

牛顿第三定律是否与参考系有关?

戴祖诚 王开云 何松林

(昆明师范高等专科学校物理系, 昆明, 650031)

摘要 在非惯性参考系中, 讨论了牛顿第三定律是否成立的问题, 提出了牛顿第三定律与参考系无关的结论.

关键词 牛顿第三定律; 力; 参考系; 关系

力学是物理学的一个分支, 也是整个物理科学的基础, 牛顿运动定律又是力学的基础, 理解并掌握牛顿运动定律对于学习力学和物理科学都具有重要的作用. 众所周知, 牛顿第一、第二定律在非惯性参考系中不能成立, 只有在惯性参考系中作观察时才是成立的. 但是, 牛顿第三定律在非惯性参考系中能否成立, 则是一个较为含混的问题, 在常见的力学教材中^[1~3], 似乎都没有明确的定论. 本文在“力是物体间的相互作用”的前提下, 对此问题进行了初步的讨论.

1 直线加速运动的参考系

我们讨论相对于惯性参考系作直线加速运动的参考系中的情形. 设车厢内有一光滑平板, 在平板上放一质量为 m 的小球, 小球与车壁之间连接一个弹簧, 如图 1 所示. 当车厢静止于地面时, 小球静止在平板上. 弹簧无拉伸. 当车厢相对于地面以加速度 \vec{a}_0 运动时, 假定先让观察者在地面上观察, 可以看到, 小球逐渐落后于车, 弹簧被拉伸, 产生弹力 \vec{f} 作用于小球上, 达到稳定状态之后, 弹力 \vec{f} 使小球产生加速度 a_0 随车

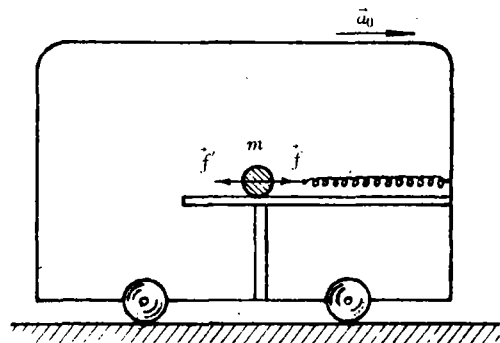


图1 直线加速运动参考系

运动. 此时, 弹簧作用在小球上的力 $\vec{f} = m\vec{a}_0$ 与小球作用在弹簧上的力 $\vec{f}' = -m\vec{a}_0$ 等大反向, 牛顿第三定律成立. 再让观察者在车厢内观察, 可以看到, 小球受弹力 $\vec{f} = m\vec{a}_0$ 作用而相对车厢静止, 牛顿第一、第二定律不成立. 但是, 弹簧作用在小球上的力 $\vec{f} = m\vec{a}_0$ 与小球作用在弹簧上的力 $\vec{f}' = -m\vec{a}_0$ 仍然存在, 并没有因为观察者是在加速运动着的车上来观察而发生了改变. 当 \vec{a}_0 一定时, 弹簧的绝对伸长量就一定, \vec{f} 和 \vec{f}' 也就一定, 与

观察者所处的位置无关,无论是在地面上观察,还是在加速运动的车上观察,所得到作用力 \vec{f} 和反作用力 \vec{f}' 的结果均相同,所以,在加速运动着的车上来观察,弹簧作用在小球上的力 $\vec{f} = m\vec{a}_0$ 与小球作用在弹簧上的力 $\vec{f}' = -m\vec{a}_0$ 等大反向,牛顿第三定律成立.

可见,在直线加速运动的参考系中,弹簧对小球的作用力 \vec{f} 和小球对弹簧的反作用力 \vec{f}' 均随小车加速度 \vec{a}_0 的变化而变化.当 \vec{a}_0 增大时, \vec{f} 和 \vec{f}' 同时增大,当 \vec{a}_0 减小时, \vec{f} 和 \vec{f}' 同时减小,并且有 $\vec{f} = -\vec{f}'$, 牛顿第三定律成立.

2 转动的参考系

先说明匀速转动参考系中的情形.设想一圆盘以匀角速 ω 绕垂直盘面的竖直轴转动.在盘上沿径向开一光滑槽,用弹簧将质量为 m 的小球与圆盘的转轴相连,小球 m 以角速度 ω 随圆盘一起转动.如图2所示.

当观察者在地面上观察,小球 m 作匀速圆周运动,弹簧对小球的拉力 \vec{f} (其大小 $f = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r$) 提供了使小球作圆周运动所必须的向心力.弹簧作用在小球上的力 \vec{f} 与小球作用在弹簧上的力 \vec{f}' 等大反向,牛顿第三定律成立.当观察者在圆盘上观察,小球在弹力 \vec{f} ($f = m\omega^2 r$) 的作用下,相对于圆盘保持静止.牛顿第一、第二定律不成立.但是,弹簧作用在小球上的弹力 \vec{f} 与小球作用在弹簧上的力 \vec{f}' 仍然存在.与观察者所处的位置无关,在匀角速转动着的圆盘上观察和在地面上观察所得到作用力 \vec{f} 和反作用力 \vec{f}' 的结果是完全相同的,所以,在匀角速转动着的圆盘上观察,弹簧作用在小球上的力 \vec{f} 与小球作用在弹簧上的力 \vec{f}' 等大反向,牛顿第三定律成立.

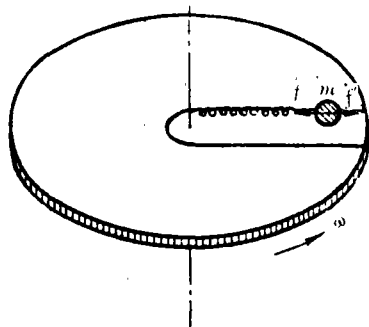


图2 匀角速转动的参考系

当圆盘转动的角速度 ω 变化时, $f = m\omega^2 r$ 随 ω 的变化而变化,但 $\vec{f} = -\vec{f}'$ 却不变,牛顿第三定律仍然成立.可见,在转动的参考系中,牛顿第三定律是成立的.

3 任意运动的非惯性参考系

在图1中,设车厢作任意形式的加速运动, \vec{a}_0 的大小和方向均随时间变化,弹簧作用在小球上的力也将随 \vec{a}_0 的变化而变化,此时,小球的运动较为复杂.对地面上的观察者而言,任何时刻,弹簧作用在小球上的力 \vec{f} 与小球作用在弹簧上的力 \vec{f}' 等大反向,牛顿第三定律成立.对于车上的观察者而言,牛顿第一、第二定律不成立,但是 \vec{f} 和 \vec{f}' 仍然存在,而且不因为是在车上观察发生了改变,虽然 \vec{f} 和 \vec{f}' 都随 \vec{a}_0 变化而变化,但 $\vec{f} = -\vec{f}'$ 不变,牛顿第三定律成立.

综上所述,在非惯性参考系中,牛顿第三定律仍然成立,由此,我们可以推断出如下

结论：

在经典力学中，牛顿第三定律与参考系无关。

参 考 文 献

- 1 须和兴. 力学. 上海：华东师范大学出版社，1991. 90~96
- 2 张达宋主编. 物理学基本教程（第一册）. 北京：高等教育出版社，1987. 42~43
- 3 梁绍荣，池无量，杨敬明主编. 普通物理学（力学）. 北京：北京师范大学出版社，1985. 78~84

Is Newton's Third Law Concerned with Non - inertial Frame of Reference?

Dai Zucheng Wang Kaiyun He Songlin

(Department of Physics, Junior Normal College of Kunming, Kunming, 650031)

Abstract This paper discusses if Newton's Third law is correct in non - inertial frame of reference, and we advance a result that Newton's Third law has nothing concerned with inertial frame of reference.

Key words Newton's Third; law; force; frame of reference; relation

云南省首届科学技术期刊编辑系统优秀编辑工作者评比结果（1997年10月）

（高校部分）

云南大学学报	翟应田 唐民英	大理医学院学报	蒋 康
昆明理工大学学报	陈家学	昆明师专学报	胥 良
昆明医学院学报	梁雅玲	昆明冶金高等专科学校学报	李小微
云南农业大学学报	汪善荣	昭通师专学报	李 祥
云南中医学院学报	吴 帆		
云南民族学院学报	王美行		
西南林学院学报	傅永华		