

## 高中物理与大学物理中牛顿定律的对比研究

李阿珠 薛婷婷 赵越

(辽宁何氏医学院 辽宁 沈阳 110000)

[摘要] 本文主要是对大学与高中物理中的牛顿定律进行对比研究, 探讨二者之间的关系, 并且探讨引入微积分后, 牛顿定律更具有普遍性。

[关键词] 大学物理; 高中物理; 牛顿定律

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.06.653

## 前言

物理是众多理工科专业的一门基础课, 大学物理包括: 力学, 热学, 电磁学, 光学和原子物理学, 而牛顿定律是力学中最基本的定律之一。牛顿定律是由三定律组成, 是整个力学的基础, 因此, 对牛顿定律的学习至关重要。高中物理中的牛顿第二定律只是大学物理的一个特例, 因此将大学与高中物理中牛顿定律进行对比研究, 为学生以后学习大学物理中的牛顿定律奠定基础<sup>[1]</sup>。

## 一、牛顿定律的对比研究

## 1. 牛顿第一定律

高中物理教材(必修一)中介绍了, 牛顿第一定律为(又称为惯性定律): 一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态, 除非作用在它上面的力迫使它改变这种状态<sup>[2]</sup>。而大学物理(力学)中, 是这样描述的, 牛顿第一定律: 任何物体都将保持静止或匀速直线状态, 直到其他物体对它施加作用力迫使它改变这种状态为止。我们可以发现大学物理和高中物理对于牛顿第一定律内容的描述基本一致。

## 2. 牛顿第二定律

高中物理教材(必修一)中介绍了, 牛顿第二定律为: 物体加速度的大小跟它所受的力成正比, 跟它的质量成反比, 加速度的方向跟作用力的方向相同, 由此可见, 物体只有在做加速度恒定的情况下, 牛顿第二定律才成立。大学物理(力学)中, 牛顿第二定律可分为两种形式表示, 其中微分形式为:

$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$ , 由此可见, 大学物理引入微积分思想后, 问题

就不在局限于匀变速直线运动, 当加速度是变化的, 那么物体所受到变化力的作用<sup>[3]</sup>。积分形式可表示为:  $\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$

, 其中在直角坐标系OXYZ中, 又可以分解成三个分量式:

$\sum_i F_{ix} = ma_x$ ,  $\sum_i F_{iy} = ma_y$ ,  $\sum_i F_{iz} = ma_z$ 。在大学物理中,

还引入了自然坐标, 这样牛顿第二定律的分量式就可以表示为:  $F_t = ma_t = m \frac{dv}{dt}$ ,  $F_n = ma_n = m \frac{v^2}{\rho}$ , 需要注意, 牛顿第二定律只适用于质点的运动, 并且关系式只反映了力与加速度之间的瞬时关系。

## 3. 牛顿第三定律

牛顿第三定律可表示为: 两个物体之间的作用力和反作用力, 大小相等, 方向相反, 作用在同一直线上。高中物理教材和大学物理教材描述基本一致。

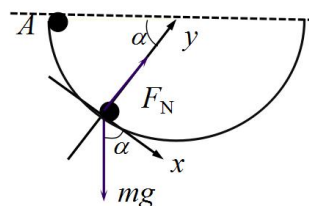
经过对研究发现, 初高中物理和大学物理在牛顿第一、第二定律的描述基本一致, 但牛顿第二定律明显不一样, 高中物理仅局限于一些特殊情况, 例如: 匀速加速直线运动, 而牛顿第三定律在大学物理中给出了更为精确的解释, 可以求解一个运动的瞬时加速度, 进而求出瞬时速度, 运动轨迹等<sup>[4]</sup>。下面我们举例子看一下:

例如: 质量为m的小球最初位于A点, 然后沿半径为R的光滑圆弧面下滑。试求小球在任一位置时的速度和对圆弧面的作用力。

对于这些求解瞬时值的题型, 用高中的牛顿定律是无法进行求解, 尤其是这种瞬时值问题。那么我们应用大学物理中的牛顿定律却可以求解。

如图所示, 我们进行受力分析, 在圆弧上的任意一点建立

直角坐标系, x轴沿着该点的切线方向, y轴沿过该点, 并指向圆心。



X轴方向的牛顿第二定律可表示为:  $mg \cos \alpha = m \frac{dv}{dt}$  (1)

Y轴方向的牛顿第二定律可表示为:  $F_N - mg \sin \alpha = m \frac{v^2}{R}$  (2)

公式我们可以做这样的变形:  $\frac{dv}{dt} = \frac{dv ds}{ds dt} = v \frac{dv}{R d\alpha}$

则上述公式可表示为:  $v dv = Rg \cos \alpha d\alpha$  (3)

将(3)式代入(1)式, 然后两边分别积分可表示为:

$\int_0^v v dv = \int_0^\alpha Rg \cos \alpha d\alpha$  (4)

积分结果为:  $\frac{1}{2} v^2 = Rg \sin \alpha$ , 则速度为:  $v = \sqrt{2Rg \sin \alpha}$  (5)

将公式(5)代入(2), 可得  $F_N = 3mg \sin \alpha$

至此, 我们就算出了, 球在任一位置时的速度和对圆弧面的作用力。

在这里我们需要强调的是, 大学物理中, 明确指出, 牛顿定律的适用条件是惯性系和低速运动的物体, 这里的低速指的是: 质点运动的速度要远远小于真空中的光速。大学物理中也指出, 对于非惯性系统的运动, 我们依然可以应用牛顿定律, 但是需要引入非惯性力。此时, 牛顿第二定律可表示为:  $\vec{F} + \vec{F}_i = m\vec{a}$  (其中,  $\vec{F}$  为作用在物体上的真实合外力,  $\vec{F}_i$  为物理所受到的惯性力)。

## 二、结论

高中物理中牛顿定律是有一定的局限性, 大学物理中牛顿定律可以求解质点瞬时加速度, 速度, 所受力的情况, 同时, 大学物理中对于自然坐标系的引入, 对于一些质点的运动轨迹为曲线时, 也可以求解质点对应时刻的相关物理量。对于微积分的引入, 使我们对于牛顿定律的理解有了更为深刻的理解, 同时, 对于瞬时速度、加速度有了更为清晰, 明确的解释。教师在讲授大学物理中的牛顿定律时, 需要注意学生对于微积分的掌握情况, 洞悉学生学习的不足, 以帮助学生更好的学习和掌握牛顿定律。

## 参考文献

- [1] 李红玉, 关婷. 高考选考背景下的大学物理课程改革措施[J]. 现代职业教育, 2021, (4) (24): 14-15.
- [2] 黄利元. 质点运动学教学方法探析[J]. 理科爱好者(教育教学), 2021, (4) (02): 4-6.
- [3] 张超平. 微积分在大学物理概念教学中的应用[J]. 电子技术, 2021, 50 (03): 118-119.
- [4] 魏荣荣. 浅谈微积分思想在中学物理的应用[J]. 广西物理, 2020, 41 (04): 61-63.