# 第四章 2 实验：探究加速度与力、质量的关系

速度是描述物体运动状态的物理量，加速度是描述速度变化快慢的物理量。因此也可以说，加速度是描述物体运动状态变化快慢的物理量。由前面的学习我们知道，力是改变物体运动状态的原因，质量大的物体运动状态不容易改变。这说明，加速度与力、质量之间必然存在一定的关系。下面我们来探究加速度与力、质量之间的定量关系。

本节实验分别从“加速度与力的关系”和“加速度与质量的关系”两方面进行研究。

## 实验思路

将小车置于水平木板上，通过滑轮与槽码相连。小车可以在槽码的牵引下运动（图4.2-1）。

图4.2-1 槽码牵引小车运动

加速度与力的关系 保持小车质量不变，通过改变槽码的个数改变小车所受的拉力。小车所受的拉力可认为与槽码所受的重力相等。测得不同拉力下小车运动的加速度，分析加速度与拉力的变化情况，找出二者之间的定量关系。

可证明这两个力只是近似相等，条件是槽码的质量要比小车的质量小很多。

加速度与质量的关系 保持小车所受的拉力不变，通过在小车上增加重物改变小车的质量。测得不同质量的小车在这个拉力下运动的加速度，分析加速度与质量的变化情况，找出二者之间的定量关系。

从实验的角度，同时研究某个物理量与另外两个或多个物理量之间的定量关系是非常困难的。面对这样的问题，我们通常采用控制变量的方法进行研究。

## 物理量的测量

本实验需要测量的物理量有三个：物体的质量、物体所受的作用力和物体运动的加速度。

质量的测量 可以用天平测量质量。为了改变小车的质量，可以在小车中增减砝码的数量。

加速度的测量 方法1 小车做初速度为0的匀加速直线运动，则测量小车加速度最直接的办法就是用刻度尺测量小车移动的位移*x*，并用秒表测量发生这段位移所用的时间*t*，然后由

*a*＝ （1）

计算出加速度*a*。

方法2 将打点计时器的纸带连在小车上，根据纸带上打出的点来测量加速度（参考第一章的实验方法）。

方法3 在这个实验中也可以不测量加速度的具体数值。这是因为我们探究的是加速度与其他物理量之间的比例关系，因此测量不同情况下物体加速度的比值即可。

如果能做到让两个做初速度为0的匀加速直线运动的物体的运动时间*t*相等，那么由（1）式可知，它们的位移之比就等于加速度之比，即

＝ （2）

这样，测量加速度就转换成测量位移了。

力的测量 现实中，仅受一个力作用的物体几乎不存在。然而，一个单独的力的作用效果与跟它大小、方向都相同的合力的作用效果是相同的。因此，实验中作用力*F*的含义可以是物体所受的合力。

如何为运动的物体提供一个恒定的合力，如何测出这个合力是本实验的关键，有很多可行的方法。下面参考案例中的方法可供选用，也可以设计其他方法。

在此实验中，通过测力计用手直接给小车施加一个恒力是否可行？

## 参考案例1

**用阻力补偿法探究加速度与力、质量的关系**

实验装置如图4.2-2所示。把木板的一侧垫高，以补偿打点计时器对小车的阻力及其他阻力。调节木板的倾斜度，使小车在不受牵引时能拖动纸带沿木板匀速运动。将槽码、小车、打点计时器、纸带安装好。通过改变槽码的个数可以成倍地改变小车所受的拉力，与此相对应，处理纸带上打出的点来测量加速度。

图4.2-2 实验装置

保持小车受的拉力不变，通过增减小车中的重物改变小车的质量。处理纸带上打出的点来测量加速度。

## 参考案例2

**通过位移之比测量加速度之比**

将两辆相同的小车放在水平木板上，前端各系一条细线，线的另一端跨过定滑轮各挂一个小盘，盘中可以放不同的重物。把木板一端垫高，参考案例1的方法补偿阻力的影响。

两小车后端各系一条细线，用一个物体，例如黑板擦，把两条细线同时按压在木板上（图4.2-3）。抬起黑板擦，两小车同时开始运动，按下黑板擦，两小车同时停下来。用刻度尺测出两小车移动的位移*x*1、*x*2。由于两小车运动时间*t*相同，从它们的位移之比就可以得出加速度之比。

图4.2-3 用黑板擦控制小车的动与停

小车

黑板擦

运动方向

小车

在盘中重物相同的情况下，通过增减小车中的重物改变小车的质量。

## 进行实验

调试实验装置进行实验。

加速度与力的关系 设计表格，把测得的同一个小车在不同拉力*F*作用下的加速度*a*填在表1中。

表1 小车质量一定

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 拉力*F* |  |  |  |  |  |
| 加速度*a* |  |  |  |  |  |

加速度与质量的关系 设计表格，把测得的不同质量的小车在相同拉力作用下的加速度*a*填在表2中。

表2 小车所受的拉力一定

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 质量*m* |  |  |  |  |  |
| 加速度*a* |  |  |  |  |  |

## 数据分析

为了更直观地判断加速度*a*与拉力*F*的定量关系，我们以*a*为纵坐标、*F*为横坐标建立直角坐标系。根据各组实验数据在坐标纸上描点。如果这些点在一条过原点的直线附近，说明加速度*a*与拉力*F*成正比。如果不是这样，则需进一步分析。

为了分析加速度*a*与质量*m*的定量关系，我们同样需要建立直角坐标系。经验告诉我们，在相同拉力作用下，质量*m*越大，加速度*a*越小。这可能是“*a*与*m*成反比”，但也可能是“*a*与*m*2成反比”，甚至是更复杂的关系。我们从最简单的情况入手，检验是否“*a*与*m*成反比”。

实验结果如图4.2-4所示，我们很难直观看出图线是否为双曲线，如何解决这个问题呢？

*a*

*m*

*O*

图4.2-4 双曲线

如果 *a-m* 图像是双曲线，*a* 与 *m* 成反比，也就是 *a*与 成正比。作 *a* - 图像进行检验（图4.2-5）。如果检验的结果是过原点的直线，就可以判断加速度 *a* 与质量 *m* 是成反比的。

*a*

*O*

图4.2-5 过原点的直线

上述探究实验也可以用参考案例2进行。

这里我们已经假设加速度与质量成反比；如果当初假设加速度与质量的二次方成反比，最好作哪两个量之间关系的图像？

## 科学方法

**控制变量**

控制变量的方法是指在研究和解决问题的过程中，对影响事物变化规律的独立因素加以人为控制，使其中只有一个因素按照特定的要求发生变化，而其他因素保持不变，以利于寻找事物发展变化的规律的方法。例如，在研究某个物理量 *y* 与另外两个变量 *x*1、*x*2 的关系时，先固定一个变量 *x*2 不变，研究 *y* 与另一个变量 *x*1 之间的定量关系；然后再固定变量 *x*1 不变，研究 *y* 与 *x*2 之间的关系。

本节在探究加速度与力、质量之间的关系时，就采用了控制变量的方法。以后在研究涉及多个变量的规律时，还会用到控制变量的方法，它是科学研究中常用的一种方法。

## 练习与应用

本节共两道习题。第1题练习整理数据，发现规律，形成结论。尝试用得出的实验结论判断实验数据的合理值。第2题练习用逐差法、图像法处理实验数据，得出结论。

1．某同学在做“探究加速度与力的关系”和“探究加速度与质量的关系”实验时，把两个实验的数据都记录在表3中。数据是按加速度的大小排列的，两个实验的数据混在一起，而且有两个加速度数据模糊不清（表3中空格）。请你把这些数据分拆填入表4和表5中，如果模糊的加速度数据是正确的，其数值应该是多少？请填在表3中。

表3 实验记录

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *F*/ N | *m*/ kg | *a*/ (m·s-2) |
| 0.29 | 0.86 | 0.34 |
| 0.14 | 0.36 | 0.39 |
| 0.29 | 0.61 | 0.48 |
| 0.19 | 0.36 | 0.53 |
| 0.24 | 0.36 |  |
| 0.29 | 0.41 | 0.71 |
| 0.29 | 0.36 | 0.81 |
| 0.29 | 0.31 |  |
| 0.34 | 0.36 | 0.94 |

表4 探究加速度与力的关系（条件：*m*＝ ）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *F*/ N |  |  |  |  |  |
| *a*/ (m·s-2) |  |  |  |  |  |

表5 探究加速度与质量的关系（条件：*F*＝ ）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *m*/ kg |  |  |  |  |  |
| *a*/ (m·s-2） |  |  |  |  |  |

**参考解答**：填写教科书中的表4、表5如表4-1、表4-2。

表4-1 探究加速度与力的关系（条件：*m* = 0.36 kg）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *F*/N | 0.14 | 0.19 | 0.24 | 0.29 | 0.34 |
| *a*/（m·s−2） | 0.39 | 0.53 | 0.67 | 0.81 | 0.94 |

表4-2探究加速度与质量的关系（条件：*F* = 0.29N）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *m*/kg | 0.31 | 0.36 | 0.41 | 0.61 | 0.86 |
| *a*/（m·s−2） | 0.94 | 0.81 | 0.71 | 0.48 | 0.34 |

提示：表 4-1 是探究加速度与力的关系，根据质量 *m* = 0.36 kg 整理数据，发现力 *F* 等量变化（Δ*F* = 0.05 N），加速度 *a* 等量变化（Δ*a* = 0.14 m's−2），即力与加速度的比值保持 0.36 不变。表 4-2 是探究加速度与质量的关系，根据力 *F* = 0.29 N 整理数据，发现质量 *m* 增大，加速度 *a* 减小，质量和加速度的乘积保持 0.29 不变。

2．某同学用图4.2-2所示的实验装置探究小车的加速度 *a* 与质量 *m* 的关系。所用交变电流的频率为 50 Hz。

（1）图4.2-6是他某次实验得到的纸带，两计数点间有四个点未画出，部分实验数据如图所示。求小车的加速度是多少。

6.19

图4.2-6

纸带运动方向

*v*

6.70

7.21

7.72

（2）保持小车所受的拉力不变，改变小车质量 *m*，分别测得不同质量时小车加速度 *a* 的数据如表6所示。

表 6 实验记录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 质量 *m* / kg | 0.25 | 0.29 | 0.33 | 0.40 | 0.50 | 0.71 | 1.00 | 1.67 |
| 加速度 *a* / (m·s-2) | 0.618 | 0.557 | 0.482 | 0.403 | 0.317 | 0.235 | 0.152 | 0.086 |
| 质量倒数 / kg-1 | 4.00 | 3.45 | 3.03 | 2.50 | 2.00 | 1.41 | 1.00 | 0.60 |

请在图4.2-7的坐标纸中作出 *a* - 图像。根据 *a* - 图像可以得到什么实验结论？

图4.2-7

*a*/(m·s−2)

*O*

/kg−1

**参考解答**：（1）0.51 m/s2；（2）如图 4-3 所示可知，加速度与质量成反比。

*a*/(m·s−2)

*O*

1

2

3

4

5

0.2

0.4

0.6

0.8

1.0

/kg−1

提示：（1）两计数点间的时间间隔 *T* = 0.1 s。加速度 *a* = = 0.51 m/s2。

（2）描点，观察点的分布规律，用直线拟合，得到一条过原点的直线，如图4-3所示。根据图像可以得到小车所受的拉力不变时加速度与质量成反比。