

物理通报  
(1982-1992)  
十周年丛书

# 物理教学问题荟萃

(力学、热学)

物理通报编辑部编



河北大学出版社

物理通报出版十周年丛书

# 物理教学问题荟萃

(力学、热学)

物理通报编辑部 编

河北大学出版社

**(冀)新登字 007 号**

**物理教学问题荟萃(力学、热学)**

**《物理通报》编辑部**

**河北大学出版社出版**

**(保定合作路 1 号河北大学院内)**

**物理通报电脑排印部印刷**

**开本:  $850 \times 1168$  印张: 13.56 字数: 429.6 千字**

**1992 年 9 月第 1 版 1992 年 9 月第 1 次印刷**

**印数: 1-3000**

**ISBN7-81028-094-5 / 0 · 6**

**定价: 4.80 元**

## 序

在我国中学里物理课是必修的，在大、专院校里理、工、医、农和一部分文、法专业的学生都要学物理，因而我国拥有一支世界上最大的物理教师队伍。我国物理教学的传统是重视基本概念，课程的内在联系紧密，论述条理清晰，逻辑严整。广大教师具有深入钻研教学内容的习惯，研究的成果和心得体会散见于各期教学杂志上。《物理通报》自1982年出版以来已整整十年，发表了大量大、中学物理教学问题研究的文章，在《物理通报》出版十周年之际，编辑部投入相当大的人力、物力，把它们汇集起来加以精选，编辑成《物理教学问题荟萃》和《当代物理知识选萃》以《物理通报》十周年丛书的名义出版，提供给广大物理教师备课时作案头常备的参考，也可推荐给大学生作课外读物，这无疑是一件很有意义的事情。我为这套书的出版感到高兴，衷心祝愿它将受到各地物理教师 and 广大读者的欢迎。

与国外相比，我国各类学校的物理教学格调是比较单一的，多数教师习惯于围绕教学大纲规定的内容钻研教学，这当然无可指责。然而教师上讲台是应该有知识储备的。对于基础物理教学，教师应从哪些方面提取营养来充实自己的教学？就个人管见，也许主要有三个方面：

1. 现代物理学前沿和有关边缘学科（如天体物理、生物物理）；
2. 物理学史中有教育意义的题材；
3. 物理学在各方面的应用。

我注意到,《物理通报》内近年来不时有这几方面的好文章,相对于其它杂志来说,登载得还比较及时。这是可喜的,不过总的来说,这样的文章仍不够多。这问题和目前我国师资队伍的一般状况有关,并非本刊所独有,不可勉为强求。但愿在大家努力之下,在从今一段时间以后,情况能逐渐有所改观。

本刊主编盛情邀请为这套丛书作序,时间紧促,未暇深思,谨奉以上若干想法相谢,并藉此以表祝贺《物理通报》十周年华诞之表。

赵凯华

1992年9月

# 目 录

## 经典力学

### 第一章 综述

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| 牛顿力学的形成(1987-8 1987-9) ..... | 阎康年(1)  |
| “经典力学适用范围”的补充(1989-7) .....  | 王士忠(11) |

### 第二章 运动学

#### 质点

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| 谈谈质点的概念(1983-6) .....   | 文钦若(13) |
| 质点的概念(1983-2) .....     | 潘忠诚(15) |
| 是质点还是刚体? (1990-1) ..... | 赵贵州(16) |

#### 相对运动

|                                             |             |
|---------------------------------------------|-------------|
| 关于一个追及问题的讨论(1987-6) .....                   | 许炳荃(19)     |
| 观察者在列车中的视运动(1988-10) .....                  | 谢世汉(24)     |
| 公路相对于列车中观察者的视运动(1987-10) .....              | 倪致祥(25)     |
| 对“ $\Delta S = aT^2$ ”公式应用的讨论(1986-1) ..... | 王楚云 黎宗传(27) |
| 运动学中几个容易混淆的问题(1984-1) .....                 | 王津瑜(30)     |

#### 抛物运动

|                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| 仰角 $\theta$ 取何值时铅球掷得最远(1990-5) ..... | 杨宝胜 王淑惠(33) |
| 用图解法求斜抛运动的有关问题(1986-1) .....         | 吴汉彬(38)     |
| 应用平抛物体运动方程推导卫星速度(1990-7) .....       | 卢颖伦(42)     |
| 其它——人在岸上拉小船问题的几种解法                   |             |
| 错解分析一例(1990-1) .....                 | 胡小华(44)     |
| 从“一道易错的物理习题”谈起(1990-8) .....         | 谢毓章(46)     |
| 用功率求解“一道易错的物理习题”(1990-7) .....       | 徐汉屏(47)     |

### 第三章 静力学

#### 力系平衡

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| 矢量投影不可半途而废(1982-3) ..... | 梁昆森(48) |
| 共点力平衡的极值问题(1989-1) ..... | 刘玉芬(52) |

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| 当一个力停止作用时.....(1986-7).....     | 彭尚峻(54)     |
| 力矩                              |             |
| 梯子问题杂议(1987-6).....             | 贾克钧(56)     |
| 求解梯子平衡问题的几何方法(1988-10) .....    | 邢同海(58)     |
| 轨道超高问题(1988-7).....             | 何 常(61)     |
| 走钢丝的力学原理(1986-6).....           | 施汉泉 计学贞(64) |
| 拔河比赛中的受力分析(1987-6).....         | 王绍文(67)     |
| 谈骑自行车下坡(1988-2).....            | 王顺发(68)     |
| 物块在斜面上的滑动和翻倒(1988-4).....       | 梁景溪(70)     |
| 力矩平衡条件在质点做加速运动中的推广(1991-4)..... | 葛德成(73)     |

#### 第四章 动力学

##### 牛顿运动定律

|                           |          |
|---------------------------|----------|
| 质量定义问题(1990-12) .....     | 刘璧茹(76)  |
| 物质的量(1986-2).....         | 王志兴(80)  |
| 惯性教学浅见(1989-4).....       | 别有利(84)  |
| 在惯性问题上常见的错误(1985-2).....  | 潘超凡(85)  |
| 质量是惯性大小的有趣实验(1991-8)..... | 吴佑茂(87)  |
| 取消重量术语之后(1987-10) .....   | 赵明大(87)  |
| 谈二人爬绳问题(1988-2).....      | 代淑华(91)  |
| 跳远腾空阶段的动力学分析(1989-7)..... | 葛隆祺(94)  |
| 跳板跳水起跳的力学分析(1988-5).....  | 柳 涛(98)  |
| 谈谈牛顿第三定律(1990-6) .....    | 杨雄生(101) |
| 关于运动独立性原理(1986-8) .....   | 荣 玮(104) |
| 运动独立性原理的应用(1991-7) .....  | 王 云(106) |

##### 万有引力

##### 万有引力定律应用中一个容易

|                         |          |
|-------------------------|----------|
| 疏忽的问题(1989-4) .....     | 李伯生(111) |
| 潮汐现象的力学分析(1989-7) ..... | 郭 铨(114) |

## 惯性力

- 惯性力教学议(1987-1) ..... 朱洪玉(118)  
重力随纬度变化的原因(1984-4) ..... 朱全业(120)  
转动参考系中离心现象的观测研究(1982-4)

..... 李俊伦 何泽民(122)

- 科里奥利现象的初等分析(1983-2) ..... 沈树人(125)

## 质心

- 谈质心与质心运动定理的教学(1990-3) ..... 张立英(130)

- 灵活应用质心运动定理(1989-1) ..... 张景学(135)

- 双锥体自动向上滚动的力学条件与几何条件(1990-9)

..... 严仲强(137)

- 论截梁称重的规律(1986-10)..... 张中民 邝秀章 耿震东(139)

## 动量与动能

- 动量和动能概念的发展(1984-1) ..... 关 洪 罗蔚茵(143)

- 试论动量和动能的区别(1984-1) ..... 黄锡令(149)

- 动量守恒定律与能量守恒定律的联系和统一(1984-1)

..... 杨朝潢 冯麟保(152)

- 动能定理和动量定理的关系(1989-4) ..... 储惠琰(158)

- 守恒定律和空间、时间对称性(1984-1) ..... 姚士雄译(159)

## 动量守恒

- 教学中动量原理应用的常见疏忽(1985-6) ..... 张维静(162)

- 培养学生正确地运用动量守恒定律(1991-5) ..... 白勤玉(165)

- 动量守恒定律中的参照物问题(1987-2) ..... 陈巨华(168)

- 动量守恒条件的分析与讨论(1984-1) ..... 岳世渊 周南高(169)

## 机械能守恒

- 机械能守恒定律与机械能守恒(1987-11)..... 梁昆森(172)

- 浅谈机械能守恒的条件(1985-2) ..... 陈俊衡(175)

- 对《浅谈机械能守恒的条件》

一文商榷(1986-10)..... 赵世文(177)



|                                 |              |
|---------------------------------|--------------|
| 如何讲解动能的标量性(1984-1) .....        | 张汉臣(179)     |
| 功与功率                            |              |
| 机械功的定义与计算(1990-3) .....         | 邓 琼 王幼英(180) |
| 汽车的运行与功率(1987-8) .....          | 钟时迪 肖代章(183) |
| 卡车的额定功率与最大速率(1985-5) .....      | 黄忠鉴(187)     |
| 对荡秋千的一种简单解释(1983-5) .....       | 黄宗镇(191)     |
| 荡秋千中的功能转换(1989-2) .....         | 潘文玲 孟繁章(193) |
| 地、月跳高比(1988-12) .....           | 郭瑞生(196)     |
| 摩擦                              |              |
| 摩擦力的性质(1990-2) .....            | 魏安赐(198)     |
| 摩擦的分子理论(1983-5) .....           | 顾世清(206)     |
| 关于摩擦力的若干问题(1983-5) .....        | 王永生 丁育昌(211) |
| 摩擦力做功辨析(1986-2) .....           | 严 敏(214)     |
| 摩擦力的功和做功过程中的能量转化(1987-7) .....  | 李中岭(216)     |
| 关于摩擦生热的量度问题(1983-5) .....       | 赵润生 王怀珍(219) |
| 碰撞                              |              |
| 碰撞与动量守恒(1984-1) .....           | 徐信洪 曾仲宁(223) |
| 两粒子弹性碰撞的规律(1982-4) .....        | 谢开宪(224)     |
| 浅谈旋转球的碰撞(1983-4) .....          | 王溢然(231)     |
| 圆周运动                            |              |
| 乒乓球为何能自动滚回? (1987-6) .....      | 张三平(233)     |
| 关于绳系小球在铅直平面内的圆周运动(1984-3) ..... | 张东壁(235)     |
| 角动量及角动量定理                       |              |
| 对角动量概念的直观讨论(1986-7) .....       | 王永志(237)     |
| 角动量守恒的条件是外力矩的                   |              |
| 矢量和为零(1984-3) .....             | 杜国凡(242)     |
| 角动量守恒定律的正确运用一例(1990-5) .....    | 李雨瑾(245)     |
| 内力对质点系动量角动量变化的影响(1988-3) .....  | 章绍禄(247)     |
| 刚体碰撞问题中如何选择参考点(1989-4) ...      | 黄影芳 崔开海(251) |

## 第五章 流体静力学

液体中平面物体的平均压强和总压力.

|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| 作用点的位置(1990-2) .....           | 杨雄生(254)     |
| 简便易行的帕斯卡桶实验(1988-10) .....     | 余 湛(258)     |
| 帕斯卡压裂木桶实验的改进(1990-2) .....     | 黄守平 刘立亚(259) |
| 浅谈阿基米德定律的教学(1983-5) .....      | 黄国雄(260)     |
| 液体对沉体作用力公式(1987-1) .....       | 蔡贤明(261)     |
| 关于浮体平衡性质的讨论(1990-11) .....     | 朱克俭(264)     |
| 论在超重和失重状态下阿基米德定律(1984-5) ..... | 张 攸(266)     |
| 初中流体静力学组合演示(1987-12) .....     | 郑 沅 王录田(270) |

## 第六章 流体动力学

液体从圆柱形容器侧壁喷出, 是小孔越低,

|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| 射程越远吗? (1987-11) .....         | 孙晓林(275)     |
| 对两个流体力学问题的分析(1990-4) .....     | 黄国龙 高 原(278) |
| 斯托克斯定律(1991-3) .....           | 王礼祥(281)     |
| 用落球法测液体粘滞系数实验中的标线位置的估算(1991-5) |              |
| .....                          | 李锦英(284)     |

# 热学

## 第一章 温度与温标

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| 温度概念(1984-3) .....            | 章立源(288) |
| 谈温标(1984-3) .....             | 成如山(294) |
| 热力学温标与绝对零度(1984-3) .....      | 罗继阳(298) |
| 从玻尔兹曼分布看温度的微观意义(1989-2) ..... | 杨雅云(301) |
| 1990 国际新温标(1990-9) .....      | 文 摘(304) |

## 第二章 分子运动论

### 综述

分子运动论简史(1984-5) ..... 瞿国凯 吴以义(305)

Clausius, Maxwell, Boltzmann 对分子运动论的

重大贡献及其启迪(1991-6) ..... 陈秉乾 周岳明(309)

### 理想气体

关于理想气体模型的思考(1991-2) ..... 薛国良(315)

考虑分子碰撞理想气体压强公式

的推导(1987-9) ..... 吴瑞贤 吴世英(320)

推导理想气体压强公式中的统计概念(1984-5) ..... 罗蔚茵(323)

气体常数的测定(1991-2) ..... 郭奕玲 沈慧君(326)

### 实际气体

从克拉珀龙方程到范德瓦尔斯方程(1984-5) ..... 王 照(328)

实际气体内部的压强(1986-10)..... 黄淑清(334)

范德瓦尔斯方程改正值  $b$  的一种估算法(1986-7) ..... 陈水生(338)

### 麦克斯韦分布和玻尔兹曼分布

气体分子在重力场中按高度分布的一点讨论(1988-7)杨宝胜(339)

应用分子运动论研究大气压强(1990-3) ..... 宣树德(341)

### 分子运动论的实验验证

分子运动论的实验验证(1984-5) ..... 美国渭(347)

### 微粒的布朗运动

微粒的布朗运动(1990-12)..... 唐孝威(353)

## 第三章 热力学

### 热力学第一定律

关于热量概念常见的几种错误(1983-5) ..... 白代奎(358)

物质的内能和温度(1984-3) ..... 王金矿(359)

温度、热能、内能和热量(1984-3) ..... 汪照义(353)

谈谈水和冰的内能(1989-4) ..... 马连喜(368)

|                                    |              |
|------------------------------------|--------------|
| 怎样从微观角度去理解功和热(1986-11).....        | 周同生(369)     |
| $C_p$ 和 $C_v$ 是物质的性质(1989-6) ..... | 门 甫(370)     |
| 热力学第二定律                            |              |
| 熵概念溯源(1989-4) .....                | 郭振华 郭应煥(372) |
| 熵及熵的变化(1991-6) .....               | 钱时惕(375)     |
| 熵理论的发展和耗散结构理论的建立(1991-6) .....     | 何圣静(380)     |
| 熵与生命(1991-6) .....                 | 钟立清(382)     |
| 关于热力学第一、二、三定律的独立性(1985-4) .....    | 沈抗存(383)     |
| 相变                                 |              |
| 气泡的形成与液体的沸腾(1989-4) .....          | 杨进琼(385)     |
| 水的沸点与海拔高度的关系(1987-4) .....         | 姚作平(387)     |
| 人呼出二氧化碳为什么不液化(1988-2) .....        | 沈瑞青 徐 并(390) |
| 过冷液体的热平衡(1987-10).....             | 陆中岳(391)     |
| 压力锅的热学分析(1987-2) .....             | 徐家康(393)     |

## 第四章 液体

### 液体的物性性质

|                           |              |
|---------------------------|--------------|
| 水和冰的物理性质与氢键(1985-6) ..... | 韩宝麟(397)     |
| 4℃的水密度最大(1988-6).....     | 朱肇瑞 张 雄(400) |

### 液体的表面性质

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| 关于表面张力的定义(1991-5) .....        | 朱如曾(403) |
| 液体表面张力的微观本质(1983-5) .....      | 任恩扬(408) |
| 液体表面张力的微观解释(1982-2) .....      | 刘 骥(412) |
| 液体表面张力为何因温度升高而减小(1984-4) ..... | 董继昌(415) |
| 浅谈毛细现象公式(1990-3) .....         | 赵维凡(420) |

### 编后

# 经典力学

## 第一章 综述

### 牛顿力学的形成

牛顿力学是经典物理学的主要基础，它是在前人工作的基础上，以 F·培根的实验哲学为思想指导，用伽利略开创的实验（观测）与数学分析相结合的方法，站在前人的肩上而建立的比较全面而系统的力学体系。他系统地总结了伽利略、开普勒和笛卡尔等人的研究成果，运用动质量概念和引力与相互作用物体中心之间距离的定量关系，提出运动三定律和万有引力定律，在科学发展上建立了一个伟大的丰碑。在相对论出现前的二百多年中，对物理学甚至整个科学发展产生极深刻的影响，并在现代低于光速运动领域内仍有着广阔的用途。牛顿力学体系，本来还应包括他的流体力学定律，即物体在流体中运动的阻力定律，但是由于篇幅所限，本文就牛顿力学产生的历史背景和运动三定律与万有引力定律的发现过程，做如下的概括介绍。

#### 1 牛顿力学产生的历史背景

牛顿力学体系在科学史、哲学史和社会史上占有如此重要的地位，有着深刻的历史原因和背景，它可分为社会的、科学的和牛顿本人的三个方面：

##### 1.1 社会背景

文艺复兴运动和地理大发现，使新兴的资本主义手工业和商业从封建经济中逐渐分化并发展起来。宗教改革运动在意大利之外的欧洲风起云涌。大羊沿岸的岛国——英国过去作为炼金术所需原料（铜、锡和铅等）的产地，在这时的手工业上有了较大发展，毛纺织业的兴起又促进了英国的海外贸易和殖民地扩张。罗马教皇鞭长莫及和新教的蓬勃发展，使英王宣布与罗马教皇脱离关系。这样，从都铎王朝起，资产阶级和新贵族的改良运动结合，终于导致一场复辟与反复辟的资产阶级革命。牛顿诞生的 1642 年爆发了革命。他发表《自然哲学的数学原理》的第二年即 1688 年，“光荣革命”成功，建立了君主立宪的资产阶级共和国。牛顿从诞生至他的主要科学生涯时期，都是在资产阶级革命过程中度过的，他从中吸取了科学精神和革命意识的滋养，对他冲破羁绊进行一系列观念上的突破和建立他的力学体系，起了重要作

用。

## 1.2 科学背景

科学背景可分为科学的和科学思想的两方面。在科学思想的背景方面，自1543年哥白尼发表《天体运行论》而掀起科学革命之后，伽利略用望远镜观测天象，开普勒发现了行星运动三定律，法国天文学家布里阿德(Bulladus)提出太阳的引力与距离的平方成反比的思想，对牛顿探索天体运动的内在机理，有着深刻的影响。F·培根的实验哲学对牛顿的物质观点和科学观点起了很大作用。在科学背景方面，伽利略的落体实验、落体定律和惯性律，开普勒的行星运动三定律和笛卡尔的运动守恒原理及科学地表述惯性律，使牛顿能“站在这些巨人的肩上”，看得更远。

## 1.3 牛顿本人的背景

在一定客观条件下，科学家本人的条件和科学素质具有关键性作用。牛顿少年时代家境贫寒而多变，受同学歧视，使他洞识人生，早熟和自我奋斗。他通过制做各种玩具，培养了动手做仪器的技艺和爱好。他的数学才能和巴罗(I. Barrow, 1630-1677)教授善识千里马，对他后来的科学生涯起了重要作用。他在剑桥大学求学时，正是皇家学会刚刚成立并以重实验、技术和科学的应用为宗旨，主要会员大多数在伦敦和剑桥，并与他先后有深切交往。因此，以实验为依据，以数学推理为方法，二者紧密结合，成为他治学的信条。

牛顿正是在这些主客观条件下，刻苦钻研，并在学术争论中，探索科学真理，终于建立和发展成自己的力学体系。

## 2 运动三定律的发现过程

运动三定律作为一个整体，与万有引力定律一起，是牛顿力学体系的基础，从这个意义上说，把惯性律纳入运动三定律之一，不论从含义还是质量概念的突破上，都有着更重要的意义。

古代，伊壁鸠鲁和卢克莱修都曾对原子的运动规律做过思辩性的论述，牛顿称之为“所有那些古人知道第一定律”。14世纪奥坎(W. Occam, 1300-1349)曾提出惯性公例的普遍性，后来达·芬奇(L. Da Vinci, 1452-1519)和斯台文(S. Stevin, 1548-1620)都曾做过惯性运动实验。古代科学家之所以重视惯性律，是为了要探索宇宙间的自然运动。亚里士多德认为自然运动是落向宇宙中心的运动，上述原子论者实际上注重落体运动。伽利

略认为自然运动有两种：落向地球中心的运动和惯性运动。他在1600年发现物体沿斜面上升和下降时，分别呈等减速和等加速运动。他运用理想实验，发现物体“运动一旦进行，没有外力的干与，就不会停止，沿水平面运动的速度也永远不会改变，”这就是他发现的惯性律。但是，他错误地认为等速圆周运动也是惯性运动，笛卡尔在《哲学原理》中，指出惯性运动的物体永远不会使自己趋向曲线性运动，而只会保持在直线上，从而做出纠正。牛顿认为，自然运动只能是惯性运动，即今天理解的零力场中的运动，因而研究惯性律具有特殊的重要意义。

1664-1665年牛顿在《流水帐》(Waste Book)手稿中，曾正确地表述惯性律为“一个定量的物体一旦运动，将永不停止，除非被某外因所阻止”，“一定量的物体永远在同一直线上运动（不改变其方向和速度），除非受外力的推动”。1665-1669年他在《论流体的重力和平衡》手稿中，指出，“惯性是一物体之内的以避免其状态易被一外作用力所改变的力”。牛顿深入问题的本质，指出惯性是物体内在的性质，以惯性力的形式对外力的作用进行抵制。在1684年8-10月写的《论运动》手稿中，指出“物质固有的力……与所属有的物体(或按定义1，质量)成比例，除去与我们设想的方式外，与物质的惯性毫无差异”。这就是说，牛顿认为惯性是物质所固有的属性，与质量成比例。因此，惯性的量度依赖于质量和质量概念的建立。

在牛顿之前，没有人真正提出过运动第二定律。伽利略曾将作用力与加速度联系起来。F·培根在《新工具》一书中，提出“作用力依赖于质量”。但是，他们都没有也不可能发现作用力与质量和加速度的定量关系，并使之成为运动的基本规律，因为这不但需要建立动质量概念，而且需动力学发展到一定程度时，才能高瞻远瞩。牛顿在《流水帐》中，已认识到“一物体必须按其被推动的力的途径运动”，即运动的方向取决于作用力的方向。1665-1669年间他明确指出“……运动的物体所受的力因运动的大小和物体的大小而改变”，说明这时他已经把作用力与加速度和质量定性地联系起来。但是，应该说运动第二定律的建立必须依赖于动质量概念的出现，而这个关系正是为了发现万有引力定律的需要才发现的。按照原子论的观点，伽利略和伽桑狄曾经提出质量(即静质量)是物质所含的原子的数量，F·培根和牛顿先后说明质量为“物质之量”与作用力和运动无关。动质量则必须以作用力与速度变化的比率定义。两者在概念上不同，却存在内在联系。这个联系在于动质量和静

质量都是在既定体积内所含的原子数量相同，只是由于运动速度之有无和变化率大小而在量度上出现差异。马赫曾批评牛顿陷入以质量与体积定义密度和以体积与密度定义质量的逻辑循环。其实，牛顿从未以质量和体积公开地定义过密度。从逻辑学观点看来，静质量由所含原子数量决定，是质量概念的内涵；动质量由运动变化决定，是质量概念的外延，即在运动过程中的外在表现，二者是对立统一的，并不矛盾。

在1684年6-10月间牛顿写的《论物体运动》手稿中，定义动力为“加速力乘以同一物体”，他说的“加速力”即加速度，“物体”即其质量，因而提出了作用力等于质量乘加速度的表示式。在稍后写的《论流体中球体的运动》手稿中，牛顿提出运动六定律，其中运动第二定律表述为“运动和静止状态的变化与推动的力成比例，并沿被推动的直线发生变化”这就是运动第二定律的初始说法。

关于运动第三定律，牛顿在《原理》中曾指出，那是瓦里斯(Wallis)、雷恩(C.Wren)和惠更斯在他之前曾经分别对硬体碰撞和弹回的规律有所了解。牛顿在1665-1666年写的《流水帐》手稿中，曾用球体碰撞实验予以证明，发现与质量概念无直接联系，只是在提出动质量概念和运动基本定律时，才赋与动力学几个基本定律之一的含义。

牛顿在1684年11月写的《论球体在流体中的运动》手稿中，提出运动五定律，其中没有今天知道的运动第三定律，稍后写的《论物体在均匀变形介质中的运动》手稿中，又提出运动六定律，头三个定律为今天知道的运动三定律，而运动三定律是在牛顿写的《原理》第一卷手稿前夕，才正式定下来，并把此前所说的运动第四、五、六定律作为运动三定律的推论。因此，运动三定律既不是牛顿从伽利略、开普勒、笛卡尔、瓦里斯、雷恩和惠更斯等那里抄来的，也不是他在1665年发现的，应该说是牛顿在1684年底或1685年初才正式提出来的。

我们知道，静力学研究的对象是物体在静止和匀速地运动时的物体受力情况，即加速度为零时的特殊受力情况。因此，运动第一定律是动力学上在加速度为零时的特殊运动规律，也是从静力学向动力学过渡的定律。运动第二定律是动力学上关于加速运动的最普遍和最重要的定律，它表述了物体受力与运动变化关系的规律。运动第三定律是表述二物体相互作用时作用力与反作用力之间的大小和方向关系的定律，它对于质点系或物质系的动力学研



究极其重要。万有引力定律只有与运动第三定律一起，才能正确描述太阳系各天体的运动规律和相对平衡的状态。

根据这些道理，运动三定律作为一个整体是动力学的基础，它们与万有定律一起构成牛顿力学体系的基础。这个基础，从牛顿奠定之后成为近代动力学和天体力学研究的基本出发点，因此得到物理学家，甚至所有科学家和自然哲学家的极大重视。

### 3 万有引力定律的发现过程

万有引力定律是牛顿力学体系和天体力学的一个主要基石，它是由引力与相互作用物体重心之间的距离的平方成反比和与相作用物体的质量乘积成正比这两个因素所构成。因此，在探讨万有引力定律的发现过程时，应注意它与引力平方反比定律的发现之间的关系和区别。

牛顿早期的引力平方反比思想，与法国天文学家布里阿德有关。牛顿在1686年6月20日给哈雷的信中，提出虎克是否已发现遵守引力平方反比关系的天体运动轨道是椭圆问题时说：“因为包莱尔在他之前很久写道，行星指向太阳的趋向，正象重力和磁力的趋向一样，行星将以椭圆运动，所以，布里阿德写道，以太阳为中心并取决于物质的一切力必与距中心的距离成二乘比(duplicate ratio)的反比关系。应用这个说法，你对此问题的争论在最近一期的《哲学学会会报》上，已经证明重力依此比例。”布里阿德在1645年发表的“Astronomia Philolacia”一书中谈到这个想法，包莱尔于1666年发表的书中提到行星在轨道上运动时，存在作用其上的“离心倾向”，它与太阳的吸引作用相平衡。虎克在六十年代初，曾在他们的影响下，测过物体的重力与地心距离的关系，并且至少已认识到圆轨道运行时的引力平方反比关系。这些史料说明，早在牛顿之前，引力平方反比的思想已经出现并做过一些测定。根据有关史料来看，牛顿在1665年是了解到这些情况并受到启发，广为流传的“苹果落地”故事只是在这个背景下促使他去思考和企图验证引力平方反比关系，以及是否能形成一个定律问题，而不是万有引力定律问题。这可由牛顿于1684年6月给哈雷的信和他在1714年写的一个关于他发现引力平方反比定律的小条子(由朴茨茅斯伯爵于1872年交剑桥大学图书馆)作为确证，他的几位密友后来追述的三份资料可做旁证。此外，根据牛顿有关论文，手稿和书信的系统分析，也说明上述看法是正确的。

1665-1666年牛顿在《流水帐》中，曾通过物体在正多边形内沿周边运