

同吗?
向之间

4 物体受力分析

情境与问题 ?

2020年7月23日我国火星探测器天问一号由火箭发射升空(图1-4-1)。在巨大的推动力作用下,火箭从静止出发,直冲云霄,飞向火星。力是改变物体运动状态的原因,要控制物体的运动,需要精准分析物体的受力情况。你知道如何对物体进行受力分析吗?



图1-4-1

受力分析

一般情况下,物体会同时受到多个力的作用。为了明确物体的受力情况,我们要确定物体受了几个力,以及各力的作用点和作用方向,这个分析过程称为物体的**受力分析**。受力分析是力学知识的基础,也是解决力学问题的关键。

要分析物体的受力情况,首先要将它从周围的环境中隔离出来,分析周围哪些物体对其施加了力,以及力的性质、作用点、大小与方向,最终将它们画在受力图上,这种分析的方法叫**隔离法**。

如图1-4-2所示,两块木板中间夹着一个长方体木块P,在木块两侧施加力 F_1 与 F_2 ,使木块和木板处于静止状态。图1-4-3是将长方体木块P隔离出来进行的受力分析。

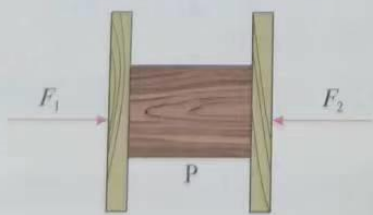


图1-4-2

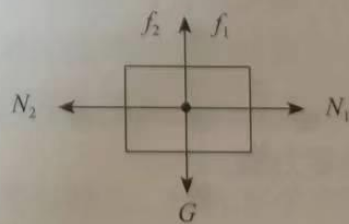


图1-4-3

把多个物体看作一个整体当作研究对象进行受力分析的方法叫作**整体法**。
一摞书错落放置在桌面上，如图1-4-4所示，若要研究桌面对最下面一本书的支持力，可将这一摞书看作一个整体进行分析，如图1-4-5所示。



图1-4-4

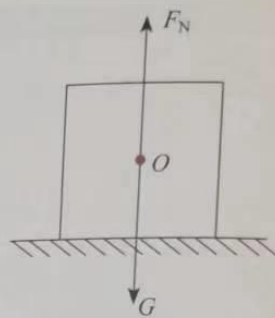


图1-4-5

探究与交流

在进行受力分析时，如何选择采用隔离法还是整体法？

受力分析的一般步骤

进行受力分析时，一般步骤如下。

- (1) 确定受力研究对象，并单独画出该物体（与环境进行隔离）。
 - (2) 明确物体受到的重力。
 - (3) 找出与研究对象接触的所有物体，并判断其接触点或接触面。
 - (4) 分析是否有弹力（拉力、压力、支持力等都属于弹力）。
 - (5) 分析是否有摩擦力。先分析接触面是否光滑，然后分析接触面上是否存在弹力，最后分析物体之间是否有相对运动或者相对运动趋势。
 - (6) 结合物体运动状态，检查受力分析的正确性。
- 综合分析出研究对象受到的所有作用力，并画出所有作用力的示意图，即为物体的**受力图**。

【例题1】

飞机托运行李时，需使用传送带将行李从低处运往货舱，如图1-4-6所示。一重为 G 的行李箱，与粗糙的传送带保持相对静止匀速运动。试分析行李箱的受力情况，并画出受力分析图。

解 根据问题情境，确定行李箱为研究对象。作用在行李箱上的力有3个：行李箱的重力 G （作用于行李箱的重心，竖直向下），斜面的支持力 F_N （垂直于接触面，指向行李箱）以及传送带对行李箱的静摩擦力 F_f （作用于接触面上，沿着接触面向上），受力图如图1-4-7所示。



图1-4-6

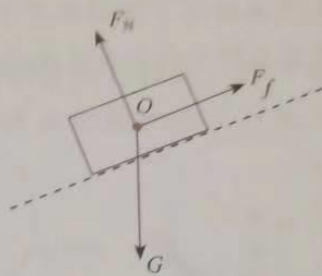


图1-4-7

【例题2】

一质量和形状均匀的篮球，重力为 G ，静止放置在地面上，并与一倾斜的粗糙墙面接触，试画出篮球的受力图。

解 确定篮球为研究对象。作用于篮球的力有2个，即篮球受到的重力 G 和地面的支持力 F_N ，受力图如图1-4-8所示。

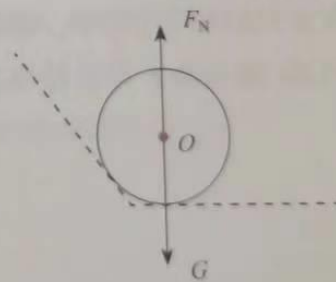


图1-4-8

为什么倾斜的墙面没有给球弹力？因为如果有弹力，球在水平方向上将改变运动状态，向右滚动，无法静止停靠在墙边，所以篮球只受到两个力的作用。

探究与交流

对物体进行受力分析时应注意什么？通过上述示例，总结判断力是否存在的方法。

思考与练习

1. 如图1-4-9所示，放置的球体。分析当重心（黑色圆点代表重心）与球心（红色圆点代表球心）分别处于下列位置时球体的受力情况，画出受力图，并观察、分析弹力的方向是否发生变化。

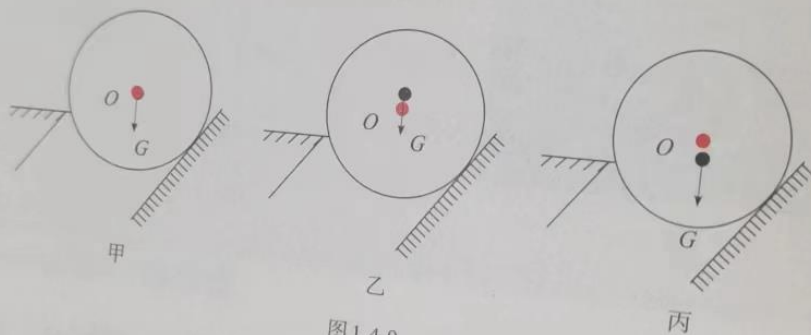


图1-4-9

2. 物体A如图1-4-10所示，对以下情境中的物体A进行受力分析。
 (1) 在力 F 作用下，物体静止在粗糙的墙面上。
 (2) 撤掉力 F 后，物体靠着粗糙墙面向下滑动。

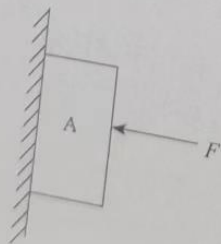


图1-4-10

1 电阻定律

情境与问题 ?

连接电路的导线一般用铝或铜来制作，电炉、电阻器的电阻丝一般用合金制作。为什么如图4-1-1所示的插座、开关的外壳以及绝缘导线的外皮，都用电木、橡胶或塑料制成呢？



图4-1-1

电阻定律

我们在初中学过，电阻是导体本身的一种性质。不同长度、横截面积或材料的导体，电阻会不同。它们之间到底有什么样的数量关系呢？

实验与观察

按图4-1-2所示的电路图连接电路，在图中A和B之间，分别接入a、b、c、d四种材料，调节滑动变阻器，分别测出流过材料a、b、c、d的电流和电压，根据欧姆定律，求出相应的电阻，记录在表4-1-1中。

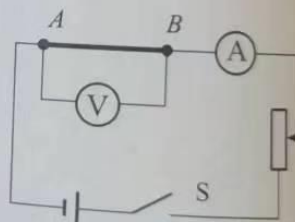


图4-1-2

表4-1-1 实验数据记录表

| 实验序号 | 实验材料 | 长度/m | 横截面积/mm ² | 材料种类 | 电压/V | 电流/mA | 电阻/ Ω |
|------|------|------|----------------------|------|------|-------|--------------|
| 1 | a | 1 | 1.0 | 锰铜合金 | | | |
| 2 | b | 1 | 2.5 | 锰铜合金 | | | |
| 3 | c | 0.5 | 1.0 | 镍铜合金 | | | |
| 4 | d | 1 | 1.0 | 镍铜合金 | | | |

比较实验1和实验2的数据，探究电阻与横截面积之间的比例关系；比较实验3和实验4的数据，探究电阻与长度之间的比例关系；比较实验1和实验4的数据，探究电阻与材料之间的关系。

大量实验表明，导体的电阻 R 与它的长度 L 成正比，与它的横截面积 S 成反比。这就是**电阻定律**。电阻定律用公式表示为

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

上式中的比例系数 ρ 与导体的材料有关，是一个反映材料导电性能的物理量，叫作材料的**电阻率**。

横截面积和长度都相同的不同材料的导体，电阻率越大，电阻越大。电阻率越大的材料，其导电性能越低。电阻率的数值为长 1 m 、横截面积 1 m^2 的导体的电阻。在国际单位制中，电阻率的单位是 $\Omega \cdot \text{m}$ ，读作**欧姆米**，简称**欧米**。

不同材料的电阻率有很大的差别，表4-1-2中列出了几种导体在 20°C 时的电阻率。从表中可以看出，纯金属的电阻率较小，合金的电阻率较大。连接电路的导线一般用电阻率小的铜来制作。由于用电器的电阻通常远大于导线的电阻，一般情况下可以认为导线电阻为0。

表4-1-2 几种导体材料在 20°C 时的电阻率

| 材料 | 电阻率 $\rho / (\Omega \cdot \text{m})$ | 材料 | 电阻率 $\rho / (\Omega \cdot \text{m})$ |
|----|--------------------------------------|------|--------------------------------------|
| 银 | 1.6×10^{-8} | 铁 | 1.0×10^{-7} |
| 铜 | 1.7×10^{-8} | 锰铜合金 | 4.4×10^{-7} |
| 铝 | 2.9×10^{-8} | 镍铜合金 | 5.0×10^{-7} |
| 钨 | 5.3×10^{-8} | 镍铬合金 | 1.0×10^{-6} |

实验与观察

把一段长 10 cm 以上的铅笔芯，按图4-1-3所示与电池、小电珠串联成电路。接点 A 、 B 距离 1 cm 左右时，小电珠发光。然后慢慢把 A 、 B 向外拉开距离，你将发现小电珠的亮光随之逐渐减弱，直到刚好看不见小电珠发光时，

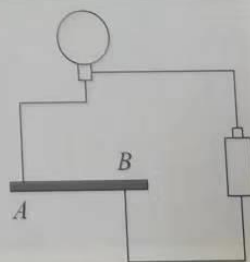


图4-1-3

划燃一根火柴，用火焰顶部加热铅笔芯，小电珠又慢慢发光了。火柴熄灭后，小电珠又慢慢不亮了。

上面的实验现象说明，温度发生变化时，铅笔芯的电阻率也随之变化。铅笔芯的主要成分是石墨，在一定范围内，石墨的电阻率随温度的升高而减小。

金属的电阻率随温度的升高而增大。电阻温度计（图4-1-4）就是利用金属的电阻随温度变化的规律而制成的，用它可以测量很高的温度。精密的电阻温度计是用铂做的。已知铂丝的电阻随温度的变化情况，测出铂丝的电阻就可以知道温度。



图4-1-4

有些合金，如锰铜合金和镍铜合金，电阻率几乎不受温度变化的影响，常用来制作标准电阻。

超导现象

当温度降低时，导体的电阻率将会减小。1911年，科学家发现一些金属在温度特别低时电阻可以降到0，这种现象叫作**超导现象**。导体由普通状态向超导状态转变时的温度称为**超导转变温度**，或**临界温度**，用 T_c 表示。

金属和合金出现超导现象的温度都很低，到1986年为止，人们发现的最高临界温度为23.2 K（-249.95℃）。1986年，人类在超导领域取得了重大突破，发现一些铜的氧化物材料可在44 K（-229.15℃）左右出现超导现象；1987年，华裔科学家朱经武以及中国科学家赵忠贤（图4-1-5）相继研制出钇-钡-铜-氧系材料，超导转变温度提高到90 K（-183.15℃）。

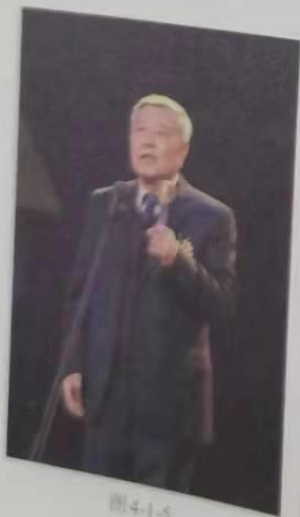


图4-1-5

由于导体具有电阻，电流通过导体时会产生热。这会带来电能损失，使设备发热。若用超导材料形成回路，一旦回路中有了电流，电流就将无损耗地持续下去。根据这一特点，超导材料在发电、输电等方面都会有非常广泛的应用前景。因此，科学家还在不断地研究，寻找能够在更高温度下实现超导的导体材料。

探究与交流

我国科学家在超导材料研究领域取得了许多突破性的伟大成就。请查阅资料，并与同学交流收集到的信息。

思考与练习

1. 有一段均匀导体的电阻是 $1\ \Omega$ ，把它对折起来作为一条导线用，电阻变为多少？如果把它均匀拉长到原来的2倍，电阻又变为多少？
2. 家庭装修通常使用铜导线，已知铜在 $20\ ^\circ\text{C}$ 时的电阻率为 $1.7 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}$ 。试计算一卷长 $100\ \text{m}$ ，横截面积为 $1\ \text{mm}^2$ 的导线的电阻是多大。
3. 用横截面积为 $0.5\ \text{mm}^2$ 的锰铜导线绕制一个线圈（锰铜合金在 $20\ ^\circ\text{C}$ 时的电阻率为 $4.4 \times 10^{-7}\ \Omega \cdot \text{m}$ ），这个线圈允许通过的最大电流是 $5.0\ \text{A}$ ，两端至多能加 $10\ \text{V}$ 的电压，求绕制线圈的锰铜导线有多长。
4. 人体含水量约为 70% ，水中有钠离子、钾离子等离子存在，因此容易导电，脂肪则不容易导电。某脂肪测量仪（图4-1-6），其原理就是根据人体电阻的大小来判断人体脂肪所占比例。



图4-1-6

- (1) 肥胖的人与消瘦的人电阻不同的主要原因是什么？
 - (2) 激烈运动之后、沐浴之后测量数据会不准确，这可能是什么原因？
5. 超导材料在很多领域都有重要的应用，如能源、交通运输和地质勘测等，请你通过调查或查找资料，谈谈超导材料的不同应用。

5

磁场对通电矩形线圈的作用

情境与问题

磁电式电流表是一种常用的电子仪器，在电子技术中有着广泛的应用。图6-5-1展示了我们实验中常用的磁电式电流表的结构，你知道它的工作原理吗？



图6-5-1

磁场对通电矩形线圈的作用

电流通过电流表、电动机等仪器设备中的线圈时，线圈会在磁场中转动。将一个单匝通电矩形线圈，放在一个匀强磁场中，如图6-5-2所示。设磁场的磁感应强度为 B ， ab 边的长度为 l_1 ， bc 边的长度为 l_2 ，电流为 I 。当线圈平面与磁感线平行时， da 和 bc 两边不受力的作用； ab 边受力为 $F_{ab} = BIl_1$ ，方向垂直 ab 指向纸外； cd 边受力为 $F_{cd} = BIl_1$ ，方向垂直 cd 指向纸里。 F_{ab} 和 F_{cd} 大小相等，方向相反，但不在一条直线上，所以 F_{ab} 和 F_{cd} 对线圈中轴线产生力矩。由图可见，产生的力矩分别为

$$M_1 = F_{ab} \cdot \frac{l_2}{2} = \frac{1}{2} BIl_1 l_2$$

$$M_2 = F_{cd} \cdot \frac{l_2}{2} = \frac{1}{2} BIl_1 l_2$$

合力矩为

$$M = M_1 + M_2 = BIl_1 l_2 = BIS$$

式中 S 为线圈面积。由磁力形成的力矩称为**磁力矩**。线圈与磁感线平行时，所受磁力矩最大。若线圈有 N 匝，则所受到的最大磁力矩为

$$M = NBIS$$

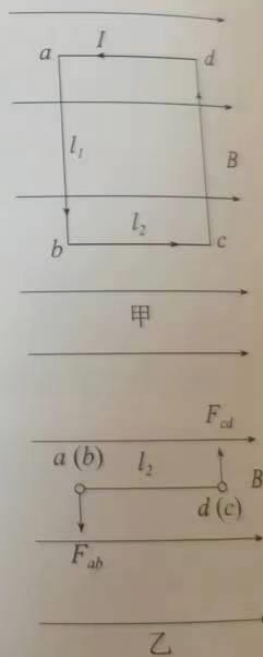


图6-5-2

磁电式电流表

磁电式电流表所依据的物理学原理就是通电线圈因受安培力而转动。磁电式电流表最基本的组成部分是磁体和放在磁体两极之间的线圈。线圈在磁场中受力的情况如图6-5-3所示。当电流通过线圈时，导线受到安培力的作用。由左手定则可以判定，线圈左右两边所受的安培力的方向相反，于是安装在轴上的线圈就会转动。

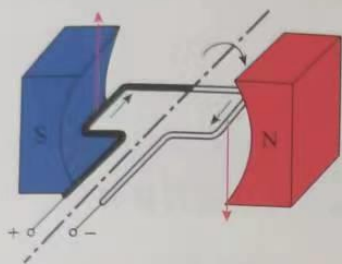


图 6-5-3

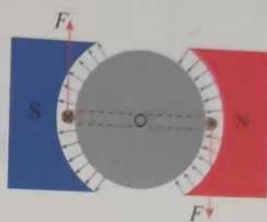


图 6-5-4

线圈转动时，图6-5-1中的螺旋弹簧变形，以反抗线圈的转动。电流越大，安培力就越大，螺旋弹簧的形变也就越大，线圈偏转的角度也越大，达到新的平衡。所以，从线圈偏转的角度就能判断通过电流的大小。

从前面的分析可知，安培力总与磁感应强度的方向垂直。电流表的两磁极装有极靴，极靴中间还有一个用软铁制成的圆柱。这样，极靴与圆柱间的磁场都沿半径方向，如图6-5-4所示。线圈无论转到什么位置，它的平面都跟磁感线平行，线圈左右两边所在之处的磁感应强度的大小都相等。

线圈中的电流方向改变时，安培力的方向随着改变，指针的偏转方向也随着改变。所以，根据指针的偏转方向，可以知道被测电流的方向。

磁电式电流表的优点是灵敏度高，可以测出很弱的电流；缺点是线圈的导线很细，允许通过的电流很弱（几十微安到几毫安）。

探究与交流

如果要用磁电式电流表测量较大的电流，可以通过并联一个电阻的方法把小量程的表头改装成大量程的电流表。试用电路知识分析其原理。

磁电式仪表在使用后要将仪表的两接线柱短路，是为了减小仪表在搬动过程中线圈及指针的激烈摆动而采取的一种保护措施。仪表的两接线柱短路后，使线圈组成了闭合回路。在搬动过程中，线圈在磁场中摆动产生感应电动势，在闭合回路中就能形成感应电流。根据楞次定律：感应电流的结果总是阻碍引起感应电流的原因。这里的感应电流就会阻碍引起感应电流的原因——线圈摆动，使得指针和线圈的摆动幅度减小，达到保护仪表的目的。

在实验完毕后将灵敏电流表两接线柱短路，在磁电式仪表用毕后，将转换开关置于0挡，都是为了使线圈组成闭合回路，对线圈的摆动起阻碍作用而保护仪表。

思考与练习

1. 在匀强磁场中，通电线圈在什么情况下受的磁力矩最大，在什么情况下受的磁力矩最小？
2. 图6-5-5甲中线圈如何转动？标出图6-5-5乙中磁铁的N、S极，标出图6-5-5丙所示线圈中电流的方向。

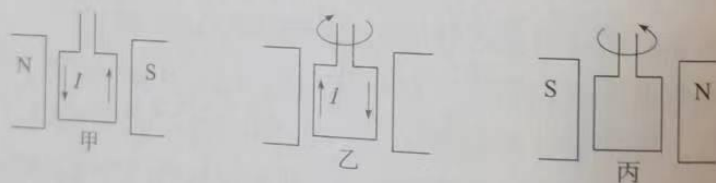


图6-5-5

3. 有一个长0.20 m、宽0.10 m的矩形线圈共10匝，放在磁感应强度为 $1.5 \times 10^{-2} \text{ T}$ 的匀强磁场中，通以2.0 A的电流，求它所受到的最大磁力矩。