中学物理（力学）核心学习

汪大勇　编著



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

需要全本请访问 www.ertongbook.com

中学物理(力学)核心学习

汪大勇　编著

合肥工業大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

中学物理(力学)核心学习/汪大勇编著. —合肥:合肥工业大学出版社,2019.1

ISBN 978-7-5650-3820-4

Ⅰ.①中… Ⅱ.①汪… Ⅲ.①中学物理课—教学研究—高中 Ⅳ.①G633.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 331430 号

中学物理(力学)核心学习

汪大勇 编著　　责任编辑 马栓磊 张 慧

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2019 年 1 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2019 年 1 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	710 毫米×1010 毫米 1/16
电 话	理工编辑部:0551-62903055	印 张	17.5
	市场营销部:0551-62903198	字 数	319 千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	合肥现代印务有限公司
E-mail	hfutpress@163.com	发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-3820-4　　定价:35.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

前　言

1987年6月大学毕业后，我先后在农村普通高中、中等师范学校、省示范（重点）中学从事高中物理教学，在物理教学第一线摸爬滚打了二十余年，2008年9月调任铜陵市教育局教研室（现教科所）物理教研员。通过对多年教学实践和教研工作的反思，我发现做一名优秀的中学物理教师实属不易。

中学阶段的物理教师是带领未成年阶段学生以物理的眼光和方法去认识世界的启蒙者和引路人，他们所做工作的范畴既是世界观的，也是方法论的。由于考试招生的现实和各种评价、评比存在的巨大的影响，在物理教育教学实际过程中，免不了存在种种偏离物理学科教学本真和应有轨道的教学行为，亦免不了存在种种对付“被评价”的套路和口诀，更免不了种种在评比中的“导演”和“表演”痕迹……这其中固然有被动的无奈，但也有主动的迎合，致使中学物理教学中鲜明的物理学科特色及逻辑思维方式难以得到彰显。

广义上说，物理教学就是以物理学科为主要内容进行的物理教育，是为了达到一定的教学目的和教育目标对物理学的基础知识和基本内容进行重新组织和系统归纳而形成的一门学科教学，属于物理课程，是物理学的子学科。中学物理教学就知识内容来说，是以经典物理学内容为主要源泉，具有较好的相对稳定性，但这些内容在教学过程能对中学生产生什么样的启迪和影响又具有很大的不确定性。如何通过对物理知识的教学，达成发展学生的“能够适应终身发展和社会发展需要的必备品格和关键能力”的目标，是一项艰巨的任务，是一项长期的任务，是一项永恒的任务，也是“立什么样的德，树什么样的人”的具体学科的实现途径。这就要求广大中学物理教师除了专注钻研物理教学法，更要深入研究物理学科专业知识和探索专业知识的研究方法，润物无声地对学生产生影响和引领，做真正意义上的研究型教师。

有鉴于此，本书结合中学教育教学实际，对中学物理教学内容（力学部分）的核心概念、核心原理和规律进行了梳理和整合，对部分问题从多角度展开了深入分

析,希望对中学物理教师整体上准确把握教学内容、深刻感悟物理精神、深入体现物理情怀、深切展现物理魅力有一定的帮助。

成书之时,非常感谢一直支持和鼓励我的同路人!

限于水平,书中定有诸多不妥之处,恳切希望得到大家的批评指正。

汪大勇

2018 年 5 月

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　录

绪论　力学发展简史 / 001

第一章　质点运动学 / 010

一、核心观念和概念

1. 运动学 / 010
2. 参考系 / 010
3. 坐标系 / 011
4. 空间和时间 / 011
5. 质点 / 012
6. 直线运动 / 012
7. 矢量和标量 / 012
8. 位矢和位移 / 012
9. 速度、平均速度、瞬时速度、速率和平均速率 / 013
10. 匀速直线运动 / 014
11. 加速度、平均加速度和瞬时加速度 / 014
12. 匀变速直线运动 / 015
13. 重力加速度 / 015
14. 自由落体运动 / 015
15. 竖直上抛运动 / 015
16. 平面曲线运动 / 015
17. 平抛运动和斜抛运动 / 015
18. 圆周运动和匀速(率)圆周运动 / 016

二、核心原理和规律

1. 关于坐标系 / 016

2. 空间和时间的计量 / 021

3. 关于质点 / 021

4. 关于位矢和位移 / 023

5. 关于速度、平均速度、瞬时速度、速率和平均速率 / 023

6. 关于加速度、平均加速度和瞬时加速度 / 027

7. 关于匀速直线运动 / 033

8. 关于匀变速直线运动 / 038

9. 关于重力加速度 / 046

10. 关于自由落体运动 / 046

11. 关于竖直上抛运动 / 048

12. 关于抛体运动 / 049

13. 关于匀速圆周运动和一般曲线运动 / 053

第二章　质点动力学 / 058

一、核心观念和概念

1. 动力学 / 058

2. 力的概念 / 058

3. 牛顿第一定律和惯性 / 059

4. 牛顿第二定律 / 059

5. 牛顿第三定律 / 059

6. 万有引力与重力 / 060

7. 弹力 / 060

8. 摩擦力 / 061

9. 动量与冲量 / 061

10. 功和能 / 062

11. 力矩与角动量 / 063

二、核心原理和规律

1. 关于力和力的独立作用原理 / 064

2. 关于惯性、牛顿第一定律和惯性参考系 / 066
3. 关于伽利略相对性原理 / 069
4. 关于非惯性参考系 / 072
5. 关于牛顿第二定律 / 078
6. 关于万有引力和重力 / 081
7. 关于做功和能量守恒定律 / 100
8. 关于动量和动量守恒定律 / 109
9. 还谈两体问题 / 123
10. 关于角动量和角动量守恒定律 / 134
11. 关于物体平衡 / 138
12. 关于有心力问题 / 144
13. 关于开普勒运动和开普勒运动中的守恒量 / 152

第三章　流体力学 / 155

一、核心观念和概念

1. 流体 / 155
2. 流体力学 / 155
3. 浮力 / 155
4. 流体的内摩擦 / 156
5. 黏滞系数 / 156
6. 理想流体的稳定流动 / 156
7. 流线 / 157
8. 流管 / 157
9. 流量和连续性原理 / 157
10. 层流 / 159
11. 湍流 / 159
12. 黏滞阻力和压差阻力 / 160

二、核心原理和规律

1. 流体的微观结构概述和流体力学的研究方法 / 160
2. 静止流体内部压强 / 162

3. 帕斯卡定律 / 171
4. 阿基米德原理 / 172
5. 稳定流动和连续性原理 / 174
6. 伯努利方程及其应用 / 175
7. 动量定理在流体中的应用 / 180
8. 黏滞定律 / 181
9. 泊肃叶公式 / 181
10. 物体在流体中的受力 / 185

第四章　机械振动和机械波 / 189

一、核心观念和概念
1. 机械振动 / 189
2. 简谐振动 / 189
3. 描述简谐振动的几个物理量 / 190
4. 弹簧振子 / 191
5. 单摆 / 192
6. 阻尼振动 / 192
7. 受迫振动 / 192
8. 共振 / 193
9. 机械波 / 193
10. 横波与纵波 / 193
11. 描述波的几个物理量 / 193
12. 行波 / 193
13. 驻波 / 194
14. 多普勒效应 / 194

二、核心原理和规律
1. 关于简谐振动的分析和讨论 / 194
2. 简谐振动的合成 / 206
3. 阻尼振动 / 217
4. 受迫振动 / 220

5. 共振 / 225
6. 振动的分解 / 233
7. 机械波的产生和介质形变 / 234
8. 波的分类和描述 / 238
9. 波动方程和波速方程 / 240
10. 波的能量 / 243
11. 惠更斯原理 / 247
12. 波的干涉 / 249
13. 关于驻波 / 253
14. 关于半波损失 / 255
15. 多普勒效应 / 261
16. 关于声波 / 264

参考文献 / 268

绪论　力学发展简史

学习物理学，不能不了解物理学的发展历史！

物理学的发展，经历了从萌芽时期、经典物理学时期到现代物理学时期的发展阶段。在各阶段中，力学的发展表现出了明显的基础性和先驱性。

公元前七、八世纪后，科学已经以经验科学的形态从生产劳动中分化出来，但物理学仍然包含在哲学之中。人们对自然界的认识是基于对自然现象的简单观察和直觉，获得的是笼统的、粗糙的和表面的看法，建立的知识也停留在对现象的描述、经验的简单总结和思辨性猜测层面，科学的社会功能微弱，科学的发展也很缓慢。但手工业生产技术的进步和发展，为十五世纪以来实验科学的诞生准备了物质基础和技术条件。这一阶段物理学的发展处于萌芽时期（或称经验物理学的萌芽时期），也称为古代物理学时期。

在这一时期，中国和希腊形成东、西方两个科学技术发展的中心。以《墨经》《考工记》为标志，中国古代力学的发展已不再是实际生产中力的现象的记录，而是开始研究了力学现象的粗略概况，并有一定的推理和论证。《墨经》中对力的概念已有初步认识，“力，刑（形）之所以奋也”，“力，重之谓。下，与（举），重，奋也”；对力和运动的关系也有了较为理性的阐述，“凡重，上弗挈，下弗收，旁弗劫，则下直”；对力系的平衡做了较为详尽的观察、实验和分析，对斜面及其应用、浮体平衡以及惯性也都做了详细的考察和分析。

墨家在总结生产劳动实践中产生的力学知识的同时，他们把这些积累和总结的知识进行推理、归纳和论证，上升到粗浅的理性认识，逐步形成了一套较为严密的逻辑方法。

《考工记》记载了当时主要手工业生产的设计规范和制作工艺，并企图阐明其中的原理。其主要涉及材料力学、流体力学、空气动力学等各个方面，对力学中滚动摩擦、惯性和箭的飞行及稳定性等做了研究。

另外，王充在《论衡》中对力学知识的论述主要在力的作用效果方面——物体运动快慢和功的概念方面。在实际观察中，王充总结出了力是使物体能够从静止

需要全本请访问 www.ertongbook.com

运动起来的原因,没有力的作用,物体不能自动。他还认识到物体的内力不能使物体自身发生运动状态的变化,“力重不能自称,须人乃举”,“古之多力者,身能负载千钧,手能决角伸钩,使之自举,不能离地”。关于物体运动,他指出,“湍濑之流,沙石转而大石不移。何者?大石重而沙石轻也”,“金铁在地,焱风不能动,毛芥在其间,飞扬千里”,阐述了物体运动状态改变的难易程度与物体重量有关,这也是对物体惯性的粗浅认识。关于功的概念的论述,公元81年桓宽所著《盐铁论》中有:“今骡驴之用,不中牛马之功”,“自古及今,不施而得报,不劳而有功者,未之有也”。王充在《论衡》中著有:“且田与宅俱人所治,兴功用力,劳佚钧等。…… 必铨功之小大,立远近之步数。假令起三尺之功,食一步之内;起十丈之役,食一里之外。功有小大 ……”这明显指出了计量功大小时,除了力的多少外,还与路程长短有关。

中国古代对于自然科学(包括物理学)的研究,发展出了以技术型、经验型、实用型相互依托、相互促进的科学技术体系。

科学成为一种独立的精神活动,最早起源于希腊。希腊人最早对自然界形成了一种独立于神话而又系统的理性看法,而且创造出了一套用数学语言来把握自然界规律的方法。希腊科学真正的发展是在希腊化时期(不是古典希腊时期),欧几里得(Euclid,330 B. C. —275 B. C.)、阿基米德(Archimedes,287 B. C. —212 B. C.)、托勒密(Claudius Ptolemaeus,约90—168)三个重要人物代表了这一时期最高的科学成就。

在关于天体运行的研究中,希腊哲学家们认为,永恒的神圣的天体只能做完美、和谐和高贵的匀速圆周运动,但这种假定和实际观测结果并不相符合。柏拉图(Plato,427 B. C. — 347 B. C.)给他的学生布置了一个任务:如何用若干个匀速圆周运动的组合,来解释观测结果。这一研究的最后和最高水平是由托勒密完成的。他继承了前人的偏心轮和本轮-均轮系统,引入等距轮,创造了一个由偏心轮、本轮-均轮和等距轮三种几何图形组成的表示一组匀速圆周运动组合的精致模型,按照月亮、水星、金星、太阳、火星、木星、土星,最后是恒星天球的顺序,完成了托勒密地心说宇宙结构模型和学说。尽管托勒密本人也意识到,这种任意加轮的方法不可能具备物理的真实性,而只是一个计算天体角位置的数学方案而已。但在当时它是能相当准确地测算出太阳、月亮和行星运行规律的方法,并且符合人类关于“天然位置”“天然运动”的见解,同人们的日常生活常识相一致,同时也符合宗教“人类中心”的教义,所以,托勒密的地心说统治了一千四百多年。尽管如此,古代也有人提出了太阳中心说,萨摩斯岛的著名天文学家阿里斯塔克(Aristarchus,315 B. C. —230 B. C.)在《太阳和月亮的大小与距离》中提出太阳和恒星是不动的,地球以太阳为中心做圆周运动,同时还绕自己的轴做轴转动。大约一千八百年后,哥

白尼(Nikolaj Kopernik,1473—1543)继承了阿克斯塔克的学说,主张日心地动说。

古希腊在力学方面取得最大成就的是亚里士多德(Aristotle,384 B. C. —322 B. C.)和阿基米德。亚里士多德主要研究的是物体的"运动原因",他已经具有正交情况下力的平行四边形概念,它的力学理论是动力学性质的,并且大多是通过猜想和推论得出的,其结论很多都是错误的。最为典型的例子就是关于落体运动的研究,他在《论天》中提出,"物体越重,下降的倾向越大,下落得越快;物体越轻,下降的倾向越小,下落必然越慢,物体下落的快慢与它的重量成正比",并在《物理学》中多次应用他的"落体定律"。另一个问题是关于力和运动的关系,他认为自然界存在两种机械运动:自然运动和受迫运动。自然运动指的是重物竖直下落和轻物竖直上升的运动,每个物体都有其活动的自然领域或特定空间(即天然位置),如重物下落、烟火腾空、气泡在水中上升等都是自然运动,其他一切运动都是受迫运动。这种运动只有在推动者施力推动下才能发生,物体运动的速度与施加的外力成正比,与在介质中的阻力成反比。这样,亚里士多德把力的作用与物体运动的速度想当然地"联系"起来了。

从亚里士多德运动理论的得出,很难以看出其同观察和实验有某种联系。他对经验材料的概括和总结缺乏严密的科学性,在解释这些经验现象时,又提出了一些不出自经验且未受经验检验的假设,整个推理过程都是建立在主观猜想的基础上,导致他得出的结论大多是错误的。但他作为一位百科全书式的科学家,几乎对每个学科都做出了贡献,在科学思想上仍然起了非常重要的作用,他的著作构建了西方哲学的第一个广泛系统。马克思(Karl Heinrich Marx,1818—1883)曾称他是古希腊哲学家中最博学的人物,恩格斯(Friedrich Engels,1820—1895)则称他是"古代的黑格尔"。

阿基米德"作为一个力学研究者,是远远胜过亚里士多德的,他是力学这门学科的真正创始人"。他提出了重心(质心)概念,并定量研究了杠杆理论。他在《板的平衡》中提出:"在杠杆上的不同重物仅当与悬挂它们的与支点相距的臂成反比时才处于平衡状态。"据说阿基米德曾对叙拉古的希罗王宣称:"给我一个稳固的支点,我就能把地球撬动。"

阿基米德在力学上的另一个重要成果就是发现并精确地论证了阿基米德定律。他在《论浮体》中,通过严密的逻辑方法证明了他的浮力定律。他的基本假设是:液体按其本性在其粒子均匀和连续分布的情况下,受挤压作用较小的粒子将被受挤压作用较大的粒子挤出去;这个液体中的个别粒子将受到在它上面的粒子的垂直压力,这就是浮力的来源。从这个基本假设出发,他证明了静止液体的表面应

该是球形的,球心位置与地心重合。他以下述两个推论的形式确立了自己的浮力定律:

"推论六:比重比液体轻的物体浸入液体中时将受到一个向上的力,这个力等于该物体同体积的液体超过该物体本身重量的部分。"

"推论七:比重比液体重的物体浸入液体中时将越来越下沉,直达到底部,它在液体中失去的重量,等于与它同体积的液体的重量。"

总之,"浸入液体中的物体所失去的重量,就等于它排开的液体的重量",这就是著名的阿基米德定律。

阿基米德研究问题的典型特点是:清晰的概念和接近完美的逻辑严格性。

十五世纪末叶,资本主义生产关系的产生,促进了生产和技术的巨大发展。恩格斯指出,人们的思想得到极大解放,激发了人们的探索精神,近代自然科学的研究就这样进入了激烈的"智力活动时期"。研究者们开始摒弃经验哲学的思辨,代之以实验的语言来研究自然,系统的观察实验和严密的数学演绎相结合的研究方法被物理学研究所采用。牛顿(Isaac Newton,1643—1727)力学体系的建立,标志着近代物理学的诞生。直至十九世纪,物理学获得迅速发展,各个自然领域之间的联系和转化被普遍发现,经典物理学臻于完善。这一时期称为经典物理学时期。

文艺复兴时期科学上第一个伟大胜利就是哥白尼推翻托勒密体系而建立了哥白尼体系,这标志着自然科学从神学中独立出来。哥白尼明确地把地球从宇宙中心位置排除出去,提出了一个以太阳为中心的宇宙结构体系,但哥白尼仍然把匀速圆周运动视为最完美、最和谐的运动,坚持以偏心轮和本轮-均轮的组合来说明宇宙的结构,这使得他的体系失去了彻底的简单性。但是,与托勒密体系相比较,它有内在的简单性,将托勒密体系的八十多个圆减少到三十四个,使得天文学的测算变得更加容易了。哥白尼体系具有一种内在和谐性,它把每个行星轨道的大小,运动速率和排列顺序进行关联,形成了一个紧密有序的整体,让宇宙显示出了一种巨大的对称性。哥白尼清楚地表述了运动的相对性思想,开辟了研究行星运动的动力学途径,这一思想启发了开普勒发现行星运动的规律,并为牛顿引力理论的完成奠定了实验基础。

其实,日心说和地心说的正确和错误并无定论,有一种观点认为二者都是正确的,它们只是将太阳系中物体运动分别地建立在以太阳为参照物上和以地球为参照物上,选择太阳作为参照物的优点在于描述太阳系物体的动力学方程变得更为简单。

彻底推翻托勒密体系的人是开普勒(Johannes Kepler,1571—1630)。开普勒吸收了哥白尼的思想,紧紧抓住行星的真实轨道问题进行研究,通过对他的老师第

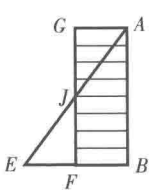
谷(Tycho Brahe,1546—1601)观测资料的研究,总结出了著名的开普勒定律。

这一时期伽利略(Galileo Galilei,1564—1642)创立了动力学。一方面,伽利略制造望远镜对天体的观测支持了哥白尼学说。另一方面,伽利略出版了伟大著作《关于两大世界体系的对话》,对哥白尼学说进行理性论证。他在《关于力学和局部运动两门新科学的谈话和数学证明》中,以确凿的实验事实、严密的逻辑推理和清晰的观点,批判了亚里士多德的运动学说,阐明了自己的运动理论。伽利略认为运动不能按照自然运动和受迫运动来区分,应该依据运动的基本特征量(速度)来进行分类。因此,伽利略提出了匀速运动和变速运动的分类方法,并且给出了"瞬时速度"的概念。

对于变速运动的研究,伽利略是从落体运动开始研究的。他大胆地假定,落体运动是匀加速运动,因为自然界"总是习惯于运用最简单和最容易的手段"来行动;并且提出了用速度的增量 Δv 和用去的时间 Δt 成比例来定义匀加速运动:"若物体从静止状态出发,并在相等时间间隔内获得相等的速度增量,称物体运动为匀加速运动。"

对于自由落体的研究,他首先从一个思想实验得出佯谬入手,否定了亚里士多德的学说。他提出,如果亚里士多德的学说是正确的,即物体下落的速度与其重量成正比,那么,可以设想一个简单的实验:一方面,把两个轻重不同的物体捆绑在一起,由于两个物体下落速度不同,它们在下落过程中相互牵扯导致最终速度应以其中间大小的速度下落;另一方面,两个物体捆绑在一起,比原来较重的物体还要重,捆绑物应该以最大的速度下落。从而证明了亚里士多德的学说是错误的。

自由落体运动是否符合他所提出的匀加速运动的假设呢?伽利略认为应该通过实验做出检验和验证。为了表示速度和距离之间的关系,伽利略提出了定理:一个物体从静止开始以匀加速度运动经过一个给定的距离所需的时间,和这个物体以相当于它的实际末速度一半的速度匀速运动同样的距离所需要的时间相等。



如图所示,以线 EB 表示直接随着 AB 所表示的时间而变化的末速度,面积 S_{ABE} 代表给出的距离,这个面积显然等于矩形 $ABFG$ 的面积,而 FB 代表平均速度,即"实际末速度一半的速度"。为了"冲淡重力"减缓下落运动,伽利略进行了著名的斜面实验,并把斜面实验的结论推广到竖直情况下的落体运动,得出落体所经过的各种距离总是同所用时间的平方成比例的结论。

伽利略还给出了动量的正确定义,强调动量是动力学中一个重要基本量,用速度和重量的乘积来量度动量。伽利略对静力学也有过论述,他表述了力的平行四

边形原理,但并没有充分认识到它的应用可以推广到广泛的矢量之中。

伽利略研究的另一个重要问题是摆的定律。他通过观察和实验,指出摆运动的时间不依赖于摆的质量和材料,而是随摆的长度的平方根而改变。在1641年,他指导他的儿子维琴佐和他的学生维维安尼(Vincenzo Viviani,1622—1703)描述并绘制摆钟的图样;15年以后,惠更斯(Christiaan Huygens,1629—1695)独立地发明了摆钟。因此,有人说,这项伟大的发明(摆钟)应该是属于伽利略和惠更斯两人的。

伽利略在研究过程中,运用把实验和逻辑结合起来的方法,有力地推进了人类科学认识活动的进展,他所发现的许多基本定理都通过了实验和逻辑的双重证明。无论是在动力学基本原理上,还是在动力学研究方法上,伽利略都做出了奠基性的重要贡献,"伽利略的发现以及他所应用的科学的推理方法是人类思想史上最伟大的成就之一,而且标志着物理学的真正开端"。

在十七世纪力学的发展中,我们还要重点关注一下意大利的托里拆利(Evangelista Torricelli,1608—1647),荷兰的惠更斯,法国的帕斯卡(Blaise Pascal,1623—1662)和笛卡尔(Rene Descartes,1596—1650),英国的胡克(Robert Hooke,1635—1703)、哈雷(Edmond Halley,1656—1742)和牛顿。这一时期是一个实验及理论活动异常活跃的伟大的时期。

伽利略通过对真空中抛物路径的解释,已成功掌握了运动第一定律和第二定律。笛卡尔也曾论述力学,但他未能超过伽利略。但在衡量运动物体的功效问题上,笛卡尔引发了一场争论[笛卡尔学派和莱布尼兹(Gottfried Wilhelm Leibniz,1646—1716)学派],笛卡尔认为功效与速度成正比,而莱布尼兹认为功效随速度的平方而变化。直至50多年后,达朗贝尔(Jean le Rond d'Alembert,1717—1783)于1743年在《动力学》中对此做出评说,才结束这场"一字之差"的争论(其实就是"动量"和"动能"的争论)。从时间角度考虑,运动物体的功效是随着速度变化的,以双倍速度竖直上抛物体,物体上升的时间加倍;但从距离的角度考虑,双倍的竖直上抛速度将引起四倍的上升高度。后来,对时间因素的考虑导出了笛卡尔提出的"运动量"(即动量)mv,并且使力$F=\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}t}$的观念成为原始的概念,使得$ft=mv$成为基本的动力学方程。对距离的这种考虑使动能($\frac{1}{2}mv^2$)成为原始的概念,并使$fs=\frac{1}{2}mv^2$成为基本方程。它们是由对方的概念互相推导出来的。牛顿后来遵循了笛卡尔的观念,使力、质量、动量成为原始的概念,但惠更斯和蓬瑟勒(Jean-Victor Poncelet,1788—1867)学派遵循莱布尼兹的观点,使功、质量、活力(能量)

成为原始的概念。莱布尼兹称 mv^2 为活力，科里奥利(Gustave - Gaspard de Coriolis，1792—1843) 提议把 $\frac{1}{2}mv^2$ 称为活力，这就是后来的动能，同时科里奥利提出了“功”这个名称，一直沿袭至今。

笛卡尔认为物体间的相互作用只能通过碰撞和挤压才能发生。关于碰撞的研究在他的物理学中占有重要分量。笛卡尔总结了七条碰撞定律，但他不了解动量的矢量性，也未能区别完全弹性碰撞和完全非弹性碰撞，所以其中的五条都是错误的。1668年，伦敦皇家学会悬赏征文，英国的瓦里斯(John Wallis，1616—1703)、伦恩(Christopher Wren，1632—1723) 和荷兰物理学家惠更斯提交了论文。瓦里斯明确阐述了冲量和动量概念以及它们之间的联系，得出了非弹性碰撞的动量守恒结论。伦恩正确地叙述了计算弹性碰撞的规则，但没有给出证明。惠更斯在研究碰撞的过程中，明确指出了动量的方向性，并近乎得出了动量守恒定律的表达，把矢量引入了物理学，为矢量力学的建立做出了概念的准备。惠更斯还第一次提出了“两物体的碰撞中，mv^2 物理量在碰撞前后不变”，这一结论就是完全弹性碰撞中机械能守恒定律的具体表现。碰撞现象的研究和动量守恒定律的发现，为建立作用和反作用定律准备了条件，完成了为建立(由伽利略时代进入牛顿时代的) 力学体系而做的奠基工作。

关于质量和重量，早期的研究中如伽利略、笛卡尔、莱布尼兹、惠更斯等，都没有给过明晰的质量定义，很多时候都认为它们是同一个术语。当发现地球表面上不同地方具有不同重力加速度时，这两个概念才得以区别开来。里希尔(Jean Richer，1630—1696) 在1671年从巴黎到法属圭亚那的卡宴(Cayenne) 去做天文观察时，发现巴黎走时准确的摆钟，在卡宴每日慢两分半平均太阳时，他只得将摆长调短 1.25*lignes*(2.80 毫米) 进行使用，回到巴黎时他发现这个摆长又太短了。惠更斯了解此事后立刻领悟到其中的原因，他将其解释为卡宴地区比巴黎有更大的地球离心倾向。惠更斯计算了离心作用，得出钟摆在极点比在赤道摆长长 1/289，在赤道处的离心力是物体的绝对重量的 1/289。但牛顿在把他的动力学定律推广到天体时就认识到了这一问题，在地球上的同一地方，质量和重量彼此成比例。同时，牛顿在一系列重要的关于摆的测试中证明了它，“在以最大准确度做实验时，我总是发现物体中的物质的量与它们的重量成正比。”

关于天体运动方面，托勒密体系被推翻后，在回答“什么原因使行星在它们的轨道上运动”这一问题时，笛卡尔提出了“旋涡说”，认为所有空间都充满了流体或以太，它们的各个部分相互作用并产生圆周运动，流体形成了许多大小、速度、密度不同的旋涡。在太阳周围有一个巨大的旋涡，它的回旋带动了地球和其他行星，每

需要全本请访问 www.ertongbook.com