于不同的*n*的*a*值见下表.*n*＝2时的*st*图象如图8所示；由图求出此时小车的加速度(保留2位有效数字)，将结果填入下表.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *n* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| *a*/(m·s－2) | 0.20 |  | 0.58 | 0.78 | 1.00 |



图8

(4)利用表中的数据在图9中补齐数据点，并作出*an*图象.从图象可以看出：当物体质量一定时，物体的加速度与其所受的合外力成正比.



图9

(5)利用*an*图象求得小车(空载)的质量为\_\_\_\_\_\_\_\_kg(保留2位有效数字，重力加速度取*g*＝9.8 m·s－2).

(6)若以“保持木板水平”来代替步骤(1)，下列说法正确的是\_\_\_\_\_\_\_\_(填入正确选项前的标号)

A.*an*图线不再是直线

B.*an*图线仍是直线，但该直线不过原点

C.*an*图线仍是直线，但该直线的斜率变大

答案　(3)0.39　(4)见解析图　(5)0.44　(6)B

解析　(3)因为小车做初速度为零的匀加速直线运动，将图中点(2,0.78)代入*s*＝*at*2可得，*a*＝0.39 m/s2.

(4)根据描点法可得如图所示图线.



(5)根据牛顿第二定律可得*nmg*＝(*M*＋5*m*)*a*，则*a*＝*n*，图线斜率*k*＝＝，可得*M*＝0.44 kg

(6)若保持木板水平，则小车运动中受到摩擦力的作用，*n*的数值相同的情况下，加速度*a*变小，直线的斜率变小.绳的拉力等于摩擦力时，小车才开始运动，图象不过原点，选项B正确.



利用图象处理数据的方法技巧

1.利用图象处理实验数据是实验中最常用的方法，解决本题的基本对策是写出图象对应的函数，困难便迎刃而解.

2.画*a*－*n*图象时，所画直线要符合以下要求：让尽可能多的点落在直线上；不能落在直线上的点要均匀分布于直线的两侧；一定要利用直尺画线.



例3　(2015·新课标全国Ⅱ·22)某同学用图10(a)所示的实验装置测量物块与斜面之间的动摩擦因数.已知打点计时器所用电源的频率为50 Hz，物块下滑过程中所得到的纸带的一部分如图(b)所示，图中标出了五个连续点之间的距离.



图10

(1)物块下滑时的加速度*a*＝\_\_\_\_\_\_\_\_ m/s2，打*C*点时物块的速度*v*＝\_\_\_\_\_\_\_\_ m/s；

(2)已知重力加速度大小为*g*，为求出动摩擦因数，还必须测量的物理量是\_\_\_\_\_\_\_\_(填正确答案标号).

A.物块的质量

B.斜面的高度

C.斜面的倾角

答案　(1)3.25　1.79　(2)C

解析　(1)根据纸带数据可知，

加速度*a*＝＝3.25 m/s2；

打*C*点时物块的速度*vC*＝≈1.79 m/s.

(2)由牛顿第二定律得加速度*a*＝*g*sin *θ*－*μg*cos *θ*，所以要求出动摩擦因数，还必须测量的物理量是斜面的倾角.



3.在用DIS研究小车加速度与外力的关系时，某实验小组先用如图11(a)所示的实验装置，重物通过滑轮用细线拉小车，在小车和重物之间接一个不计质量的微型力传感器，位移传感器(发射器)随小车一起沿水平轨道运动，位移传感器(接收器)固定在轨道一端，实验中力传感器的拉力为*F*，保持小车[包括位移传感器(发射器)]的质量不变，改变重物重力重复实验若干次，得到加速度与外力的关系如图(b)所示.





图11

(1)小车与轨道的滑动摩擦力*F*f＝\_\_\_\_\_\_ N.

(2)从图象中分析，小车[包括位移传感器(发射器)]的质量为\_\_\_\_\_\_ kg.

(3)该实验小组为得到*a*与*F*成正比的关系，应将斜面的倾角*θ*调整到tan *θ*＝\_\_\_\_\_\_.

答案　(1)0.67　(2)0.67　(3)0.1

解析　(1)根据图象可知，当*F*＝0.67 N时，小车开始有加速度，则*F*f＝0.67 N，

(2)根据牛顿第二定律*a*＝＝*F*－，则*a*－*F*图象的斜率表示小车[包括位移传感器(发射器)]质量的倒数，则

*M*＝＝＝≈0.67 kg.

(3)为得到*a*与*F*成正比的关系，则应该平衡摩擦力，则有：

*Mg*sin *θ*＝*μMg*cos *θ*

解得：tan *θ*＝*μ*，

根据*F*f＝*μMg*得：*μ*＝＝0.1

所以tan *θ*＝0.1.

4.如图12所示，某同学设计了一个测量滑块与木板间的动摩擦因数的实验装置，装有定滑轮的长木板固定在水平实验台上，木板上有一滑块，滑块右端固定一个动滑轮，钩码和弹簧测力计通过绕在滑轮上的轻绳相连，放开钩码，滑块在长木板上做匀加速直线运动.



图12

(1)实验得到一条如图13所示的纸带，相邻两计数点之间的时间间隔为0.1 s，由图中的数据可知，滑块运动的加速度大小是\_\_\_\_\_\_\_\_ m/s2.(计算结果保留两位有效数字)



图13

(2)读出弹簧测力计的示数*F*，处理纸带，得到滑块运动的加速度*a*；改变钩码个数，重复实验.以弹簧测力计的示数*F*为纵坐标，以加速度*a*为横坐标，得到的图象是纵轴截距为*b*的一条倾斜直线，如图14所示.已知滑块和动滑轮的总质量为*m*，重力加速度为*g*，忽略滑轮与绳之间的摩擦.则滑块和木板之间的动摩擦因数*μ*＝\_\_\_\_\_\_\_\_.



图14

答案　(1)2.4　(2)

解析　(1)加速度*a*＝＝ m/s2＝2.4 m/s2

(2)滑块受到的拉力*F*T为弹簧测力计示数的两倍，即：*F*T＝2*F*

滑块受到的摩擦力为：*F*f＝*μmg*

由牛顿第二定律可得：*F*T－*F*f＝*ma*

解得力*F*与加速度*a*的函数关系式为：*F*＝*a*＋

由图象所给信息可得图象截距为：*b*＝

解得：*μ*＝.