

网球拍定理

维基百科，自由的百科全书

网球拍定理或者**中间轴定理**,是经典力学中描述自由刚体运动时欧拉方程的解，该刚体可以绕三个不同的主轴旋转，并且三个转动惯量互不相等。因为该现象由俄罗斯宇航员弗拉基米尔·扎尼别科夫于1985年在太空中发现，所以又称作扎尼别科夫效应。^[1] 1991年的一篇论文解释了该效应。^[2]

该定理可以用如下实验来描述：刚体绕居中的主轴转动时，转动很快就变得不稳定，而绕另外两根轴旋转则比较规则。^[3] 现在用下面的实验来解释：握住拍柄使得拍面水平，然后释放球拍，这时将不容易接住球拍，因为拍面会翻转。相应的，如果双手去搓拍柄，然后释放球拍，将很容易接住；还可以使拍面与地面垂直，释放后也将比较容易接住。

事实上，该实验可以用任意有三个不同转动惯量的物体来实现，例如书本或者电视遥控器。只要旋转轴稍微与第二主轴不同，该现象就会发生，不依赖于空气阻力或者重力。

数学描述

自由转动时，欧拉方程的形式为

$$I_1\dot{\omega}_1 = (I_2 - I_3)\omega_2\omega_3 \qquad (1)$$

$$I_2\dot{\omega}_2 = (I_3 - I_1)\omega_3\omega_1 \qquad (2)$$

$$I_3\dot{\omega}_3 = (I_1 - I_2)\omega_1\omega_2 \qquad (3)$$

这里，*I*₁, *I*₂, *I*₃为三个转动惯量，并假设*I*₁ > *I*₂ > *I*₃。*ω*₁, *ω*₂, *ω*₃为三个相应的角速度，*ω̇*₁, *ω̇*₂, *ω̇*₃为其时间导数。

现在研究绕主轴1旋转的情况，要确定平衡状态的性质，可以假设另外两个初始角速度都非常小，从而*ω̇*₁也非常小，所以*ω*₁与时间的关系可以忽略掉。

然后对方程(2)求导，并把*ω̇*₃代入其中，从而有

$$I_2I_3\ddot{\omega}_2 = (I_3 - I_1)(I_1 - I_2)(\omega_1)^2\omega_2$$

值得一提的是，注意，现在*ω*₂的符号发生了变化，所以绕着这根轴旋转是稳定的。

对于*I*₃也是类似的原因，也是稳定的。

现在将一样的分析应用到*I*₂上，这一次是*ω̇*₂非常小，*ω*₂与时间的关系可以忽略。

对方程(1)求导，并把*ω̇*₃代入其中，从而有

$$I_1I_3\ddot{\omega}_1 = (I_2 - I_3)(I_1 - I_2)(\omega_2)^2\omega_1$$



播放媒体

來源：NASA

注意， ω_1 的符号保持不变（角速度会增长），所以绕主轴2旋转不稳定。因此，一个很小的扰动就会使物体发生"翻转"。

参考文献

1. Эффект Джанибекова - Форум CNews. live.cnews.ru. [2016-03-26]. （原始内容存档于2016-08-16）. （俄文）
 2. Mark S. Ashbaugh, Carmen C. Chicone and Richard H. Cushman (1991).
 3. <https://www.youtube.com/watch?v=0ns5yfwAP2U>
-

取自“<https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=网球拍定理&oldid=53502449>”

本页面最后修订于2019年3月9日 (星期六) 03:39。

本站的全部文字在知识共享 署名-相同方式共享 3.0协议之条款下提供，附加条款亦可能应用。（请参阅[使用条款](#)）
Wikipedia®和维基百科标志是维基媒体基金会的注册商标；维基™是维基媒体基金会的商标。
维基媒体基金会是按美国国内稅收法501(c)(3)登记的非营利慈善机构。