

201 有心力和向心力

主题

什么是向心力？这里有几种答案：

1. “向心力是物体被拉向或推向一个中心点的力，或任何使物体倾向于一个中心点的力。”（牛顿）

2. “一个加速度一定对应于一个作用力。根据这一结论我们知道，要使物体做曲线运动，必须给物体施加一个指向曲线的曲率中心的力。这个力我们可以用.....来加以测量。这个力叫作有心力，或叫作向心力，其大小 C 为.....”（亥姆霍兹）

3. “当一个质量为 m 的物体作匀速圆周运动时，它必定受到一个指一固定点的力。这个力的大小为

$$F = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r$$

这个力叫作向心力。”（Gehrtsen，大学教材）

4. “.....这个力叫作向心力。请注意，向心力不是一种新的力。它只不过是产生向心加速度的力的名称。这个力导致物体做圆周运动。”（大学教材）

5. “向心力指向转动中心。这个力维持质量为 m 的物体以速度 v 做半径为 r 的圆周上做圆周运动。这个力为

$$F = -m\omega^2 r.$$

”（中学教材）

6. “指向圆心的力通常叫作有心力或向心力。”（中学教材）

负担

1. 在物理学中有太多的力的名称。多数这些名称是多余的，通常也是含糊的。

2. 通常，向心力和有心力是这样来使用的：

有心力是从受到这个力的物体（物体 A）看来直接指向另一个物体 B 的力。A 的动量变化与 B 的动量变化刚好方向相反。在一般情况下，有心力并不垂直于 A 的运动方向。

向心力是垂直于运动方向的力或某个力的分力。当物体沿其轨迹运动时，这个力矢量不一定指向某一固定点。在一般情况下，不可能确定施加这个力的物体，也不可能确定它相应的动量变化。

在圆周运动中，向心力可以是有心力。这样，这两个概念经常被混同为一个概念（见上面所引用的第 2 和第 6 条内容）。

对于一个转动的环，我们可以谈及向心力，而不能说有心力。

3. 有些教材作者只对做圆周运动的物体运用向心力这个名称。然而，为什么横向的分力不能都称之为向心力呢？这是一个说不清的问题。如果一辆汽车在任意弯曲的轨道上（即不是在圆形轨道上）运动，我们会提及离心力（在汽车这一参考系中要用到这个力）。为什么与其相反的力在这里没有相应的名称了呢？

4. 在上面所引用的第 4 条内容中，作者强调离心力并不是“一种新的力”。然而，我们如何确定两个力是不同的力呢？我们可以求助于动量流强度。我们可以更清楚地说，力就是动量流强度。根据动量流的导体（如弹簧和电场或引力场）在本质上的不同，我们可以把力分为两类。

5. 把

$$F = -m\omega^2 r \quad (1)$$

说成是向心力是不恰当的。我们最好说，公式

$$dp/dt = m\omega^2 r \quad (2)$$

可用来计算所研究的物体的动量变化。这是因为，在（1）式和（2）式的右边的三个量都是描述物体状态的量。只有牛顿第二定律才告诉我们，这个动量变化是由力（即动量的流入或流出）引起的。

6. 在我们所讨论的情境中，我们总是关心动量的变化和相应的动量传递。这种情况可以以对流的形式发生，也可以以传导的形式发生。（2）式根本没有告诉我们任何关于流的本质的信息，它只告诉我们动量的变化。根据上面所引用的第 5 条内容，对流动量流（convective momentum current）也可作为向心力；例如，用安装在物体外面的水枪可以使物体在其轨道上运动。

历史

牛顿引入了向心力这个术语。我们可以理解他的用意：对于牛顿来说，他所关注的是月球和行星的轨道。对他来说，引入自己的用词是比较方便的。我们也必须注意到这样的细节，牛顿用了 500 页的纸面写下了我们今天叫作经典力学的著作。

建议

向心力这一术语在所允许的范围内是有用的；比如，在区分电场力和磁场力时是有用的。

另一方面，向心力这一术语并没有帮助我们弄清概念，也没有使问题变得更简单。为了区分力的纵向分力和横向分力，我们并不需要新的名称。

Friedrich Herrmann

（陈敏华，2021 年 10 月 7 日译毕于碧水金柯）