

★ 電子工業出版社



青少年 物理知识 百科全书

王兼善 王贵瑾 等 编著
黄高年 王小南

青少年物理知识百科辞典

王兼善 王贵瑾 黄高年 王小南 等编著

电子工业出版社

(京)新登字 055 号

内 容 提 要

本书是物理学知识的普及读物,它以词条的形式介绍了物理学的各个学科领域及各分支学科的研究对象、内容、方法和目前所达到的水平。全书共 200 个词条,还介绍了 28 个小实验,读者可以在家庭条件下自己动手做这些实验,十分有趣。除此之外,还介绍了 54 位中外著名物理学家,描述了他们的成长过程和对物理学的贡献。每个词条均给出了汉英俄三种文字的索引,以便检索。

为方便读者,书后附有获诺贝尔奖的物理学家和物理化学家名录。

本书适合于高中及高中以上文化水平的广大读者阅读,也是中学、大学物理学教师必备的有益参考读物。

青少年物理知识百科辞典

王兼善 王贵瑾 黄高年 王小南 等编著

责任编辑:龚兰方 吴 源

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

山东电子工业印刷厂印刷

开本:850×1168 毫米 1/32 印张:15.75 字数:566 千字

1992 年 10 月第一版 1992 年 10 月第一次印刷

印数:1—6000 册 定价:15.00 元

ISBN 7-5053-1737-7/G·145

序

八十年代以来原苏联教育出版社出版了一套科普性的丛书，其中一册取名为《青少年物理知识百科辞典》，由五十年代在苏联莫斯科大学毕业的王兼善、黄高年等同志翻译出来，在我国出版发行。

科学普及工作是一国科学教育的根本。处在二十一世纪即将来临时刻，大家瞩目于高等科学技术的发展。究其根本还要先普及科学知识和发展全民教育事业。我国现在受高等教育的是极少数人，我国中等教育也不发达，即使九年义务教育在农村里也难贯彻。扫盲工作也在步履维艰之中进行。从一个教育工作者来看，普及教育、普及科学知识是最根本性的全国头等大事。我们呼吁政府重视这个问题。

王兼善、黄高年等同志出于这样的心情，竭尽职责翻译这册百科辞典，目的是为普及我国青少年爱好物理的知识，尽知识分子的一份力量，其用心之深长是值得钦佩的。

这册书的原作者为苏联科学院院士 A. Б. 米格达尔。苏联科学家有个好传统，在从事科学研究之外，喜做科学普及工作。早在五十年代我们已领会到这点，五十年代吾国派遣学生去苏联学习，友好往还，风靡一时。时隔三十年我们盼望两国学术交流将重振起来。苏联学术界重视科学普及之风气将为我国作出良好榜样。此书的翻译和出版必将为大家所欢迎。

钱临照

前言

本书专为物理学爱好者而编写。

20 世纪物理学的辉煌成就堪称人类的骄傲。小到基本粒子的内部结构,大到银河系外的无垠宇宙,都是当今物理学涉足的领地。最初的物理学研究就引发了新技术的产生,推动了工业的发展,现在,物理学仍在继续推动科学技术的进程。核物理、固体物理、电子学、相对论、量子力学等物理学分支学科的发展决定了本世纪科学技术的面貌。激光技术、核技术、电子技术等一系列当代主要技术,无一不是物理学发展的结果。因此,人类发展到现阶段,物理学的基础知识已成为每一个希望了解周围世界的人所必须具备的。

在理工科技领域工作的科学家、教师、工程师,他们在青年时代都是物理学爱好者。五彩缤纷的物理现象、深奥微妙的物理概念、严密齐整的物理定律,正是这些引导他们走上了科学家、发明家的道路。即使是其它学科(例如生物学)的爱好者,那些在年青时惧怕物理学的人,以及各行各业的人们(例如,考古学家、工人、飞行员等),也都每天享用着物理学知识带给他们的幸福。

的确,物理学是跟深难学的。学习的过程就象用一块块砖瓦砌筑高楼大厦那样辛苦,需要长时间的刻苦努力,需要极大的勇气和毅力。但建造这些大楼的理想又是那样迷人,那样令人神往。电磁场理论、光的本质、相对论、量子学,宇宙太空的深邃,微观世界的奥秘……这一切都令一代接一代的青年甘愿为之献身。他们之中有不少人已成为伟大的科学家,成了诺贝尔奖金的得主。这些科学家就是物理世界的建筑师,他们的成就犹如京城内外数不胜数的建筑物,各有各的风采:雄伟古朴的故宫、豪华富丽的大饭店、庄严典雅的人民大会堂、四通八达的立交桥、秀丽清新的颐和园、蜿蜒曲折的万里长城,……令无数青年向往、追求,盼望有机会入门一探。

物理世界五光十色的门楼里有着什么样的奥秘?报纸上谈论的正负电子对撞机是怎么回事?电视机前的孩子们常会问妈妈:我们在家里怎么会看见天安门?看见世界各地外国人的各种比赛?对于这些突如其来的问题,做父母的可能一时难以回答。旅游者需要随身带一本旅游地图;学生、教师、家长以及各行各业的物理学爱好者需要有一本《物理学知识百科全书》。百科全书使人们能够需要了解什么就查什么,各个词条独立、完整,这是它区别于其它科普书

的独到之处。街上的建筑物需要拆旧建新,90年代也需要有反映当代水平的物理学百科全书。

本辞典将帮助各行各业的人们了解各种物理现象;帮助物理学爱好者了解物理学各分支、各领域的内容,了解它们的研究对象和方法以及在80年代达到的水平;帮助物理系的青年学生选择主攻的专业方向;帮助青年教师了解物理学各分支领域的最新进展以及国内、外著名物理学家的生平和主要贡献,以便他们为学生讲解。本辞典结合词条给出的一些小实验读者可以在家里试做,以提高兴趣并加深理解。

本书以苏联科学院院士、物理学家米格达尔主编的《青少年物理学百科全书》(《Энциклопедический Словарь Юного Физика》,1984年版)为基础,对近年来发展迅速的领域(例如,超导研究领域)作了补充或修订。此外,还着重补充介绍了我国在物理学研究领域的一些新进展(例如,正负电子对撞机)以及我国著名物理学家的生平和贡献等。

本书编者曾翻译、编译出版了不少物理学科普名著,例如,诺贝尔物理学奖得主,美国著名物理学家列昂·库珀著的《物理世界》(海洋出版社1983年出版)和诺贝尔物理学奖得主,苏联著名物理学家朗道等著的《大众物理学》(科学出版社1981年、1983年分四册出版);在全苏优秀科普创作竞赛中荣获优秀作品奖的名著《微观世界的奥秘》(契尔诺戈洛娃著,科普出版社1984年出版),以及由杨基方、黄高年编译的《物理学发展简史》等等。这些书都深受物理学爱好者的喜爱。尽管如此,我们仍感到,以百科全书的形式向青年普及物理学知识的这本书又有它的特色和独到之处。我们深信,这本百科全书也将受到青年们的热烈欢迎。

杨基方、王群、吴亚光、倪敏、瞿履咸同志审校修改了部分词条,卞卫东、杨永臣同志对部分词条作了补充,在此谨致谢意。

由于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编译者

2 画

几何光学 geometrical optics геометрическая оптика

当光源发出的光的波长比周围物体的特征长度小很多时,几何光学的定律就成立。在这种情况下可以使用光束这样的近似概念。利用光阑可以形成光束,如图 1 所示。激光的光束具有良好的会聚性,它可以通过长距离而不发散。

早在 17 世纪中叶,法国科学家费马就陈述了几何光学的基本原理:光束沿所需时间最短的路径通过两点。

由费马原理可推论出:

1. 在均匀介质中光沿直线传播;
2. 光束遵循可逆性原理(若使光源和光接收器交换位置,则光传播的路径不变)。

主要的光学定律都可以用费马原理加以证明。

光的反射定律:入射光束、反射面的法线和反射光束都位于同一个平面上,而且入射角 α 等于反射角 β (图 2)。

为了导出这条定律,我们相对于反射面设置一个与点 B 对称的点 B'。由图 2 看出距离 $AO + OB = AOB'$,而经反射面上任何其它点 O' 画的线都有 $AO' + O'B' > AOB'$ 。由此可见,光沿路径 AOB 传播时,化费的时间最短。不难证明,这时 $\angle \alpha = \angle \beta$ 。

光的折射定律:入射光束和折射光束与介质交界面的法线在同一平面上(图 3),入射角 α 和的折射角 β 之间的相互关系式是:

$$\sin \alpha / \sin \beta = n$$

其中 n 为相对折射率,是常数,它等于第一种介质中的光速和第二种介质中的光速之比: $n = c_1 / c_2$ 。这条定律也可根据费马原理导出:光总是力求在光速较大的物质中通过较长的路程。

还有一个应用费马原理的例子:玻璃中的光速小于空气中的光速,因此,光束在空气中和玻璃会聚透镜中通过路程 I 和 I (图 4)所花费的时间是相等的,在光束的交点产生光源的像。利用几何光学可以建立关于许多光学仪器——放大镜、望远镜和显微镜等等的相对简单的理论。

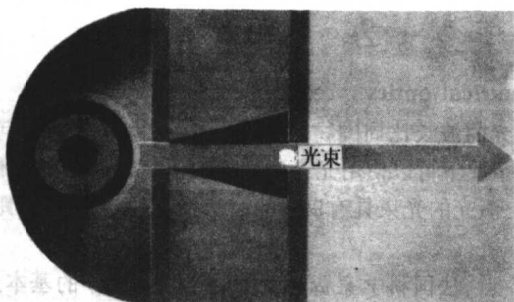


图1 利用光阑形成光束

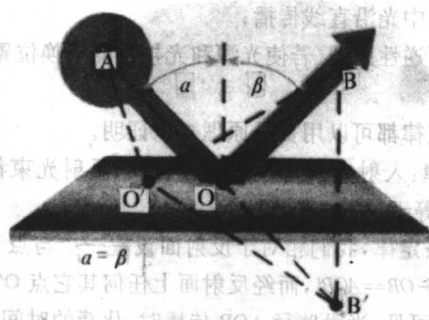


图2 根据光的反射定律,入射角 α 等于反射角 β

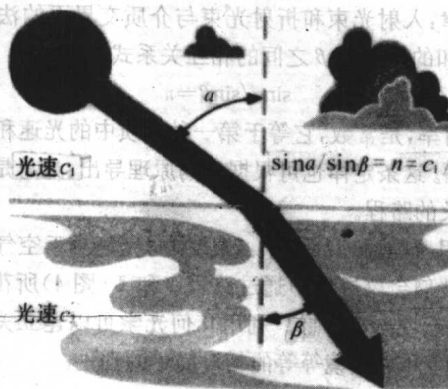


图3 光折射定律示意图

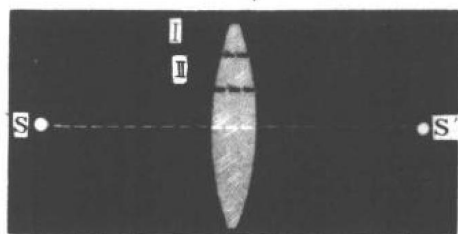


图4 光束在空气和透镜中通过的路程 I 和 II 所需的时间相等

针孔照相机 pin-hole camera / камера-обскура

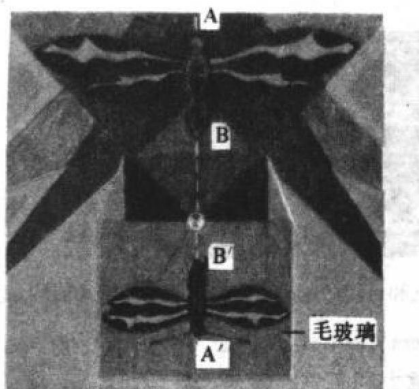
早在文艺复兴时代,意大利科学家和艺术家达·芬奇就已知这样的照相机,它的构造原理非常简单:物体的反射光穿过密闭箱的小孔,射到对面的壁——屏上,在屏上将得到倒立缩小的像(见图)。

制造这样的照相机并不难。将木箱或硬纸板箱锯掉一个侧壁,在里面固定一块毛玻璃或半透明的纸(描图纸),在屏的对面开一个小孔。现在如果在孔前方几米处放置一只灯罩的灯(光亮的物体),那末在毛玻璃上将会看到它的倒立的像。孔的尺寸越小,像的清晰度就越高,但同时它的亮度却下降了。另一个原因也使得孔不能做得太小,这就是光的衍射现象。若孔到玻璃的距离为10cm,则孔的最佳直径是0.5mm,但也可以取1mm,即可用通常的针把壁刺穿。

利用针孔照相机可以获得被照亮物体的缩小了的像。其实,这是它最初的用途。后来发明了照相材料以后,它就成了第一台照相机。

如果在黑暗处用一块照相干板代替针孔照相机后壁的玻璃,把箱子后壁严实密封,并照亮箱前的物体,就可以得到足够清晰的照相底片。制作时应特别注意这种照相机的箱子不能有透光的缝。曝光时间可以非常长——几十秒或几分钟,因此这样的照相机只能给不动的物体拍照。





全内反射 total reflection полное внутреннее отражение

做这个实验时需要用到玻璃鱼缸或有机玻璃盒以及发散很小的光束(利用幻灯机和光阑可以方便地获得细光束)。往鱼缸里倒半缸水,用墨水、墨汁或水溶颜料稍为染上一点颜色,当然,若用某种发荧光(见发光)的颜料就更好了。在做这个实验时应仔细掌握好细光束的方向,使它在靠近水的表面处与水平面成不大的角度通过(图1)。如果从侧面看鱼缸,这时就会见到鱼缸里有一条光束的亮迹——直线线段。

现在请准备好一杯高浓度的食盐溶液,过滤一下,使它成为透明溶液,然后,在溶液中加入一些在水中加过的同样的染料。利用尾部接有橡皮管(垂到鱼缸底部,见图2)的漏斗慢慢把食盐溶液注入鱼缸,注意不要搅动水。

当鱼缸几乎被灌满,水和食盐溶液交界面稍微高于光束入射点的时刻,光束开始弯曲,像图2中所显示的那样。

利用光的折射定律可以解释这种现象。水和食盐溶液有不同的折射率,后者的折射率大些。在这种情况下,在液体的交界面上发生全反射是可能的。但是,由于溶液总会掺混,边界是模糊的,因此光束不是成一定角度,而是沿弧线反射。改变光束入射到界面上的角度,可以测定全反射的角度和食盐溶液的折射率。



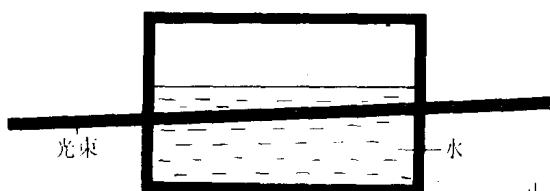


图 1

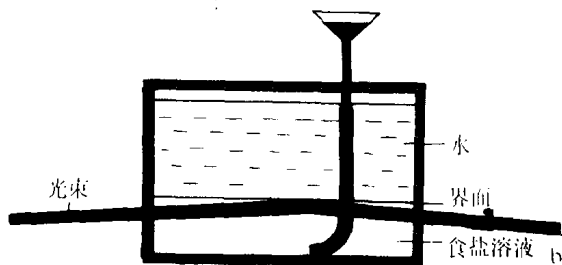


图 2

力 force сила

1687 年,牛顿在提交给伦敦皇家学会的自己的经典著作《自然哲学的数学原理》中,引入了决定物体加速度的“所施加的力”的极重要的概念。他写道:力只在作用时才表现出来,停止作用后就不再保留在物体内。在这以后,只是由于惯性,受力作用的物体才继续保持它的新的运动状态。所施加的力的来源可以各不相同:可以来自碰撞、压强或向心力。

牛顿并不是认识到物体运动的原因在于它们的相互作用的第一位科学家。其实,德国天文学家开普勒早在 17 世纪初就引入了力的概念,并把它作为物体运动的原因。但是,他错误地用物体运动速度来测定它。伽利略与开普勒不同,他用力所引起的加速度来测定了力,但是却把力与物体的重量完全等同起来。

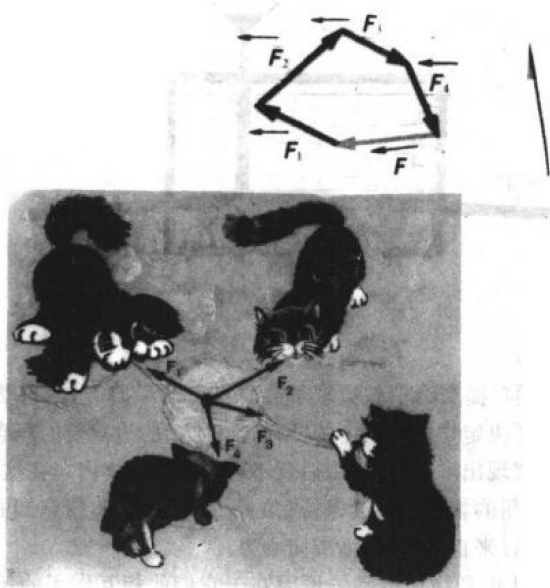
在现代物理学中,人们把力理解为这样一个物理量:它是物体相互作用的度量。这个相互作用可以以物体直接接触的方式进行(碰撞、摩擦),也可以由相互作用的物体产生的力场(重力场、电磁场、核力场)进行。

因为一物体对另一物体的作用具有一定的方向性,所以力是矢量。顺着力矢量 F 指向的直线称为这个力的作用线。 n 个物体分别以力 $F_1, F_2, \dots, F_n$ 对质点的作用同这样一个力 F 的作用是等价的,此力 F 等于这些力的矢量和: $F =$

$\sum_{i=1}^n F_i$ 。这样的力 F 称为合力。

知道了组成体系的物体的初始位置和速度,利用牛顿定律就可以预言对它们施加某些力时它们的行为。但是,这些定律揭示不出这些力的本质。它们的起源和性质在物理学的另外一些分支中研究。

初看起来,自然界中存在着的力的形式多种多样,但归纳起来可以分为 4 种:引力相互作用、电磁相互作用、弱相互作用和强相互作用(见自然界力的统一)。



合力 F 是力 F_i 的矢量和

力学 mechanics механика

力学是关于物体运动和平衡的科学,它在物理世界中占有中心地位。物体怎样运动和为什么运动这个问题自古以来就激励着人们去思考。17 世纪前半期以前,亚里士多德的学说在力学中占统治地位。那时人们认为,物体只有在受力作用时才运动。当时,即使是研究人员,也能以想象出物体沿无限大的水平平面滑动(假设没有摩擦力)时的情景。必须使研究者在认识上有一个根本的转变。杰出的意大利科学家伽利略成功地完成了这项任务。

由伟大的英国科学家牛顿提出的一些定律成了力学的坚实基础。1687

年,他在自己的名著《自然哲学的数学原理》*中首先叙述了这些定律。利用这些定律可以研究各种各样的运动,包括复杂机器的运动和天体的运动。

在《原理》这本名著中给出了8个主要的定义(质量、力等),3条定律及其推论,以及一些注释。在注释中作为假设提出了绝对空间和时间的哲学概念。20世纪以前,这些概念一直是整个物理学的基础。

虽然牛顿的定律原则上足以解决任何关于运动的问题,但是在力学的发展过程中仍然取得了许多重要成果。法国科学家达朗贝尔提出的原理(1743年)促使静力学——力学中研究力的平衡的一个分支(见**力学系统的平衡**)——得到发展。俄国科学院院士欧拉(1736年)奠定了固体旋转运动的运动学和动力学基础。(运动学是力学中的一个分支,它只研究物体的运动情况,而不研究物体的运动与作用在它们上面的力的关系)。科学家们获得了动量、动量矩和机械能守恒定律的最终表达式。由于18世纪科学家们长期细致耐心的工作,原先用直观的几何概念描述的牛顿力学逐渐发展成了抽象的理论力学。

牛顿以后,许多杰出的善于思考的科学家在继续深思:是否可以根据某种统一的一般原理导出整个牛顿力学呢?守恒定律的深层涵义是什么?怎样完善不太明确的力和质量的概念?

1788年,法国科学家拉格朗日的著作《分析力学》问世。在这本书中,他把力学原理合并在一起,并给出了解决力学问题的一般方法。

最小作用原理(见**变分原理**)可以作为整个力学的基础,下面试作说明。例如,设物体在地球的重力场中自由下落,由牛顿定律知道,这样的物体以自由落体加速度 g 作加速运动。

让我们暂时忘掉这些定律,先随意设想一下物体是如何从初始位置到达终止位置的。可以是作匀加速运动,匀速运动,匀减速运动,或者一般以随便哪种方式运动而到达终点,甚至可以要求该物体按规定的时间到达终止位置(图2表明了相应的运动曲线)。若不利用牛顿定律,要怎样才能知道运动的真正规律呢?

拉格朗日提出如下建议:先计算物体的动能和势能之差(这个量称为拉格朗日函数)同时间的函数关系,然后求出积分

$$S = \int_0^t L(t) dt$$

这个积分称为作用量。自然,对于各种可能想象的运动规律,作用量的数值是

* 以下简称《原理》。

不同的。在我们所讨论的自由落体的情况下,加速度为 g 的自由落体运动对应于作用量数值最小的情况。

这个论点具有最普遍的特性。可以设想物体在时间 t_0 内从初始位置到达终止位置的各种运动规律。但是,实际上真正实现的运动规律只是与作用量数值最小的情况相应的运动规律。这就是最小作用原理。

可能有人会觉得,拉格朗日方法似乎比牛顿方法复杂得多,并且有更多的人为性。在前面分析的最简单的自由落体的情况下确实如此。但是,在研究一般的力学问题时,最小作用原理是非常有效的:根据最小作用原理,守恒定律与空间和时间的对称性(见**自然规律的对称性**)之间的深刻联系变得清楚明朗了。根据最小作用原理还成功地导出了一些方程(拉格朗日方程),这些方程使复杂力学系统的求解简化了……

在天体力学方面也已取得了巨大进展。天体力学可以非常准确地计算行星的运动。德国天文学家开普勒是天体力学的奠基者之一,他在 17 世纪初提出了行星运动的基本规律。

直到本世纪初,经典力学一直保持着原有面貌,没有经受什么变动。

相对论和量子力学这一突破性发现显著地改变了我们对于运动的看法。根据这些理论,长度和时间可以缩短,质量依赖于速度,“电子沿哪一条轨道运动”的说法不很妥当。但是,所有这一切都是在高速和小质量体系中的事。在我们的“地球世界体系”中,运动仍然同以前一样,遵从经典力学规律。



图 1 宇宙模型,此图取自开普勒的《宇宙的奥秘》(1596)一书。

开普勒把行星轨道描绘成正多面体。

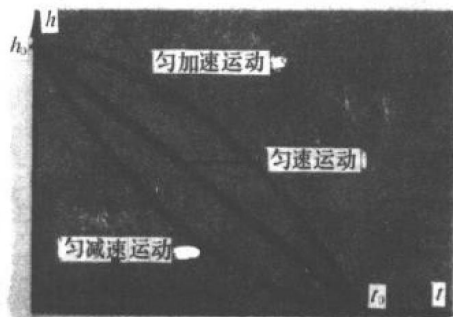


图2 对于不同的运动规律,物体所处的位置(高度)随时间变化的关系。

惠更斯(1629~1695) Christiaan Huygens Христиан Гюйгенс

荷兰物理学家、机械专家和数学家惠更斯生于海牙,曾在莱顿和布雷达的大学里学习法学和数学。22岁那年,他发表了自己的第一篇论文,论述了如何确定圆弧、椭圆和双曲线的弧长。

不久,惠更斯对物理问题发生了兴趣,他与胡克一起定出了温度计的常数点——水的冰点和沸点。在这些年代里,他还对天文望远镜物镜的改进做了大量工作,提高了它们的光强度。借助于天文望远镜,1655年他发现了土星的一个卫星——土卫六,并测出了它的回转周期,还查明了土星拥有的一些环。



1658年,在论文《钟摆》中,他研究了与摆运动有关的许多问题。

惠更斯在数学、力学和天文学方面的著作使他享有盛名。1663年,他成为英国皇家学会(英国科学院)的第一位外国科学家成员。1665年成立法国科学院时,惠更斯被邀请去巴黎当了科学院主席,并在法国生活了16年。

1681年他返回祖国以后致力于光学研究。他设计了目镜,这种目镜一直使用到现在。惠更斯于1690年完成了自己在光学方面的著作《论光》,在这本论著中他首次论述了光的波动理论,在其中的一章,他还对在冰洲石晶体中发现的双折射现象作了解释。经典的光学单轴晶体折射的理论直到今天仍然是

根据惠更斯学说来解释的。

他曾为《论光》一书补写了一篇附录“论重力产生的原因”。这篇附录表明，这位科学家已接近于发现万有引力定律。

惠更斯的许多重要著作是在他去世后才问世的。例如，《论物体在碰撞作用下的运动》、《屈光学》等等。

牛顿(1643~1727) Isaac Newton Исаак Ньютон

最杰出的英国物理学家和数学家、经典力学的奠基者牛顿生于伍尔索普(林肯郡)的一个不富裕的农场主家庭。1661年进入剑桥大学的一个学院学习，在该校毕业并获得学士学位。

1665~1667年间，因躲避流行的鼠疫，回到家乡伍尔索普。这几年对牛顿的一生非常重要，他的一些重要思想就是在这几年中形成的，这些思想使牛顿获得了许多重要的成果：如建立了物理学的数学基础——微积分学，发现了万有引力定律，发明了反射望远镜。他的著名的分解光的实验(见色散)也是在这里完成的。



1668年，牛顿被授予硕士学位，接着在剑桥大学领导了物理-数学教研室的工作。1672年，他被选为英国皇家学会成员，到1703年他成为该学会的主席。

牛顿利用他发现的万有引力定律有效地解释了天体运动。根据这条定律，一切物体都互相吸引，引力的大小与物体的物理性质和化学性质无关，与他们的运动状态无关，与它们所处的媒质无关。万有引力在地球上的表现就是重力，地球上的任何物体都受地球的吸引，都有重量(见万有引力)。

牛顿所详细研究过的力学和物理学的一些主要问题都与当时需要解决的现实的科学问题紧密相关。例如，光学方面的研究目的在于消除光学仪器的缺点。在第一篇光学论文《光 and 色的新理论》(1672年)中，牛顿阐明了自己关于光的粒子性假设的观点，这篇论文引起了激烈的论战。英国科学家胡克是牛顿关于光具有粒子本性概念的反对者。于是牛顿提出了把光的粒子性和波动性概念结合起来的假设。1704年，他在《光学》一书中公布了自己多年来在光学领域研究的结果，书中完美地描绘了当时科学界已知的各种光学现象。

牛顿的名著《自然哲学的数学原理》(1687年)标志着牛顿科研成果的顶峰。在这本著作中，他建立了地球和天体力学的统一系统，使之成为整个经典物理学的基础，他还给出了物理学中一些最基本概念的定义，其中包括物质的

量(与质量、密度等价)、动量(与冲量等价)、各种形式的力等等。

牛顿学说在科学上的普适性对物理学的进一步发展产生了巨大的影响。

力学动量 mechanical impulse импульс механический

物体的质量与速度矢量的乘积 $p = mv$ 称为该物体的动量。这个重要的物理概念可直接推广到多物体系统。多物体系统的动量为该系统中全部物体动量的矢量和:

$$P = \sum_{i=1}^N p_i = \sum_{i=1}^N m_i v_i$$

。封闭系统(即外力对它的作用可以忽略的系统)的总动量 P 保持不变,这就是动量守恒定律,动量守恒定律在物理学中起着非常重要的作用,它与空间的基本性质——均匀性有关,即与空间中所有点的等同性质有关(见自然规律的对称性)。

在有外力作用时,物体或物体系统的动量随时间而改变。在力 F 的作用下,在很短的时间间隔 Δt 内动量的变化 ΔP 为: $\Delta p = F \Delta t$ 。这个关系式使我们能把作用在物体上的力表示成 $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ 的形式。如果在力的作用时间内物体的质量不变,那末,

$$F = \Delta p / \Delta t = \Delta m v / \Delta t = m \Delta v / \Delta t = m a$$

这同牛顿第二定律的表达方式相同。

上面的关系式还表明,通过另一种途径也可以产生力;物体质量的变化可以引起物体动量的变化。例如,如果从火箭中喷出的气体的速度为 v ,单位时间内喷出的气体质量为 $M \text{ kg/s}$,那末气体动量的变化就会产生力,这是气体对火箭作用的力:

$$F = \Delta P / \Delta t = \Delta(mv) / \Delta t = v \cdot \Delta m / \Delta t = v \cdot M$$

这个力称为喷射推进力,在喷射推进力作用下的运动称为喷气式运动。

1903年,俄罗斯科学家和发明家齐奥尔柯夫斯基在彼得堡发表了他的名著,在这篇著作中他指出,喷气式运动原理是建造宇宙飞行器的基础。他还论证了火箭是进行星际航行的唯一交通工具。

17世纪,法国科学家笛卡儿在研究机械运动的规律时,首先在物理学中引入了动量的概念:物体的质量与它的速度量值的乘积。在表达动量守恒定律时,笛卡儿把动量定义为对物体所施加的力与力的作用时间的乘积。他第一个使用了力的冲量这个术语。但是,因为没有把动量看作矢量,所以他得出的关于物体碰撞的7条定律是错误的。

到17世纪末,关于碰撞过程中的守恒问题引起了激烈的争论。荷兰科学家惠更斯在其关于物体相互碰撞的论著中得出的结论是:“每一物体”同其速