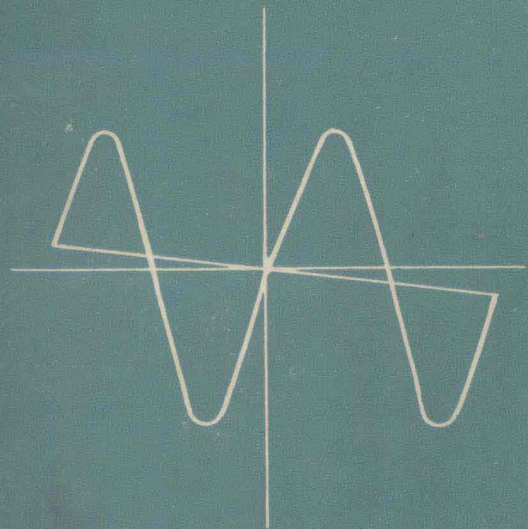




Gaozhong Wulizhishi Jiegou Tujie

高中物理知识结构图解

魏子鑫 编著

西安交通大学出版社

高中物理知识结构图解

魏 子 鑫 编著

西安交通大学出版社

内 容 简 介

高中物理公式众多，概念纷繁。许多学生用了很大精力，得到的往往是一大堆关系式，理不出头绪，更难以结合实际条件来灵活应用。有时找一些参考读物，也往往是课本的摘要、解释，或者是许多例题、习题，不能完全解决上述问题。

本书作者是一位富有教学经验的物理老师，经过多年的钻研和修改，按照现行中学物理教学大纲，设计了19幅图表，用图解的方式总结了高中物理主要内容，并且形象生动地阐明了事物的内在联系。分量不大，功效不小。在许多中学试用得到很大成功。现在公开出版，请广大高中物理老师和同学都来试用。

原稿曾被1988年全国师专中学教学法首届代表会评选为优秀作品，这次出版时又作了一些改进。

高中物理知识结构图解

魏 子 鑫 编著

责任编辑 吴寿煌 房立民

*

西安交通大学出版社出版

(西安市咸宁路28号)

西安交通大学出版社印刷厂印装

陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

*

开本787×1092 1/16 印张2.75 字数：61 千字

1989年1月第1版 1989年1月第1次印刷

印数：1——50000

ISBN 7-5605-0205-9 G·20 定价：1.20 元

《高中物理知识结构图解》(以下简称《图解》)是山西省左云一中物理教师魏子鑫同志根据高中物理课本(甲种本),结合教学大纲,借鉴了苏联教育学家沙塔洛夫的“纲要信号图表教学法”编绘而成的。

《图解》共19幅。每幅对应于教材上一个或数个内容相关的章节,抓住各部分知识的主干,突出中心概念、建立概念系列,围绕教学中心,展开知识结构,形成了因内容而异、各具特色的整体布局和表现形式。图解综合性强、覆盖面广、条理清楚、系统地揭示了高中物理知识间的内在联系,巩固了“知识点”、形成了“知识链”、编织了“知识网”。分开来,各幅图解自成体系,是清晰、简明扼要的单元知识“集成块”;合起来,是统观高中物理基础理论的“俯瞰图”。与图解对应的文字说明有3万余字,是对各章节内容的高度概括与总结,文字与图解相互映照、相辅相成。《图解》中还插入了近40位物理学家的肖像,作为物理学史在中学物理中的渗透,旨在激发青年学生热爱科学,追求真理的求知欲。

这本书首先可作为高中学生在学习、复习高中物理过程中辅助性读物,也是青年教师备课、讲课时的案头参考资料;中师和职业中学的师生可从中找到借鉴之处,师专、教育学院以及师范院校物理专业的学员从研究中学物理教学法,掌握中学物理知识结构体系这个角度出发,这套《图解》也不失为一块“引玉之砖”。

本书的作者魏子鑫同志在长期的物理教学实践中,一边教学,一边摸索,日日积累,月月总结,年年修改,届届充实,历时十数年,几易其稿,付出了大量艰辛的劳动,才完成了《图解》的著述任务。

《图解》于1986年10月脱稿后,曾先后在《左云科技》,《雁北科技》特辑、《山西科技报》上全部或部分刊登发表;1987年12月山西省物理学会又将其收入到该会当年年会的论文集中;1988年3月在榆次召开的“全国高校教材交流讨论会”上,师专分委员会向西安交大出版社推荐;1988年8月在湘潭师院主办的“暑期全国高师中学物理教育讲习班”和“全国师专中学物理教学法首届代表大会”上,被评为优秀论文并对《图解》作了正式鉴定。认为:“魏子鑫同志编写的《高中物理知识结构图解》是目前中学物理教学改革的一项优秀成果,《图解》构思新颖、条理系统、形象直观、重点突出、便于掌握、易于记忆,具有较高的实用价值,可推荐给高中师生作为参考读物”。

沙塔洛夫新教学法的核心是“纲要信号图表”。在这个图表中提纲挈领、重点突出、简明扼要地概括了学生所需掌握的知识,它既是覆盖面广、综合性强的大容量的知识贮存系统,又能符合学生思维规律和心理特征,以知识结构的内在美和表达手段的形式美吸引学生,使学生对学过的知识完整接受、便于巩固、记忆。采用这种教学法,不但能减轻学生负担,提高教学质量,而且使教与学的过程,成为一种愉快的劳动。

历时十年,作者一直在对这种新教学法摸索、探求、总结。从理论上讲,图解教学法首先是顺应了现代教学思想,注意发展、培养能力。因为师生通过图表的编制与使用,对发挥学生的联想能力和视觉记忆能力、提高学生逻辑思维、综合概括能力起到极大的积极作用。由于学生学习的是间接的理论知识,三年时期在有限的课时内要接受近两千年来物理学的基础理论,谈何容易!“学海虽无涯,绝非只有苦作舟”。这套图解恰恰是为学生提供了一套攀登理论山的“吸盘”;从方法论和认识论的角度来看,《图解》使知识

整体化、直观化、形象化、注重了变式思维的作用,让学生从各个角度兼收并蓄,显然能起到激发内部诱因,培养发展思维能力的作用;从教学内容来看,19幅图表覆盖了1034页教材的内容,揭示了教材的内在联系,在纵横交错的知识网中,以求知的横向广度,求得深度;从教学过程的认识论来看,传统的教学过程只强调了刺激对反映的单值函数关系,因而导致了所谓“书读千遍,其义自见”的教条,而现代教学过程的认识论则强调了刺激个体因素对反映的左右能力。教学过程不应是单一的认识过程,应是一个发展的过程,信息传输、反馈、控制的过程。《图解》作为一种集成块式的信息传输单元,正符合了现代教学过程的认识论。从教学论的观点看,《图解》符合中学生的思维逻辑。从教材教法角度看,我们不仅要研究教师应当如何教的教法规律,而且应当致力于指导学生如何学的学法规律,《图解》对于后者是具有积极意义的。从心理学和教育学的角度看,《图解》对于扩大注意范围,提高感知效率,培养记忆品质,牢固掌握知识,贯彻教学原则,提高教学质量,强化基础理论,端正复习方向,都起到了积极作用。

总之,在科学技术成为生产力的时代,在知识爆炸的年代,学生心理随时代变化的今天,我们的教学手段也应走向定量化、高效化、最佳化,本《图解》正是向这个目标迈进的一种大胆尝试。

作者曾先后在山西省教育学院、晋中师专、榆次市部分中学等处讲学,并参加了山西省物理学会年会,全国高校物理教材交流会、全国高师中学物理教育讲习班、全国师专物理教学法首届代表大会,《图解》受到全国各地专家、学者的好评,基本肯定了《图解》的应用价值。如山西省教育学院物理专业的100多名学员听完作者的讲解后,反映说:“不仅学生需要它,青年教师也需要”。山西省教育学院物理系主任田德恒教授对《图解》就作了高度评价:“《图解》概括了高中物理(甲种本)的全部理论内容,概念正确清楚,相互关系显明,既符合物理规律,又符合学生的逻辑思维,是一套很好的高中物理章节总结复习图表,值得向全国各地的高级中学推荐参考”。

山西师范大学教育科学研究所副所长田世昆副教授、山西大学物理系丁士章副教授、北京师范学院物理系甄长荫副教授、南开大学物理系潘忠诚副教授、哈尔滨师专物理系阎喜杰教授、北京高等教育出版社邹延肃编审、雁北师专物理系周业统副教授、李海讲师等都认为《图解》的编写独具匠心,对提高中学物理的教学质量、培养学生正确掌握物理学知识和逻辑思维能力都很有价值,他们都为《图解》提出了具有指导性的参考意见,作者对《图解》的许多地方又作了重要的修改,逐渐趋于成熟、完善。

我作为师专分会的负责人之一和一名普通的物理教师,对魏子鑫同志这种勤恳钻研,大胆探索、注意积累的精神十分赞赏,我热切希望《图解》能成为师范院校师生、各类中等学校师生的一本好的参考读物,并在广大读者的关怀下不断充实和完善,对提高中学物理教学质量起到有益的作用。

中国物理学会师专分会 吕学光

1988.9.17.于榆次

目

录

前言

一、静力学	(3)
二、直线运动	(5)
三、运动定律	(7)
四、曲线运动万有引力定律	(9)
五、功、能、动量	(11)
六、机械振动和机械波	(13)
七、流体静力学	(15)
八、气体性质	(17)
九、固液性质, 物态变化	(19)
十、电场	(21)

十一、稳恒电流	(23)
十二、物质的导电性	(25)
十三、磁场	(27)
十四、电磁感应	(29)
十五、交流电	(31)
十六、电磁振荡	(33)
十七、几何光学	(35)
十八、光的本性	(37)
十九、原子物理	(39)
后记	(40)

目

录

前言

一、静力学·····	(3)
二、直线运动·····	(5)
三、运动定律·····	(7)
四、曲线运动万有引力定律·····	(9)
五、功、能·动量·····	(11)
六、机械振动和机械波·····	(13)
七、流体静力学·····	(15)
八、气体性质·····	(17)
九、固液性质, 物态变化·····	(19)
十、电场·····	(21)

十一、稳恒电流·····	(23)
十二、物质的导电性·····	(25)
十三、磁场·····	(27)
十四、电磁感应·····	(29)
十五、交流电·····	(31)
十六、电磁振荡·····	(33)
十七、几何光学·····	(35)
十八、光的本性·····	(37)
十九、原子物理·····	(39)
后记·····	(40)

物体平衡有条件 受力分析是关键

深刻理解力的概念、牢记物体平衡的两个条件、熟练掌握三种方法，是学好“静力学”乃至整个力学的关键。

物之不存，力将安在？要认识力的物质性、理解其矢量性；从牛顿第三定律中体会力的相互性、对偶性；合力与分力之间具有等效性……。总之，洞悉力的诸性将有助于理解上的升华。

力的两效应是指物体受到外力作用后，运动状态和形状、体积的变化。而牛顿第二定律和胡克定律分别表述了两种效应的客观规律。力的大小、方向、作用点则是分析一个力时缺一不可的三要素。

受力分析的正确与否，是解决力学问题成败的关键。其中虽无定则可循，但首先应当把研究对象从纷杂的事物中隔离出来，然后考查其周围是否有重力场、静电场、磁场等存在，考虑相应的场对其施加的力如重力、电场力、洛伦兹力、安培力……等。其次，再考虑它的邻居对它所加的接触力如弹力、摩擦力……等。

凡两个互相接触的物体相互挤压、发生形变时，物体内部立即出现企图使物体恢复到形变以前状态的弹力。弹力与形变共存亡，弹力的大小与形变量成正比，它的方向与形变方向相反，且总是垂直于接触面。胡克定律 ($F = -kx$) 反映了在弹性限度内弹力与形变之间的依存关系。

两个相互接触的物体有相对运动（或趋势）时，必然存在摩擦力。物体间摩擦力的性质随物体运动状态变化而异，包含着量变到质变的过程。如外力 F 使物体 m 相对于地面有运动的趋势时，静摩擦力 f 随即出现与 F 抗衡，双方相互依存， f 随着 F 的增大而增大，二者总是等值、反向，构成一对平衡力，形成物体“欲动而静”的局面。当 f 随 F 增大到最大静摩擦力 f_m 时， f 与 F 的依存关系破裂、物体开始滑动，摩擦力的性质发

生了质的变化。出现了与滑动摩擦系数 μ_k 、正压力 N 有关的滑动摩擦力 f_k 。当 f_m 出现之时，正是摩擦力由量变到质变的飞跃点。明白这个哲理，对正确分析摩擦力其益非浅！

平行四边形法则是从共点力的合成实验中得到证实的，是一切矢量的合成与分解中普遍适用的法则（简化形式是三角形法则）。由此外推出诸矢量合成的多边形法则。力的合成具有唯一性，但力的分解是一个不定解问题（以一条线段为对角线的平行四边形有无数个）。所以在力的分解中：可根据效果定出分解的方向，按照平行四边形法则求大小。

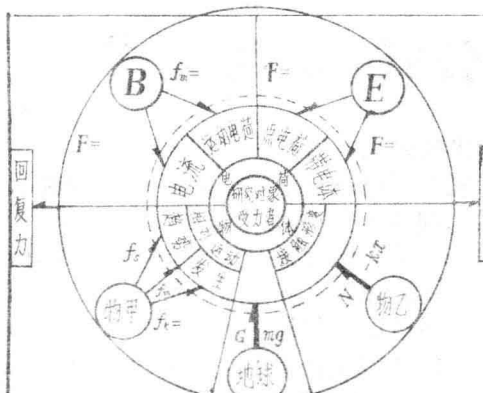
用正交分解法处理受力纷杂、方向各异的力学问题时，显得格外简练，思路清晰。只是在选定坐标系时，应视物体的运动状态或题目的要求灵活掌握，不可拘于一格。

牛顿第一定律从正面说明了惯性是一切物体固有的属性，从反面揭示了：力是使物体产生加速度的原因。故当 $\Sigma F = 0$ 时，物体运动状态不发生变化，或静止、或保持匀速直线运动状态不变。

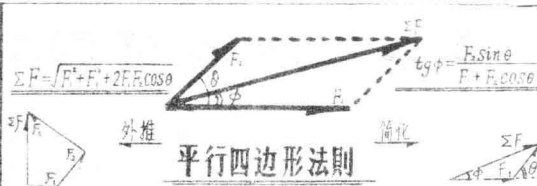
刚体转动定律指出：力矩是使刚体产生角加速度的原因。所以， $\Sigma M = 0$ 时，有固定转轴的物体的转动状态不发生变化，或静止、或保持匀速转动状态不变。

共点力作用下物体的平衡条件是 $\Sigma F = 0$ ；有固定转轴物体的平衡条件是 $\Sigma M = 0$ 。深究一步，一般物体的平衡条件，则应将两个条件同时加以制约： $\Sigma F = 0$ ，保证物体不发生平动； $\Sigma M = 0$ ，保证物体不发生转动（当然这里指的是静平衡）。

我们把物体受到外力作用，重心位置变化后，能否回到原来的位置，作为区别平衡种类的标志。物体的稳度取决于重心的高低和支面的大小。



受力分析



平行四边形法则

(唯一性)

力的合成

力的分解

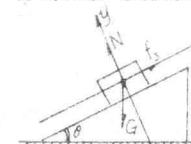
(不定解)

可根据果定方向
依因法则求大小

合力

对于同一对角线
可画无数四边形

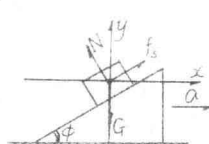
视具体情况，选定合适的坐标系：



物体静止于斜面上：

$$G \cdot \sin \theta - f_s = 0$$

$$G \cos \theta - N = 0$$



物体与斜面相对静止：

$$f_s \cos \theta - N \sin \theta = ma$$

$$f_s \sin \theta + N \cos \theta = G$$

正交分解

分类	按效果分		(压力、支持力、动力、阻力、向心力、回复力、驱动力...)	
	按性质分	按效果分	按性质分	按效果分
摩擦力	静摩擦力	f_s	接触面粗糙	物体间有相对运动趋势
	滑动摩擦力	f_k	接触面粗糙	物体间有相对运动
	滚动摩擦力	f_r	接触面粗糙	物体间有相对运动
弹力	弹性力		有弹性	
	重力		地球的吸引产生	
三要素		(产生原因)	大小	方向

使物体运动状态发生变化：	静止 → 运动； $v_1 \neq v_2$ ；改变速度的方向
使物体的形状、体积发生变化：	拉伸、压缩、弯曲、扭转、剪切
物体对物体的作用	
方向	物之不存在，力将要在？
矢量性	物质性
	相互性
	对偶性

规定 → 正方向

$\Sigma F = (+F_1) + (-F_2)$

牛顿第三定律

1642—1727

$F = -F'$

异体、等值、反向、同线、(同性、同生义)

稳定

下稳

随遇

降低重心

增大支面

增大稳度

力偶

力偶矩

$M = F \cdot d$

力矩

$M = F \cdot l$

先找点(轴)

再画线(力线)

定点到线引垂线

定义

平衡

条件

举例

共点力作用下的物体：

$\Sigma F = 0 \begin{cases} \Sigma F_x = 0 \\ \Sigma F_y = 0 \end{cases}$

有固定轴力的物体：

$\Sigma M = 0$

一对平衡力

同体、等值、反向、同线、(不一定同性)

辨析十八概念, 首当其冲 推证四个公式, 灵活运用

宇宙间到处都充满着不依赖于人的意识而存在的物质, 谓之世界的物质性。一切物质总是在不断地发展、变化着。运动是物质固有的根本属性, 是一切物质形态存在的基本方式。

力学中所讨论的各种运动局限于机械运动的范畴, 系指物体与物体间或物体的一部分与另一部分间相对位置的变动。

在研究物体运动时, 从研究问题的性质出发, 忽略某些次要的因素, 塑造出便于研究问题的理想化模型。例如质点、刚体就是这种科学抽象的概念。质点平动和刚体转动规律的学习, 为我们研究比较复杂的运动奠定了最基本的理论基础。

借助于坐标系, 我们可以确定出在某时刻运动质点在空间中的位置。

物体运动是无条件的、绝对的。同一个运动着的物体相对于不同的其它物体来说, 它的运动状态是不同的。因而, 我们在研究某物体的运动规律时, 有必要事先选择一个被我们假定不动的物体——参照物, 作为研究运动物体位置变化的标准。质点的位置变化形成了位移。位置对应于时刻, 位移则对应于时间。位移是指运动质点始末位置间的有向线段, 是矢量。路程则是质点运动轨迹的总长度, 属标量。

速度是描绘质点运动状态的物理量之一, 它反映了物体运动的快慢和方向。匀速直线运动中, 位移和时间的比值就是速度。变速直线运动中, 位移对时间的变化率 $\Delta s / \Delta t$ 可确定质点的平均速度 (路程对时间的变化率是平均速率)。对平均速度求极限, 可得到运动质点在某一时刻 (某一位置) 的即时速度值。

一个运动物体的加速度反映了运动物体速度 (大小、方向) 变化的缓急。平均加速度在数值上等于速度的改变量对时间的比

值 $\Delta v / \Delta t$ 。对其求极限则可得即时加速度。

意大利物理学家伽利略, 对小球在斜槽中的运动经过长时间的观察和大量实验, 研究出匀变速直线运动的速度、位移、加速度和时间之间的内在联系。图表正中的两个基本公式及其推论被人们称为“匀加速运动定律”。应用这个带指导意义的普遍性原理, 对常见的匀速直线运动、匀加速直线运动 (自由落体、竖直下抛)、匀减速直线运动 (竖直上抛), 坚持具体问题具体分析, 分辨各种运动矛盾的特殊性 (初速度 v_0 、加速度 a 的特征), 各种运动的规律就迎刃而解了。

初速度为零的匀加速直线运动的三个特征为我们从位移 (速度) 和时间的关系上直接洞察该种运动的存在提供了捷径。

匀变速直线运动的特征是加速度恒定。从用打点计时器研究匀变速直线运动规律的实验中, 推导出的两个公式: $\Delta s = at^2$; $v_n = (d_{n+1} - d_{n-1}) / (2t)$ 为我们提供了匀变速直线运动的判据式和即时速度的测算方法。根据各点即时速度值绘制出匀变速直线运动的 $v - t$ 图线, 从图线的斜率上又可精确地测算它的加速度的大小。这一整套研究匀变速直线运动规律的实验方法, 是运动学、动力学实验中最基础的手段。务必学通弄懂, 以求达到举一反三, 触类旁通的目的。

从函数图象上分析物理规律, 直观、形象。从变速直线运动的 $s - t$ 图象的斜率可求出速度, 从 $v - t$ 图线的斜率可求出加速度, 从 $v - t$ 图线与两轴围成的面积可求出相应的位移 (竖直上抛运动的 $v - t$ 图线中 t 轴下方的面积是负位移)。掌握这些规律的深远意义在于: 培养同学们分析物理图线的能力, 由此及彼、由表及里、就可“以不变应万变”。

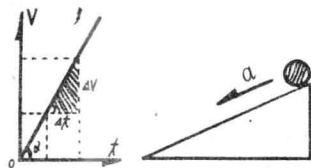


伽利略
Galileo Galilei
1564—1642

初速度为零的匀加速直线运动具有的三个特征：

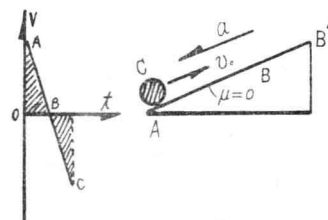
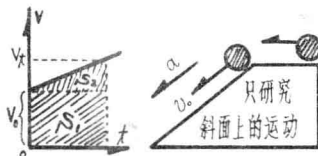
$$v_1 : v_2 : v_3 : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots ; S_1 : S_2 : S_3 : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots$$

$$S_1 : S_2 : S_3 : \dots = 1^2 : 2^2 : 3^2 : \dots$$



$$k = tg\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} = a$$

$$S = S_1 + S_2 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

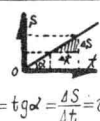


$$S_m = \overline{AB} = \frac{v_0^2}{2a}$$

$$t_{AB} = \frac{v_0}{a}$$

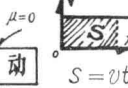
$$t_{AB} = t_{BC}$$

$$v_A = -v_C$$



$$k = tg\alpha = \frac{\Delta s}{\Delta t} = v$$

匀速运动



$$S = vt$$

匀加速直线运动

$$v_0 = 0$$

$$a > 0$$

匀加速直线运动

$$v_0 \neq 0$$

$$a > 0$$

匀变速运动判据

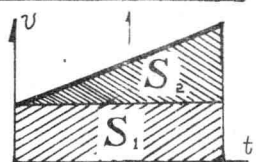
$$\Delta S \neq at^2$$

$$v_t^2 - v_0^2 = 2as$$

推论

$$S = \frac{v_0 + v_t}{2} \cdot t$$

$$S = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$



$$v_t = v_0 + at$$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \bar{a} = \frac{v_t - v_0}{t}$$

匀减速运动

$$v_0 \neq 0$$

$$a < 0$$

速度

取极限

$$\bar{v}$$

变化率

位移

对应于

时刻

研究

刚体

理想化模型

物体

理想化模型

质点

研究

转动

加速度

取极限

$$\bar{a}$$

变化率

路程

对应于

位置

确定

建立

质点

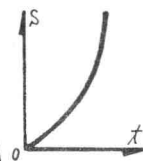
研究

平动

确定

确定

确定



自由落体

$$v_0 = 0$$

$$a = g$$

$$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$$



竖直下抛

$$v_0 \neq 0$$

$$a = g$$

$$v_B = 0$$

$$a = -g$$

$$v_0 \neq 0$$

$$a = -g$$

$$v_B = 0$$

$$a = -g$$

$$v_0 \neq 0$$

$$a = -g$$

$$v_B = 0$$

$$a = -g$$

$$v_0 \neq 0$$

$$a = -g$$

$$v_B = 0$$

$$a = -g$$

$$v_0 \neq 0$$

$$a = -g$$

$$v_B = 0$$

$$a = -g$$

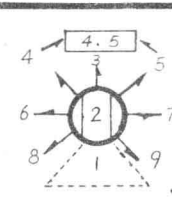
$$v_0 \neq 0$$

$$a = -g$$

$$v_B = 0$$

$$a = -g$$

读图导引



$$S = \frac{v_0 + v_t}{2} \cdot t$$

$$S = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$v_t = v_0 + at$$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \bar{a} = \frac{v_t - v_0}{t}$$

$$v_0 \neq 0$$

$$a < 0$$

$$v_B = 0$$

$$a = -g$$

$$v_0 \neq 0$$

$$a = -g$$

$$v_B = 0$$

$$a = -g$$

$$v_0 \neq 0$$

$$a = -g$$

$$v_B = 0$$

$$a = -g$$

$$v_0 \neq 0$$

$$a = -g$$

经典力学人钦佩 牛顿定律奠丰碑

牛顿综合了前人的研究成果创立了完整的经典力学体系，正确地反映了宏观物体低速运动的客观规律，在人类文明史上树立了永不磨灭的丰碑。牛顿运动定律为经典力学的创立、奠定了坚实的理论基础。

牛顿第一定律，这个从客观事实中，间接推导出来的结论从正面揭示了物体不受外力时保持原来运动状态的性质，从反面说明了力是改变物体运动状态的原因，而不是维持物体运动的原因，指出了一切物体都具有保持静止或匀速直线运动状态的固有属性——惯性。所以，牛顿第一定律亦称惯性定律。

从实验中总结出来的牛顿第二定律反映了物体所受合外力不为零时的瞬时效应，确立了加速度 a 与合外力 F 、物体质量 m 间的定量关系。验证牛顿第二定律的实验中，两个正比例图线告诉我们：物体的加速度和所受合外力成正比，与物体质量成反比。加速度的方向与合外力方向相同。

牛顿第三定律反映了力的相互性（或曰对偶性）的具体特征：作用力与反作用力总是大小相等、方向相反、同生同灭、分别作用在两个直接相互作用的物体上，性质相同的一对力（要与作用于同一物体上的一对平衡力严格区分）。

当物体同时受到几个力作用时，每个力各自独立地使物体在该方向上产生一个加速度，就象其他力不存在一样。唯其如此，才能将牛顿第二定律推广为： $\Sigma F = m \cdot \Sigma a$ 的形式。力的独立作用原理是运动的合成与分解的理论基础。

图表正中部分以在竖直平面内升降机的各种运动情况为例，列举了牛顿第二定律的应用，并着重强调了物体的视重不等于其实重的两种情形——超重和失重现象产生的条件。

自然界不同的物体间，彼此相互作用、互相影响。在研究某一物体运动情况时，将其与其他物体“隔离”开来，专门研究它受到周围各个物体的作用，牛顿第二定律揭示其运动状态，牛顿第三定律使其与周围物体“隔而不离”。

物体的运动形式取决于物体的初速度和所受的合外力。在研究本章提到的两类力学问题时，无论是已知受力情况和初始条件去求物体运动状态，或其逆过程，都首先应对所研究的对象进行正确的受力分析，然后根据不同的运动状态去建立运动方程。都应紧紧抓住沟通动力学和运动学的纽带——加速度，这是在解决力学问题中应全力捕捉的对象。加速度 a 求出来了， F 、 m 、 v 、 s 诸量的求解应用牛顿定律和运动学公式就易如反掌了。

国际单位制中，力学单位制中的三个主单位是千克（kg）、米（m）、秒（s）。由此可导出力学的各物理量单位和量纲式。只要正确理解各量的物理概念、牢记表达式，导出单位无须死记硬背。

“质量是物体包含某种物质的多少”，这是初中教材的质量定义。严格地说，质量是物体惯性大小的量度。物体在不受外力作用时，其惯性（惯量）以保持原有的静止或匀速直线运动状态表现出来，物体受到外力作用时，其惯性的大小又以运动状态改变的难易程度显示出来。例如：两个质量不同的物体受到相同的外力作用时，质量大的产生加速度小，说明其运动状态难改变，即质量大的物体惯性大。

重力是地球对物体万有引力的一个分力，它是使物体产生重力加速度的原因。而质量则反映了物体的固有属性。重力与质量的区别详见图表左下。



惯性是物体固有属性

：正面、反面

力是使物体产生加速度的原因

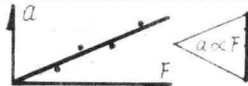
Isaac Newton

揭示了力的瞬时效应规律。

力的相互性、对偶性。

第一定律

$$\Sigma F = 0$$



第二定律

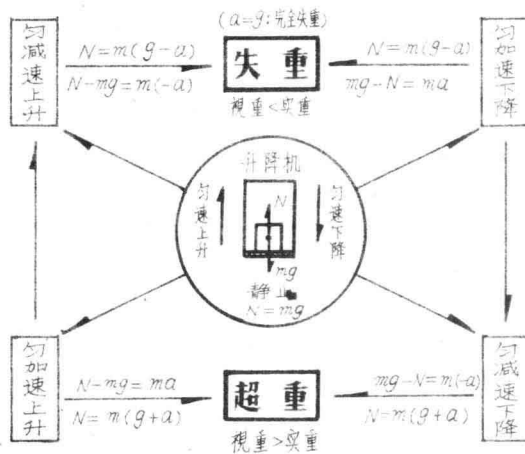
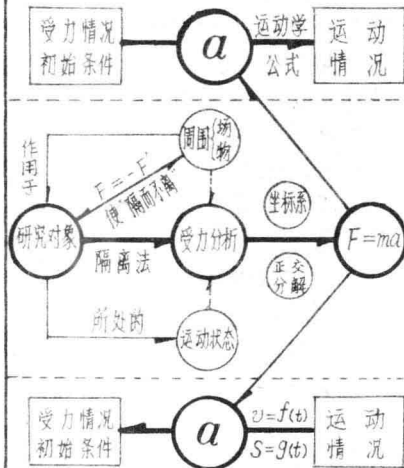
$$\Sigma F = ma$$



第三定律

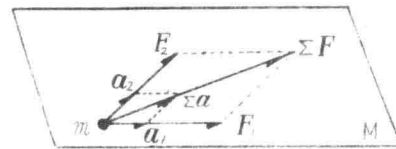
$$F = -F$$

两类力学问题



∴ 当物体同时受到几个力的作用时，每个力各自独立地使物体产生一个加速度，就象其它力不存在一样。

∴ 才能应用力的矢量合成法则把牛顿第二定律推广为： $\Sigma F = m \cdot \Sigma a$ 。



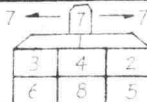
运动的合成、波的叠加，概源于此。

力的独立作用原理

区 别					联系
质 量 m	物体固有属性—— 惯性大小的量度。 反映物体的运动状态 改变的难易程度。 (包含质量的多少)	标 量	经典力 学中： 常量	天 平 千 克	$G = mg$ 在同一 地点：
重 力 G	由于地球吸引而产生 的力。 是产生重力加速度的 原因。	矢 量	随纬度 高度不同 而变	弹 簧 秤 牛 頓	$\frac{G_1}{G_2} = \frac{m_1}{m_2}$

我好像是站在海滨上玩耍的孩子，时而拾到几块莹洁的
石子，时而拾到几片美丽的贝壳并为之欢欣。那浩瀚的
真理海洋仍然在我的面前未被发现。

牛頓



• 3 •

基本单位										力学单位制	
长度	米	质量	千克	时间	秒	力	牛顿	功	焦耳	能量	焦耳
速度	米/秒	加速度	米/秒 ²	角速度	弧度/秒	力矩	牛·米	冲量	牛·秒	功率	瓦特
面积	平方米	体积	立方米	密度	千克/立方米	力密度	牛/米 ²	功密度	焦/米 ³	压强	帕斯卡
温度	开尔文	物质的量	摩尔	发光强度	坎德拉	电荷量	库仑	磁通量	韦伯	磁感应强度	特斯拉
电流	安培	电压	伏特	电阻	欧姆	电容	法拉	电感	亨利	磁导率	亨利/米
频率	赫兹	角频率	弧度/秒	波数	米 ⁻¹	波矢	米 ⁻¹	波数	米 ⁻¹	波矢	米 ⁻¹

曲线运动有条件 圆周椭圆抛物线

“合外力的方向和运动物体初速度方向不在一条直线上”之所以成为物体作曲线运动的条件，是因为：合外力 F 在平行于初速度方向上的切向分力 F_t ，使运动物体产生切向加速度，改变物体速度的大小，垂直于初速度方向上的法向分力 F_n ，使运动物体产生法向加速度，改变速度的方向。因而曲线运动是变速运动，它的速度具有这样的特点：方向时刻在变，处处沿其切线。

当 $F_n = 0$ 时，运动物体速度方向不变，作直线运动；当 $F_t = 0$ 时，运动物体速度大小不变，作匀速圆周运动；当 F_n 、 F_t 均不为零时，速度的大小和方向都要改变，作一般的曲线运动（天体运动的轨迹之所以是椭圆，正因为万有引力时刻改变着速度的大小和方向）。

由力的独立性原理决定的运动独立性原理是运动的合成与分解的理论基础，为我们研究抛射体运动规律提供了方便。选水平、竖直方向分别为X、Y轴建立坐标系，分别考查这两个坐标轴方向上物体初速度的大小、方向、受力情况，判断出物体在各轴向上的运动性质，再根据牛顿第二定律和运动学有关规律求出各轴向上的加速度、速度、位移和时间的函数关系，最后根据平行四边形法则求出相应的合矢量，按照运动的合成法则，表述出合运动的规律。

忽略空气阻力的抛射体运动有显著的特点：水平方向上不受任何外力，作匀速直线运动；竖直方向上只受重力，因其初速度不同，分别做自由落体、竖直上抛、竖直下抛运动，两个方向上的合运动便构成了平抛（枪弹平射）、斜上抛（高射炮弹）、斜下抛（飞机俯冲射击）运动。

平抛、斜抛运动的研究方法不仅为我们研究较为复杂的运动打开了思路，而且对培养同学们分析问题、解决问题的能力，无疑是一种启蒙教育。一切复杂运动都可以看成是几个最基本、最简单运动形式的合成。简单的运动规律搞清楚了，再应用运动的合成原理。这样，复杂的运动也化繁为简了。

匀速圆周运动中，物体速度大小不变，方向时刻在变的原因是由于大小恒定的合外力始终垂直于速度的方向，总是指向圆心。即向心力。向心加速度的大小不变，但方向时刻在变。所以，匀速圆周运动属于变加速运动。

向心力是以效果命名的力。能够产生向心加速度的一个力或几个力的合力均可称为向心力。常见的几种作匀速圆周运动的物体，其向心力来源见中心圆图上半部的实例分析。

向心加速度 a_n 是指作圆周运动的物体速度对时间的变化率， $\Delta V / \Delta t$ 。这是物体受到向心力的必然结果。

向心力 F_n 、向心加速度 a_n 、角速度 ω 、线速度 v 和周期 T 是匀速圆周运动的五个基本物理量。其联系见中心圆图。

竖直平面内的圆周运动，因其在运动过程中，切向分力不为零而产生切向加速度。所以是变速率圆周运动。在其任意位置可用 $F_n = mv^2 / R$ 来处理问题。

当合外力突然消失或不足以提供物体作匀速圆周运动所需要的向心力时，物体将离心而去。

在竖直平面作圆周运动的物体达到最高点时，只依靠重力提供向心力时的速度值是临界速度，小于这个速度，物体便无法维持圆周运动状态。

开普勒三定律总结了行星运动的规律，牛顿万有引力定律不仅解释了行星之所以绕太阳作椭圆运动的原因，而且揭示了自然界普遍存在的一种基本相互作用。

万有引力定律奠定了研究天体运动规律的重要理论基础。在高中阶段对天体的运动，近似地按匀速圆周运动处理。“万有引力提供向心力”是解决天体运动问题的基本思路。

人造地球卫星的发射原理，三种宇宙速度的认识，把同学们的心带到了浩瀚的宇宙。“天高任鸟飞，海阔凭鱼跃”，用知识武装自己吧！未来是属于你们的。

冲量导致动量变化 做功引起能量迁移

牛顿第二定律揭示了合外力使物体产生加速度的瞬时效应规律。但是物体运动状态的变化不能“立竿见影”，尚需要经历一段力的时间或空间累积过程，才能使速度变化“显山露水”。 $at = V_1 - V_0$ ， $2as = V_1^2 - V_0^2$ 就是证明。冲量、功分别是反映了力在时间，空间上累积了多少的过程物理量。

合外力的冲量是引起物体动量的变化和传递的原因。质点动量定理正反映了这种力的时间累积效应的因果关系。动量定理是矢量式，运算法则遵从平行四边形法则。在一维运动中应用动量定理，应当事先规定一个正方向、将已知量区别其正、负代入。未知量的方向则由计算结果的正、负来判断。

在由两个以上的物体组成的系统中，若只有系统内力相互作用，合外力冲量为零时，系统总动量守恒。因为当合外力冲量为零时，两个相互作用物体的动量变化总是等值、反向，对总动量的变化没有贡献。这一结论可从“碰撞前后动量变化”的演示实验中测算出来。

合外力对物体做功的结果，将导致物体动能的传递和变化。质点动能定理反映了力的空间累积效应的这种因果关系。动能定理是标量式，它与动量定理各自从不同角度出发，揭示了物体运动状态变化的原因。

当物系内只有保守力（重力、弹力、电场力……）做功，耗散力和其它外力所做的功为零时，物系的机械能守恒。因为保守力做功的特点是：只与始末位置有关，而与路径无关。保守力做

功只能导致相应的势能和动能间的相互转化（如重力做功时，重力势能与动能间的转化；弹力做功时，弹性势能与动能间的转化；静电力做功时，静电势能与动能间的转化……），对总机械能的变化没有贡献。这个结论，可从用打点计时器研究自由落体运动的实验中得到证实。

因为功是物体能量转化的量度，所以应用功能关系处理力学问题的总则可归纳为“抓两头，明状态，带中间，查过程”。先明确运动物体始末两态具有哪几种能量、各有多大，再考查物体运动状态发生变化的过程中有哪些力对物体做了多少（什么）功，然后根据问题的性质、酌情选用功能定理、机械能守恒定律或功能关系式来解决问题。这比用动力学、运动学公式解题要优越得多，特别是遇到变力做功问题时，显得格外神速！

速度、动量，动能从不同侧面反映了物体的运动状态。速度表达了物体运动的快慢方向，反映了位移对时间的变化率；动量表明了运动物体克服阻力在时间上还能维持多久；动能则指出了运动物体克服阻力还能运动多远。引起这三个物理量变化的原因，分别是 F 、 $F \cdot t$ 、 $F \cdot s$ 。对此须加详细辨析，将有助于对《动量》、《功和能》这两章教材的深刻理解。

完全弹性碰撞中，动量守恒，动能也守恒。而完全非弹性碰撞的特征是：碰撞后两物体合二为一，以共同速度运动，动能损失最大。抓住这些特征来解题，可减少判断失误，实为上策。

