

名师解惑丛书



牛顿运动定律

牟大全 编著

山东教育出版社

名师解惑丛书

牛顿运动定律

李大全 编著

山东教育出版社

名师解惑丛书
牛顿运动定律
牟大全 编著

出版者:山东教育出版社
(济南市纬一路321号 邮编:250001)
电 话:(0531)2023919 传真:(0531)2050104
网 址:<http://www.sjs.com.cn>
发 行 者:山东教育出版社
印 刷:山东新华印刷厂临沂厂
版 次:1998年9月第1版 2001年1月修订第2版
2001年1月第5次印刷
规 格:787mm×1092mm 32开本
印 张:6
字 数:129千字
书 号:ISBN 7-5328-3110-8/G·2808
定 价:5.70元

如印装质量有问题,请与印刷厂联系调换
地址:临沂市解放路76号 邮编:276002
联系电话:(0539) 8222161 转 3009

图书在版编目(CIP)数据

牛顿运动定律/牟大全编著. — 济南: 山东教育出版社, 1998
(2000 重印)

(名师解惑丛书)

ISBN 7-5328-3110-8

I. 牟… II. 牟… III. 物理课—高中—课外读物
IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 527877 号

再版说明

“名师解惑丛书”出版发行以来，以其新颖的编写体例和缜密的知识阐述，深受广大读者青睐，曾连续多次重印。

近几年来，基础教育正发生深刻的改革：“科教兴国”战略深入人心，素质教育全面推进，与此同时，以“普通高等学校招生全国统一考试试卷”为主要载体，所反映出的高考招生改革信息和发展趋势，迫切需要广大教师和莘莘学子以新的视角和思维，关注并投身到这场改革之中。

有鉴于此，我们对“名师解惑丛书”进行了全面修订。此次修订将依然保持被广大读者认同的，每一册书为一个专题讲座的模式，围绕“如何学”，“如何建立知识间的联系”，“如何学以致用”等，帮助广大学生读者解决在学习知识和考试答卷过程中可能遇到的疑难问题。更重要的是，最新修订的“名师解惑丛书”在如何培养学生的创新精神和创造能力，联系现代科学技术及其在日常生产生活中的应用方面，做了较大的充实和修订……

丛书的编写者和出版者相信，您正在翻阅的这本书，将有助于您目前的学习。

AAA01/12



作者的话

牛顿运动定律,一般认定仅由牛顿三定律组成.本书则将万有引力定律包含其中,其主导思想是将高中物理关于力与运动关系方面的问题归纳在一起,以便于读者学习、掌握.

牛顿三定律在高中物理中占有十分重要的地位.由于它——不仅定性,而且定量地——表述了物体运动状态的改变与力之间的关系,其应用十分广泛,所涉及的物理学问题也比较多,所以,本书在剖析牛顿三定律的物理意义和介绍牛顿三定律的研究方法方面,用了较多的笔墨.

本书注重形成有关的知识体系,以便读者构建牛顿运动定律的知识框架;注重介绍物理学的方法论思想,力求形成物理学的方法体系,以便读者在学习物理学知识的同时,掌握物理学的研究方法和学习方法.所以,书中着力分析运动定律建立的史实、总结应用牛顿运动定律解题的要点和步骤.

书中将匀速圆周运动、物体的平衡和有固定转动轴物体的平衡问题归入牛顿第二定律解题的轨道。这一归纳的基础是力是改变物体运动状态的原因。带电粒子在电场中的运动问题、带电粒子在电场和磁场中的运动问题，之所以比较复杂的原因，仅仅是因为带电粒子除受重力、弹力、摩擦力作用之外，还受电场力，或安培力，或洛伦兹力的作用。因此，只要按照书中介绍的力学的解题思路、解题要点和解题步骤去分析，就可正确地解决问题。

为了说明本书介绍的解题要点和解题步骤的效度，书中选取了一些十分典型的例题。书中习题亦是精选的，希望读者能切实按照书中介绍的思想方法、研究方法，按照书中介绍的解题要点、解题步骤，去构筑思路，认真解答这些题目，以求达到把握运动定律的精髓，巩固所学物理学知识、物理学研究方法的目的，以求提高运用所学知识，解决问题的能力。

2000年10月于青岛

作者简介 牟大全，1940年出生。曲阜师范大学物理学教授，中学特级教师，青岛高科技工业园第一中学（曲阜师范大学实验中学）校长。山东省专业技术拔尖人才，山东省教育学会物理教学研究专业委员会副理事长，山东省劳动模范，山东省七、八、九届人大代表。主要著作有《电路》、《高中物理教学辅导》（上册、下册）、《运动定律》、《电磁感应》、《牟大全物理教学艺术与研究》等。

目 录

引 言	1
-----	---

一、力

(一) 力的概念	3
1. 力的物质性	3
2. 力的作用的相互性	4
3. 相互作用力性质的相同性	4
4. 力的矢量性	4
5. 力的作用效果的同时性	4
6. 力的作用的独立性	4
(二) 力的分类	5
1. 重力	5
2. 弹力	7
3. 摩擦力	13
(三) 力的合成与分解	31
1. 合力与分力	31
2. 力的合成	31
3. 力的分解	32

二、牛顿第一定律

(一) 著名的伽利略理想实验	34
----------------	----

(二) 牛顿第一定律的正确性	36
(三) 牛顿第一定律的基础性	36
(四) 牛顿第一定律的独立性	36
(五) 牛顿第一定律的物理意义	37
(六) 关于惯性	37

三、牛顿第二定律

(一) 牛顿第二定律的表述	39
1. 力是使物体产生加速度的原因	39
2. 力和加速度的关系	41
3. 合外力 F 与 ma	41
4. 质量源于牛顿第二定律	41
5. 牛顿第二定律的适用范围	41
(二) 牛顿第二定律的应用	42
1. 运用牛顿第二定律解题的要点	42
2. 隔离体解题法	42
3. 整体法解题法	51
4. 正交分解法	57
(三) 关于牛顿第二定律的临界问题	65
1. 关于牛顿第二定律临界问题的解题思路	65
2. 标志临界条件的关键词	65
3. 常见的临界条件	65
4. 关于临界问题的进一步说明	66
(四) 涉及牛顿第二定律的极值问题	79
1. 运用数学方法求极值	79
2. 借助物理过程分析求极值	87

(五)运用牛顿第二定律的解题技巧	91
1. 巧选研究对象	91
2. 巧选坐标系	94
3. 巧用图象法	96
4. 巧妙分解加速度	97
5. 巧用对称性	99
6. 巧用物理概念	100
7. 巧用数学方法	101
(六)牛顿第二定律——力与运动关系问题的依据	103
1. 匀速圆周运动	104
2. 带电粒子在电场中的运动	110
3. 带电粒子在电场和磁场中的运动	113
4. 牛顿第二定律的特例——在共点力作用下物体的平衡	116
5. 牛顿第二定律运用于转动问题	123

四、牛顿第三定律

(一)牛顿第三定律的表述	130
(二)牛顿第三定律的要点	130
(三)牛顿第三定律的地位	131

五、万有引力定律

(一)万有引力定律的发现过程	135
(二)万有引力定律的应用	137
(三)惯性质量和引力质量	137
(四)重力和重力加速度	138

(五)失重与超重	138
1.视重	138
2.失重与超重	139
3.失重与超重的判断	139
(六)关于卫星	145
1.地球同步卫星	145
2.卫星的稳定环绕运动与变轨运动	145
(七)从万有引力到统一场论	146

六、牛顿运动定律的知识体系和方法体系

(一)学习牛顿运动定律应注意的问题	148
1.力和运动的独立性原理	148
2.力的作用的瞬时性原理	149
(二)牛顿运动定律的知识体系	149
1.力	149
2.牛顿运动定律	150
3.万有引力定律	151
(三)牛顿运动定律的方法体系	152
1.方法体系框架描述	152
2.解题方法的本质	153
练习题	155
参考答案	178

引言

如众所知,力学是研究机械运动规律及其应用的科学.力学的基本原理已渗透到各个领域,力学的研究方法对科学的发展起着极其重要的作用.因此,力学是建造物理学大厦的基石,是研究各门自然科学的基础.

伟大的物理学家、天文学家伽利略,十分重视实验和观察.他的出色的工作,先进的研究方法,使他在定义速度和加速度概念、惯性原理、力的作用原理、运动叠加原理和相对性原理诸方面,为动力学的研究,做出了奠基性的贡献.因此,人们普遍认为,对力学的研究开始于伽利略.但在牛顿之前,还没有人发掘出力学的基本规律.

1642年,伟大的物理学家、数学家、天文学家牛顿,诞生在英格兰林肯郡的沃尔斯索普村,他的父亲在他出生前两个月就去世了.童年时期的牛顿,曾由外祖母和舅

舅抚养,16岁时,和母亲及同母异父的弟弟妹妹生活在一起,家境一直比较困难.1661年6月,牛顿作为减费生考入剑桥大学三一学院.1665年,牛顿大学毕业并获文学学士学位,1668年获硕士学位.比他长12岁的巴洛教授独具慧眼,发现了牛顿在数学方面的特殊才能,并于1669年10月27日推荐年仅26岁的牛顿,接替自己担任卢卡斯讲座教授.

在牛顿所处的时代,文艺复兴运动和地理大发现,使新的资本主义商业和手工业蓬勃兴起,这为科学的发展提供了大量的课题,真正的、系统的自然科学,有可能从统一的自然哲学中分化出来.在当时,出于航海的需要,人们开始注重天象观测和天体研究.哥白尼提出了日心说,开普勒从天文观测大师第谷长达21年的观测资料中总结出行星运动定律.磨坊生产、钟表制造、纺织工业,则要求人们研究地面上的物体运动的情况.伽利略给出了力、加速度等概念,以著名的斜塔实验为依据,发现了惯性定律和落体定律.但遗憾的是,上述这些内涵十分丰富的物理学内容是孤立的、零散的.

牛顿在继承前人科学成就的基础上,通过自己悉心的研究,把地面上物体的运动与天体的运动统一起来,发现了万有引力定律,建立了一整套力学的基本概念,总结出牛顿三定律,出版了人类文明、进步的划时代的巨著《自然哲学的数学原理》,建立了完整的牛顿力学体系.

一、力

人们对力的认识是从用手推动小车、提起重物、拉长弹簧等肌肉活动开始的。在这些活动中，人们只要感到肌肉紧张，就说人对有关物体施加了力。

力也可以由无生命的物体来作用，伸长的弹簧对与它两端相连的物体施加力的作用，被压缩的空气对盛它的容器器壁施加力的作用，机车牵引或推动列车前进，无生命的物体对物体也能产生力的作用。

(一)力的概念

力是物体对物体的作用。力的概念的这一表述是人们从日常生活和生产实践中总结、抽象、概括出来的。

1. 力的物质性

力既然是物体对物体的作用，那么，力就不能离开物质而存在。力一定由物体施出，即有施力物体；力必须作用在物体上，

即有受力物体,两者失去一方,便失去力存在的基础,就失去力的意义。

2. 力的作用的相互性

力是物体间的相互作用,施力物体给受力物体以力的作用,同时,受力物体也给这一施力物体以力的作用。

3. 相互作用力性质的相同性

受力物体受到施力物体的弹力作用,施力物体同时受到受力物体给予的弹力的作用。用手敲桌面,手对桌面的作用力是弹力,桌面对手的作用力也是弹力。同样,受力物体受到施力物体摩擦力的作用,施力物体同时受到受力物体给予的摩擦力。

4. 力的矢量性

力是矢量,力的大小、方向、作用点称为力的三要素。力的大小可用测力计测量。力的描写可运用图示法,即从力的作用点出发,沿着力的方向作一带箭头的线段,用线段的长度表示力的大小,箭头的方向表示力的作用方向。力的运算必须运用力的平行四边形定则。

5. 力的作用效果的同时性

力能使受其作用的物体发生形变,受到力的作用不发生形变的物体是不存在的;力能使受其作用的物体的运动状态发生变化,力是使物体产生加速度的原因。力的作用效果的同时性表现在:有力存在,其作用效果存在;力的作用停止,其作用效果随即消失。

6. 力的作用的独立性

一个力对物体的作用效果,或引起物体形变,或改变物体

的运动状态,或既使物体发生形变又改变物体的运动状态,均不因有其他力的存在而有所变化,这便是力的作用的独立性.

(二)力的分类

1. 重力

由于地球对物体的吸引而使物体受到的力叫重力.重力的大小可用关系式表示为 $G = mg$. 式中, m 为物体的质量、 g 是重力加速度.重力的大小在数值上等于物体保持静止时拉紧竖直悬线的力,或物体保持静止时压在水平支持面上的力.

(1)重力是由地球对物体的万有引力产生的

实质上,物体所受的重力是由地球对物体的万有引力产生的,但重力不等于地球对物体的万有引力!这是因为,位于地球上的物体随地球自转而做圆周运动,万有引力的一个分力要作为向心力,物体受到的重力仅是万有引力的另一个分力!所以,重力与万有引力不仅大小不同,而且方向也不同.只是,有时为简化问题,近似地认为重力等于万有引力,即

$$mg = G \frac{Mm}{(R+h)^2}.$$

式中, M 为地球的质量、 R 为地球的半径、 h 为物体距地面的高度、 m 为物体的质量.

(2)重力与物体在地球上的位置有关

由上式可见,物体所受的重力,与其处在地球上的位置有关.这是因为,地球近似为一椭球体,万有引力的大小与两物体间距离的平方成反比.物体在两极处,地球对它的万有引力最大,所需的向心力为零,重力最大;物体处在赤道处所受的

万有引力最小,需提供的向心力最大,重力最小.物体离地面越高,距地心的距离越大,物体受到的万有引力越小,重力亦越小.

(3)重心

物体各部分均受重力的作用,各部分重力的合力的作用点,就是物体的重心.

处在地球表面附近,对较小的物体,它各部分的重力的合力作用点——重心的位置不变,且重心与质量中心重合;对较大的物体,重心不一定与质心重合,重心的位置随物体的位置而有所变化,但物体只有一个重心.

质量分布均匀又有规则形状的物体,它的重心在它的几何中心上.质量分布不均匀的物体,它的重心的位置不仅与物体的形状有关,而且与物体的质量分布情况有关.

重心的位置可能在物体上也可能在物体外.用悬挂法测一把质量分布均匀的直角尺的重心可见,直角尺的重心并不在直角尺上.

物体变形时,它的重心的位置可能发生变化.将一均匀直铜丝从中间弯成直角,则它的重心即从铜丝内部移至外部.

(4)重力与压力决不是同一力!

当物体放在水平支承面上,且物体的加速度 $a = 0$ 时,物体给予支承面的压力在数值上与其所受的重力相等,但重力与压力决不是同一力!

重力与压力的实质不同.重力是由于地球的吸引而使物体受到的力,其实质是一种引力;压力是物体与支承面相互接触、相互挤压时产生的力,其实质是一种弹力.