

狭义相对论力的变换公式的简单推导

魏喜武

(安徽省宣城中学 安徽 宣城 24000)

(收稿日期:2017-03-28)

摘要:在一个运动参考系 S' 中,有一个装有理想气体的正方形盒子,盒子的底面与 xOy 所在的面平行,在 S' 系观测,盒子右、前、上3个面受到沿 x, y, z 轴方向上气体的压力相等. 在静止的 S 系观测,盒子上、下两个面沿运动方向的边长要收缩,在 y, z 轴方向上前、上两个面要受到气体压力也要变化,再由理想气体热力学系统的压强 (p) 与惯性运动无关,就可以得出力的变换的公式.

关键词:相对论 压强 力的变换

1 引言

常见推导狭义相对论力的变换公式,用力等于动量变化率,导出动量变化率的变换,再导出力的变换公式,推导过程既难又繁. 为此,笔者通过假设在不同参考系中存在一个装有理想气体的正方形盒子,根据正方形盒子有关的面在不同参考系受到的力,就非常简单地推导出狭义相对论力的变换公式.

2 狭义相对论力的变换公式的推导过程

如图1所示, S' 系相对 S 系以速度 u 运动,在 S' 系中有一个装有理想气体的正方形盒子,以速度 v 运动 ($u=v$). 设正方形盒子的边长为 l' , 盒子内理想气体的压强为 p , 正方形右边的面 $C'B'E'F'$ 受到的力为 F'_x , 前面的面 $E'F'G'H'$ 受到的力为 F'_y , 上面的面 $D'C'F'G'$ 受到的力为 F'_z , 在 S' 系观测, 正方形盒子静止, 可得

$$F'_x = F'_y = F'_z = l'^2 p$$

在 S 系中观测 S' 系中的盒子与 x 轴平行的正方形边长要缩短, 设其长度为 l , 有

$$l = l' \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

而与 y 轴、 z 轴平行的正方形边长没有变化, 即

$$l = l'$$

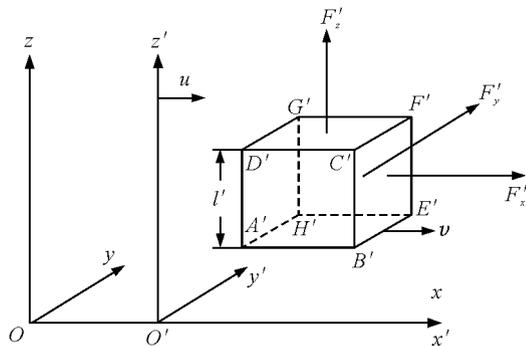


图1 S' 系和 S 系

由于理想气体热力学系统的压强 (p) 与惯性运动无关, 因此, 可以得到

$$F_x = l^2 p = l'^2 p$$

$$F_y = l'^2 p \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

$$F_z = l'^2 p \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

把 $F'_x = F'_y = F'_z = l'^2 p$ 分别代入上面3式, 得

$$F_x = F'_x$$

$$F_y = F'_y \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

$$F_z = F'_z \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

3 结论

设 $\gamma = \left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$, 并分别代入上面3个式子,

关于行星运动模型疑问引发的思考

孙东振

(厦门一中海沧分校 福建 厦门 361000)

(收稿日期:2017-05-27)

摘要:由学生的一个疑问入手,简要分析行星运动模型与双星模型之间的关系.

关键词:日心参考系 质心参考系 双星模型

1 提出疑问

高中阶段一般将行星绕恒星运动近似为匀速圆周运动,在讲授“动量守恒定律”这节课时,有学生发现了一个问题:行星运动模型动量不守恒,以地球绕太阳做圆周运动模型为例,如图1所示,该运动是以地球和太阳之间的万有引力作为向心力,而地球与太阳之间的万有引力是一对相互作用的力,属于内力,若将其他星体对该系统的力忽略掉,那地球与太阳构成的系统应该符合动量守恒定律.由图1可以看出,地球绕太阳转动,系统只有地球存在动量且方向随着圆周运动在不断变化,很显然动量不守恒,那么到底问题出在哪儿呢?

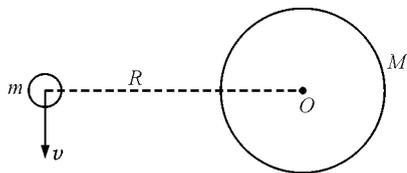


图1 地球绕太阳做圆周运动

2 问题分析与讨论

对于上述问题,笔者起初也是有点迷惑,深入思考之后发现问题出在参考系的选取上.首先我们需要了解,在描述地球绕太阳转动的运动过程中,我们其实默认选取了太阳的中心为参考系,即日心参考系 O ,而实质上该参考系为非惯性系,变换一下参考系,选取日地系统的质心参考系 C (惯性系),如图2所示.

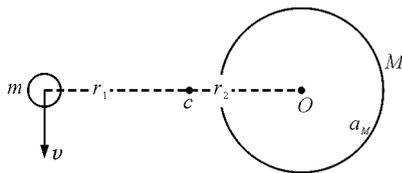


图2 选取日地系统的质心参考系

以太阳中心为参考系的日心参考系 O 相对于质心参考系 C 的离心加速度为 a_M ,则太阳受到的惯性力为 Ma_M ,物体受到的惯性力为 ma_M ,在日心参考系 C 中引入惯性力^[1],则有

$$d(mv) = (M + m) a_M dt \quad (1)$$

其中 v 是地球在日心参考系中的速度,可以看出惯

就可以得出狭义相对论力的变换的公式

$$\begin{aligned} F_x &= F'_x \\ F_y &= \frac{1}{\gamma} F'_y \\ F_z &= \frac{1}{\gamma} F'_z \end{aligned}$$

参考文献

- 1 孟泉水,常琳.热力学若干相对论问题.西安科技大学学报,2004,24(4)
- 2 张三慧,大学物理学.北京:清华大学出版社,1999