

名师解惑丛书



运动定律

牟大全 编著

山东教育出版社

名师解惑丛书

运 动 定 律

牟大全 编著

山东教育出版社

1999年·济南

名师解惑丛书

运动定律

牟大全 编著

出版发行：山东教育出版社

地 址：济南市纬一路 321 号

出版日期：1998 年 9 月第 1 版

1999 年 5 月第 2 次印刷

印 数：5001—7000

用纸规格：787 毫米×1092 毫米 32 开

4.75 印张 97 千字

制版印刷：山东新华印刷厂临沂厂

书 号：ISBN 7-5328-2714-3/G·2492

定 价：3.50 元

出版说明

古之学者必有师，师者，所以传道受业解惑也。有感于此，组织部分长年在一线执教、经验丰富的著名教师，以专题讲座形式编辑出版一套限于中学理科知识框架内，源于教材但有些内容又略高于教材的，高级中学数学、物理学、化学“名师解惑丛书”是我们多年的想法和愿望。

两年多来，山东教育出版社理科编辑室经过广泛的调研，以及与部分学生和老师们们的座谈，我们的初衷不断得到升华，并与作者就丛书的特色取得如下共识：

每册书即为一个专题讲座，其内容由若干教学过程中反映出的疑难知识点组成，通过对典型例题的分析，剖析疑难知识点，帮助学生理清思路，进而达到融会贯通的目的。

每册书通过对知识的综合，帮助学生将过去所学的知识按专题进行系统的归纳和总结；通过适当介绍一些学科知识自身发展的逻辑规律，给学生有关学科思想方法方面的启迪。

总之，这套丛书企盼达到启迪思维、拓宽知识、培养兴趣的目的，以提高学生分析问题和解决问题的能力。

前 言

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学中关于力与运动关系方面的问题归纳在一起，以便于高中学生学习、掌握。

牛顿三定律在高中物理学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，因此，作者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。

《运动定律》一书，力求为同学们构建一个知识框架，介绍物理学的学习方法、研究方法。所以，书中着力分析运动定律建立的史实、总结应用运动定律解题的要点和步骤。

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，读者在学习这些例题时，切记：不要为例题划分类型！为例题划分类型是学习物理学的末节！作者认为，书中所举例题只有一个类型——各题均归入书中所介绍的解题思路、解题要点和解题步骤。

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。

书中习题是作者精选的，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，巩固所学物理学研究方法和解题方法的目的。

编者

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	(3)
3. 相互作用力性质的相同性	(3)
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	(4)
1. 重力	(4)
2. 弹力	(6)
3. 摩擦力	(11)
(三) 力的合成与分解	(24)
1. 合力与分力	(24)
2. 力的合成	(24)
3. 力的分解	(25)

二、牛顿第一定律

(一) 著名的伽利略理想实验.....	(27)
(二) 牛顿第一定律的正确性.....	(28)

(三) 牛顿第一定律的基础性	(29)
(四) 牛顿第一定律的独立性	(29)
(五) 牛顿第一定律的物理意义	(29)
(六) 关于惯性	(30)

三、牛顿第二定律

(一) 牛顿第二定律的表述	(31)
1. 力是使物体产生加速度的原因	(31)
2. 力和加速度的关系	(32)
3. 合外力 F 与 ma	(33)
4. 质量源于牛顿第二定律	(33)
5. 牛顿第二定律的适用范围	(33)
(二) 牛顿第二定律的应用	(33)
1. 运用牛顿第二定律解题的要点	(33)
2. 隔离体解题法	(34)
3. 正交分解法	(44)
(三) 牛顿第二定律——力与运动关系问题的依据	(70)
1. 匀速圆周运动	(71)
2. 带电粒子在电场中的运动	(77)
3. 带电粒子在电场和磁场中的运动	(80)
4. 牛顿第二定律的特例——在共点力作用下物体的平衡	(84)
5. 牛顿第二定律运用于转动问题	(91)

四、牛顿第三定律

(一) 牛顿第三定律的表述	(98)
(二) 牛顿第三定律的要点	(98)

(三) 牛顿第三定律的地位	(99)
---------------------	------

五、万有引力定律

(一) 万有引力定律的发现过程	(101)
(二) 万有引力定律的应用	(103)
(三) 惯性质量和引力质量	(104)
(四) 重力和重力加速度	(104)
(五) 失重与超重	(105)
1. 视重	(105)
2. 失重与超重	(105)
3. 失重与超重的判断	(106)
(六) 从万有引力到统一场论	(111)

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	(113)
1. 力和运动的独立性原理	(113)
2. 力的作用的瞬时性原理	(113)
(二) 牛顿运动定律的知识体系	(114)
1. 力	(114)
2. 牛顿三定律	(115)
3. 万有引力定律	(116)
(三) 牛顿运动定律的方法体系	(117)
练习题	(119)
参考答案	(142)

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。

对力学的研究开始于伽利略，但在牛顿之前，还没有人去发掘力学的基本规律。

1642年，伟大的物理学家、数学家、天文学家牛顿诞生在英国的林肯郡，1665年毕业于剑桥大学。由于他在数学方面的特殊才能，26岁就成为数学教授。

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。

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。

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。

物体所受到的重力，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到的万有引力最小，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。

(1) 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跟物体形状有关，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。

(2) 重力与压力

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到的重力相等，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，其实质是一种引力作用；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。

重力与压力的施力者和受力者不同。对于重力，地球是施力者，物体是受力者；对于支承面受到的压力，物体是施力者，支承面是受力者。

重力和压力的方向不一定相同。对于水平支承面而言，重力和压力的方向相同，皆沿竖直方向向下。若物体放在斜面上，物体对支承面的压力总是垂直于支承面，此时，重力与压力的方向不相同。

重力和压力的大小不一定相等。在地球某处，一物体的重力是一定值，但物体对支承面的压力的大小却与支承面如何放置、支承面的运动状态有关。若物体放在倾斜的支承面上，则重力和压力的大小、方向皆不相同；若物体和水平支承面有竖直方向的加速度，则重力和压力的大小不再相等。

2. 弹力

发生形变的物体，由于要恢复原来形状，对跟它相接触

的物体会产生力的作用，这种力叫弹力。根据弹力的作用效果，弹力可分为拉力、推力、压力、支持力、张力和液体对浸入其中的物体所施加的浮力。

(1) 弹力产生的条件

由弹力的定义可知，不论是两个相互接触的物体之间，还是同一物体内部两相邻部分之间，只要有弹性形变发生，就一定有弹力存在。因此，产生弹力的条件可表述如下：

两物体相互接触；

两物体在接触处有因相互挤压或拉伸而产生的弹性形变。

(2) 弹力的大小和方向

弹力的大小受迫使物体形变的外部作用制约。从剖析物体形变特征入手，利用胡克定律 $F=kx$ 可求出弹力的大小。式中， k 为弹簧的劲度系数， x 为形变量。

在未知物体的形变量的情况下，可从弹力产生的原因入手，通过分析物体的受力情况和运动状态，利用牛顿第二定律求解。

弹力的方向总是指向发生形变的物体恢复原形的方向，弹力的作用线总是通过两物体的接触点并沿其接触点共切面的垂直方向。

绳子（或线）只能因受拉力而发生形变，即绳子只能承受拉力。因此，弹力的方向总是沿着绳子指向绳子收缩的方向。物体放在支持物上，支持物因其形变而产生弹力——作用在物体上的支持力，这种弹力的方向总是垂直于支持面指向被支持的物体。

(3) 弹力是被动力

弹力产生的原因是，跟物体相接触的外部作用导致物体的形状或体积的改变，而形变是通过物体内部大量分子间距的改变来实现的，即弹力是发生形变的物体的大量分子间相互作用力的宏观表现，弹力的表现形式是反抗物体被迫形变，所以，弹力是被动力！

〔例 1〕 如图 1—1 所示，水平面上的小车中有两根不可伸长的细绳 OA 、 OB 系住质量为 m 的质点。其中，细绳 OB 沿水平方向， OA 与竖直方向间的夹角为 θ 。当小车

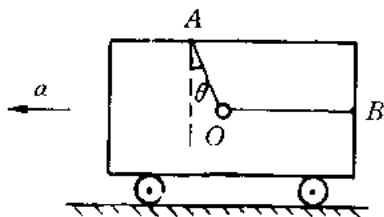


图 1—1

由静止开始，以水平向左的加速度 a 运动时，若加速度 a 由零逐渐增大， OA 、 OB 两绳的拉力 T_A 、 T_B 将如何变化。

分析：孤立这一质点，分析质点受到的力：重力 mg ，两细绳对它的拉力 T_A 、 T_B ，如图 1-2 所示
选取坐标系。

据牛顿第二定律列方程。

解：当小车静止时，质点处于平衡状态，即

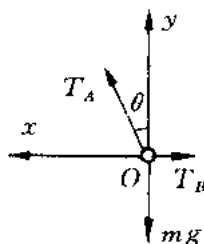


图 1-2

$$T_A \cos \theta - mg = 0,$$

$$T_A \sin \theta - T_B = 0.$$

$$T_A = \frac{mg}{\cos \theta},$$

$$T_B = mgtg\theta.$$

若小车沿水平方向以加速度 a 行驶时，据牛顿第二定律得