

The Decomposition of Velocity and the Research of the Law of Circular Motion

Chunxing Du

Fanggezhuang Circular Movement Research Center, Luannan County, Tangshan City, Hebei Province, Tangshan, Hebei, 063500, China

Abstract

Using experiments to prove that objects can produce centrifugal force in circular motion. We also use the rolling experiment of the small sphere on the semi-circular slide to verify that when the motion direction of the object changes, its velocity is decomposed, and one of the split velocity transforms into a centrifugal force. Then the experiment summarizes the basic law of circular motion.

Keywords

circular movement; centripetal force; speed decomposition; centrifugal force

速度的分解与圆周运动定律的研究

杜春兴

河北省唐山市滦南县方各庄圆周运动研究中心, 中国·河北唐山 063500

摘要

利用实验证明物体在圆周运动中能够产生离心力。又利用小球在半圆滑道上的滚动实验, 验证了物体的运动方向发生改变时, 它的速度被分解, 其中一个分速度转变成离心力。经过对实验的分析总结出了物体在圆周运动中的基本规律, 简称圆周运动定律。

关键词

圆周运动; 向心力; 速度分解; 离心力

1 引言

物体在圆周运动中能够产生离心力, 这是一种自然现象, 但是在目前物理学解释物体圆周运动的理论中, 没有离心力这个物理量。为了完善解释圆周运动的理论, 编写了“离心力与圆周运动定律”, 这篇文章已经在 2021 年 10 月 19 期《教学方法创新与实践》杂志上发表。这篇文章是按着 20 多年前的物理教科书编写的, 但是新的物理教科书进行了改编, 删除了一部分内容, 为了让“离心力与圆周运动定律”, 这篇文章适应新的物理教材所以重新编写, 如下面的论述。

2 向心力与离心力

向心力: 做匀速圆周运动的物体受到一个拉力, 这个拉力的方向虽然不断变化, 但总是沿着半径指向圆心, 这个指向圆心的力就叫做向心力。

离心力: 物理教科书中指出“物体间力的作用是相互的”, 我们用手向上提砖块时, 手也受到砖块向下的拉力。可见, 手对砖块施加了力, 砖块对手也施加了力^[1]。

向心力这个作用在物体上的力是不能单独存在的, 向心力也有与它相互作用的力, 这个力就是离心力。做圆周运动的物体能够产生远离圆心的力, 力的方向与向心力方向相反, 相互作用在同一直线上, 这个力叫做离心力。

在现实生活中, 人们生病经常会使用体温计来测量体温。我们知道, 体温计盛水银的玻璃泡上方有一段非常细的缩口, 测过体温后, 升到缩口上方的水银柱因受到缩口的阻力不能自动缩回到玻璃泡内。在医院里护士用手捏住体温计用力甩, 让体温计作圆周运动, 使缩口上方的水银柱产生离心力流回玻璃泡内, 如图 1 所示。用这个实验就能充分证明物体在圆周运动中产生离心力。如果物体在圆周运动中没有产生离心力, 那么向心力也不会存在。物体间力的作用是相互的, 没有离心力就没有向心力的存在, 两者相辅相成缺一不可^[2]。

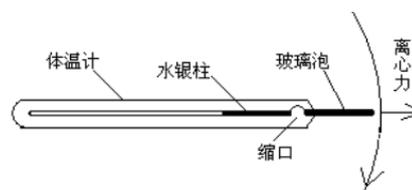


图 1 用手把温度计的水银柱甩回玻璃泡内水银柱产生离心力

【作者简介】杜春兴(1965-), 男, 中国河北唐山人, 从事物理学、物体的圆周运动研究。

3 离心力的计算公式

3.1 离心力大小计算

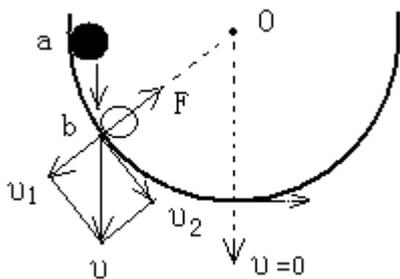
由于离心力与向心力大小相等，方向相反，相互作用在同一直线上。因此向心力的公式也同样适应离心力，只不过离心力的方向与向心力的方向相反。离心力用符号 F_L 表示，由向心力公式 $F_n = m\omega^2 r$ 或 $F_n = m v^2 / r$ 推出离心力的计算公式： $F_L = m\omega^2 r$ 或 $F_L = m v^2 / r$ 。

3.2 离心加速度

物体做匀速圆周运动时，离心力产生的加速度与离心力的方向相同，所以叫做离心加速度。离心加速度用符号 α_L 表示，根据牛顿第二定律：物体的加速度跟作用力成正比，跟物体的质量成反比。 $\alpha \propto F/m$ 推出 $F = m\alpha$ 和离心力表达式 $F_L = m v^2 / r$ 可得出离心加速度的表达式： $\alpha_L = v^2 / r$ 或 $\alpha_L = \omega^2 r$ 。

4 速度分解产生离心力

在图2的实验中制作一个半圆滑道，让小球由滑道的最高处a点向下滚动，当小球滚动到半圆滑道的b点时，它的速度用原速度 v 来表示如图2所示。半圆滑道对小球产生支持力也就是向心力 F ，向心力迫使小球改变运动方向，小球由于惯性还要保持原来的匀速直线运动状态，这时小球原来速度 v 的方向还保持着原来的运动方向，即竖直向下的方向。



O—圆心；F—向心力； v —小球原速度； v_1 —小球的分速度（离心力）； v_2 —小球的分速度。

图2 小球在半圆滑道上滚动速度分解图

小球原来速度 v 的方向与向心力 F 的方向形成大于 90° 小于 180° 的夹角，向心力与小球相互作用使小球的原来速度 v 被分解为：与向心力方向相反，作用在同一直线上的分速度 v_1 ，垂直于向心力使小球沿切线方向运动的分速度 v_2 。分速度 v_1 转变成离心力，离心力与向心力大小相等方向相反，作用在同一直线上被抵消了。小球在分速度 v_2 和原来速度 v 的合作用下沿切线方向继续做直线运动，向心力迫使小球再次改变运动方向，小球的合速度再次被分解，离心力再次产生……如此反复进行下去，直到小球停止圆周运动，速度的分解也会停止。（作用在小球上的每一个

速度的方向都保持到与向心力方向形成 180° 夹角时被抵消为 0° ）。

速度是矢量，既有大小，又有方向，速度的分解遵从矢量运算法则。

5 圆周运动定律

根据以上实验推理出下面的结论：

物体在圆周运动中总是沿切线方向作匀速直线运动。当物体从一个质点运动到另一个临近质点时，向心力迫使物体改变运动方向，物体由于惯性还要保持原来的匀速直线运动状态，因此物体的速度还保持着原来的运动方向，它与向心力的方向形成大于 90° ，小于 180° 的夹角。物体与向心力的相互作用，使物体的速度被分解为两个方向的分速度：与向心力方向相反，作用在同一直线上的分速度 v_1 ，垂直于向心力使物体沿切线方向运动的分速度 v_2 。分速度 v_1 转变成离心力，离心力与向心力相互作用被抵消。物体在初速度和分速度 v_2 的合作用下沿切线方向继续做直线运动，向心力迫使物体再次改变运动方向，物体的合速度再次被分解，离心力再次产生……如此反复进行下去，直到物体停止圆周运动。（物体的每一个速度的方向都保持到与向心力方向形成 180° 时，被抵消为 0 ）这就是物体在圆周运动中的基本规律，这个规律被称为圆周运动定律^[1]。

6 讨论

物体的运动方向发生改变时它的速度就会被分解，有一部分速度转变成离心力被损失掉。这是实际情况，比如运动员在直线跑道上奔跑的速度很快，转弯时速度减小。汽车在转弯时也会损失掉一部分动力。当汽车直线行驶的时候，汽车由于快速运动产生很大的惯性，汽车的惯性方向与汽车的行驶方向相同，并且相互作用在同一直线上，这时候汽车能够把惯性百分之百地利用起来（摩擦阻力不计）。当汽车转弯的时候，汽车的车身由于惯性还要保持原来的匀速直线运动状态，车身产生的惯性横向作用在汽车上，使车身向着外侧倾斜，使车身向外侧倾斜的力，就是离心力。这个力与汽车的运动方向垂直，汽车没有把这个力利用在运动之中，这就是汽车在转弯时被消耗的动力。汽车在转弯时产生的离心力过大，汽车就会产生横向翻滚，发生交通事故。这些事实证明，离心力与圆周运动定律这篇文章是正确的。新的知识很难被人们理解，如果您有不同的观点，可以用相应的物理理论进行论证，欢迎广大科学爱好者进行评论。

参考文献

- [1] 邢江勇.关于向心力与离心力的分析[J].技术物理教学,1994(S1):2.
- [2] 任芳盛.离心运动和离心力[J].物理教学,1983(2):3.
- [3] 曹彦霞.利用离心力巧解圆周运动问题[J].小作家选刊:教学交流,2011(4):1.