

中学物理教程

课本和手册

运动的概念

[美] 杰拉尔德·霍尔顿

F·詹姆士·卢瑟福 编

弗莱彻·G·沃森

华中师范学院物理系翻译组译

中学物理教程 课本和手册



运动的概念

杰拉尔德·霍尔顿

[美] F·詹姆士·卢瑟福 编

弗莱彻·G·沃森

华中师范学院物理系翻译组 译

文化教育出版社

内 容 简 介

这套《中学物理教程》(The Project Physics Course)是美国有重要影响的改革教材。全套书共分六册: 1. 运动的概念; 2. 天空中的运动; 3. 力学的成就; 4. 光学和电磁学; 5. 原子的模型; 6. 原子核。本书是根据第一册译出的, 主要讲述了匀变速直线运动, 牛顿运动定律, 抛体运动和匀速圆周运动等知识。

这套教程的特点是: 突出最基本的概念和规律, 注意物理学与社会的联系和相互影响, 包括了相当丰富的物理学史资料, 重视阐明科学研究方法和思想方法, 叙述深入浅出。

本书可供中学教师、学生参考, 也可供中等文化水平的读者阅读。

*

The Project Physics Course

Text and Handbook 1

Concepts of Motion

Gerald Holton

F. James Rutherford

Fletcher G. Watson

Holt, Rinehart and Winston, Inc.

New York, Toronto

1970

中学物理教程

课本和手册 1

运 动 的 概 念

杰拉尔德·霍尔顿

[美] F·詹姆士·卢瑟福 编

弗莱彻·G·沃森

华中师范学院物理系翻译组译

*

文化教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京市房山县印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 9 字数 212,000

1980年6月第1版 1981年1月第1次印刷

印数 1—22,000

书号 7057·010 定价 0.80 元

译者的话

本书是美国近年来通用的中学物理教材之一。原书共分六册,包括力学、天体运动、热学、波动和声学、电学、光学、原子物理和原子核物理等内容。该书的特点是:重视物理概念,讲述比较清楚;问题的引入,注意启发诱导;取材较丰富,知识面很广,既注意了近代科学技术成就,又相当重视物理学发展史的有关资料。在各章相应的手册中,有实验、教学影片、课外活动内容,注意对学员进行科学方法的培养与实践能力的训练。鉴于本书有以上这些特点,我们把它译成中文,供广大中学物理教师和学生以及中等文化水平的知识青年参考。

中译本根据 1970 年版基本上全译,只作了极少量的删节(如与物理专业关系不大的诗及序言、结束语中的有关段落和少量插图)。中译本将原文书名《The Project Physics Course》译为国内比较习惯的“物理教程”,并且加上“中学”字样,以便区别于大学用书。参加本书主要翻译工作的有华中师范学院物理系邱永喜、杨约翰、杨兰田、张镇九、苏文芳、陈宝华、周益盛、高孝达、王纯厚、舒忠铭、李家荣等同志。还有一些同志参加了抄写、校对或少量翻译工作,物理系主任邱永喜同志负责全套书总审校,刘连寿同志参加了部分审校工作。译文不当之处,希读者批评指正。

华中师范学院物理系翻译组

1978 年 6 月

目 录

课 本 部 分

第一章 运动的用语

1.1 物体的运动	10
1.2 一个不太成功的观察运动的实验	11
1.3 一个较好的实验	14
1.4 妮斯里姑娘的“50 码”和平均速率的意义	17
1.5 运动的图示法及求斜率	21
1.6 提醒注意	25
1.7 即时速率	26
1.8 加速度及加速度与速率的比较	31
学习指导	34

第二章 自由落体——伽利略对运动的描述

2.1 亚里斯多德的运动理论	46
2.2 伽利略和他的一生	50
2.3 伽利略的《两种新科学的对话》	51
2.4 为什么要研究自由落体运动	56
2.5 伽利略对匀加速运动所下的定义	56
2.6 伽利略不能直接用实验验证他的假设	59
2.7 寻求伽利略假设的逻辑结论	60
2.8 伽利略转向间接验证	64
2.9 对伽利略的实验提出疑问	67
2.10 伽利略研究运动得出的一些重大结论	68
学习指导	72

第三章 动力学的诞生——牛顿对运动的解释

3.1 “解释”及运动定律·····	85
3.2 亚里斯多德对运动的解释·····	88
3.3 平衡力·····	89
3.4 矢量·····	93
3.5 牛顿第一运动定律·····	96
3.6 第一定律的涵义·····	100
3.7 牛顿第二运动定律·····	101
3.8 质量、重量和自由落体·····	108
3.9 牛顿第三运动定律·····	111
3.10 牛顿运动定律的应用·····	114
3.11 自然界中基本的力·····	117
学习指导·····	119

第四章 了解运动

4.1 去月球旅行·····	133
4.2 抛体运动·····	135
4.3 抛体运动的轨道是什么·····	138
4.4 运动参照系·····	141
4.5 圆周运动·····	144
4.6 向心加速度和向心力·····	147
4.7 人造地球卫星的运动·····	153
4.8 其他类型的运动·····	157
学习指导·····	159

手 册 部 分

引 言

作好记录·····	170
使用即时显影照相机·····	173

学生读物·····	175
-----------	-----

实验

1 直接用眼睛观察天象·····	176
2 周期性和时间·····	188
3 数据的变化·····	190

第一章 运动的用语

实验

4 测量匀速运动·····	191
---------------	-----

课外活动

使用电子频闪观测器·····	199
制作无摩擦的盘·····	199

第二章 自由落体——伽利略对运动的描述

实验

5 一个十七世纪的实验·····	202
6 二十世纪的伽利略实验的方案·····	206
7 测量重力加速度 a_g ·····	208
(A) 用落体直接测 a_g	
(B) 用单摆测 a_g	
(C) 用慢镜头照片(影片)测 a_g	
(D) 用落下的水滴测 a_g	
(E) 用转台和落下的球测 a_g	
(F) 用频闪摄影测 a_g	

课外活动

空气阻力什么时候起重要作用?·····	217
测量你的反应时间·····	217
落下的重物·····	218
外推法·····	218

教学影片

1 重力加速度—I·····	218
2 重力加速度—II·····	220

第三章 动力学的诞生——牛顿对运动的解释

实验

- 8 牛顿第二定律.....222
- 9 质量和重量.....227

课外活动

- 弹棋子.....229
- 杯子和锤子.....230
- 慢拉和猛拉.....230
- 体验牛顿第二定律.....230
- 在下列加速度计中选作一个.....230
 - (A) 液面加速度计
 - (B) 汽车加速度计—I
 - (C) 汽车加速度计—II
 - (D) 阻尼摆加速度计

教学影片

- 3 矢量相加——一只船的速度.....236

第四章 了解运动

实验

- 10 抛体的轨迹.....240
- 11 对抛体的预测.....245
- 12 向心力.....248
- 13 转台上的向心力.....250

课外活动

- 抛体运动的表演.....252
- 一股水流的速率.....253
- 水滴抛物线轨迹的摄影.....253
- 弹道小车上的抛射体.....255
- 在旋转参照系中物体的运动.....255
- 便士和衣架.....256
- 未知频率的测量.....257

教学影片

4	相对运动问题	257
5	伽利略的相对性原理——物体从船的桅杆上落下	259
6	伽利略的相对性原理——物体从飞机上落下	260
7	伽利略的相对性原理——竖直发射的物体	262
8	跳栏赛跑的分析——I	263
9	跳栏赛跑的分析——II	264

序 言

1934年的1月，在巴黎是一个枯燥无味的月份；有一对夫妇，在大学实验室里，用一束带电的 α -粒子照射一块普通的铝片。说得这样简单，事情好象很不重要。但是我们要进一步谈谈，因为它确实是一件大事。

我们不用去管那些实验细节，以免妨碍我们所要讲的故事——它听起来很象在谈家庭琐事。上面所介绍的这对夫妇就是法国物理学家弗雷德里克·约里奥及伊伦·居里。他们在实验中所用的 α -粒子，是从一块天然放射性金属钋中射出的；这种金属钋是36年前由伊伦的双亲——就是以发现镭而闻名于世的比埃尔及玛丽·居里发现的。弗雷德里克及伊伦在实验中发现的事实是，这块普通铝片，经过 α -粒子轰击后，在一段短时间内变成了放射性物质。

这是一件令人惊奇的事！在此以前，从来没有人观察到一个普通物质转变成成为人为放射性物质。但是物理学家在实验室里不可能将新现象强加于自然界，他们只能清楚地表明自然界本身是什么样子。我们现在知道，这种放射性现象，在自然界是经常发生的。例如在地球上及在大气层中，在宇宙线轰击下就会发生这种现象。

这个新闻，使得科学家们非常兴奋，虽然很少有报纸拿它作为头条新闻报导，但是它在科学界还是传播得很快。在罗马大学的教师中，有一个青年物理学家，名叫恩里柯·费米，对这个消息很感兴趣，他想重复弗雷德里克及伊伦的实验（在方法上采取一个重要的改变），关于这方面的故事，费米的妻子劳拉在她的《原子在我家

中》一书中是这样叙述的：

……他决定不用 α -粒子，而用中子来产生人为放射性物质。中子不带电，它们既不会被电子吸引，也不会被原子核排斥；它们在物质内的路程比 α -粒子长得多；它们的速率及能量可保持很高；它们以足够大的效果击中一个原子核的机会也大得多。

通常一个物理学家总是要有某种理论来指导他设计实验的。这次，完善的理论却还没有建立起来；只有通过具体实验，才能告诉我们中子是不是很好的子弹来击中靶子上的原子核，从而产生人为放射性。费米，这时年龄才 33 岁，已经是一位著名的理论物理学家；决定自己来设计一个实验检验他自己的论点。他的第一个工作就是要得到一种仪器能探测放射性物质所放射出的粒子。在当时，实验室用的最好的探测仪是盖革计数器，可是在 1933 年盖革计数器是一种较新的仪器，还不能及时供应。因此，费米只好自己做。

计数器很快就制成，能够探测从放射性物质发出的辐射。但是，费米还需要一个中子源。他将铍粉和气体氦封闭在一支玻璃试管里。氦发出的 α -粒子轰击铍，从而使铍发射中子，这些中子可以很自由地通过玻璃试管壁。这样就制成了中子源。

现在费米已准备好进行他的第一次实验了。他是一个讲求条理的人，不是对任意物质乱轰一气，而是首先从最轻的元素氢开始，然后按周期表上的元素排列顺序一个一个地进行。当他用中子轰击水，什么事也没有发生，即用氢作靶没有得出结果。其次的一个元素是锂，他试的结果不幸又失败了。他继续用铍，硼，碳，氮进行试验，它们都没有激发出放射性来。费米犹豫，泄气，几乎要放弃这个研究工作了，但是他的顽强性使他拒绝屈服。他愿意再试一个元素。他已经知道氧是不

会变成放射性的，因为他第一次轰击对象就是水。于是他照射氟。好哇！他得到了报偿，氟被强烈地激活(活化)了；在周期表中，氟以后的元素也都是这样。

在这个领域取得的这样好的成果，鼓舞着费米不仅邀请了埃米里奥·赛格里和爱德阿多·阿玛尔迪来帮助他，并且打了一个电报给拉赛蒂(是费米的一个正在国外的同事)，告诉他这个实验的情况，劝他立即回来。不久，化学家奥斯卡·达格斯蒂诺也参加了这个小组，于是加快了系统的研究工作的步伐。

在同事们的协助下，费米在实验室里兴高采烈地工作，正象劳拉·费米所叙述的那样：

……用盖革计数器来检验被照射的物质的放射性。假如中子源的辐射也能到达计数器，则有可能对测量发生干扰。因此就在一条长走廊两端的两个房间中，一间放被照射的物质，另一间放计数器。

有时，某个元素产生的放射性历时很短，不到一分钟就测不出来了。于是动作迅速就成了关键，因此必需从走廊的一端飞快地跑到走廊的另一端来缩短时间，阿玛尔迪及费米都自夸跑得最快。他们的任务就是将短寿命的物质迅速地从走廊的一端送到另一端。他们两人经常比赛，费米宣称他比阿玛尔迪跑得更快……

在1934年10月22日的早晨有一个关系重大的发现。费米的两个合作者，对一支银制中空圆筒进行中子照射，使它产生人为放射性。中子源放在圆筒的中心，他们发现银的感生放射性量与偶然放在房间中的其他物体有关！

……在圆筒周围的物体似乎影响圆筒的放射性。如果将圆筒放在木桌上进行照射，则它的放射性要比把它放在一块

金属上时强一些。

这引起了整个小组的兴趣，每一个人都参加这一工作。他们将中子源放在圆筒外边，在二者之间插进其他物体。一块铅板使放射性增强甚微。铅是重物质。费米说：“下次让我们试一下轻的东西，例如石蜡。”[在石蜡中氢最多]就在十月廿二日早晨用石蜡进行实验。

他们拿来了一大块石蜡，在它上面挖了一个空腔，将中子源放在空腔里，对银筒进行照射，然后拿去用计数器测量它的放射性。计数器发出了疯狂性的卡搭声。在物理大厅里也响起了大家的惊呼声：“真是古怪啊！真是不可思议啊！在玩魔术啊！”石蜡使银的人为感生放射性增强了一百倍。

当午餐后费米回到实验室时，他已得出了一个理论来说明石蜡的奇异作用。

石蜡含有许多氢。氢核是质子，是质量与中子质量相同的粒子。当中子源放在石蜡块里，中子在达到银核以前将在石蜡中和质子碰撞。中子和质子碰撞时，它将损失一部分能量，正象台球和一个与它大小相同的台球碰撞时那样，这个台球的速率将会减慢下来（反之，当它从一个很重的球或者从坚实的墙上反跳回来时，速率几乎不减）。一个中子在离开石蜡以前，将连续同许多质子发生碰撞，因此它的速度将会大大减小。同快中子相比，这种慢中子被银核俘获的机会要大得多。这种情况正象一个慢高尔夫球落入洞中的机会比快的要大一些；一个快高尔夫球很可能飏的一下就从洞旁滚过去了。

如果费米的解释是正确的，那么任何一种含氢比例大的物质，都会产生和石蜡一样的效果。就在那天下午，费米说：“让我们用大量的水来试一下，看看它对银的放射性影响怎样。”这里没有一个比养金鱼的喷水池更好的地方能够找到“大量

的水”了。……这个金鱼池就在实验室后面的花园里……

在那个喷水池里，物理学家们曾将一种玩具小船放到池中行驶。这种小船是突然从国外侵入意大利市场的新玩具。每只小船的甲板上有一支小蜡烛，当蜡烛点燃后船就在水面上噗噗地行驶起来，很象一只真的摩托船。他们看了很高兴。一些青年人，对这种新玩具着了迷，常花很长时间观看它们在池中行驶。当需要大量水时，费米和他的朋友很自然地就想到了那个喷水池。在10月22日下午，他们拿着中子源及银筒冲到喷水池，将两者都浸到水下。我可以肯定，尽管有中子簇射，那些金鱼仍保持她们的镇静和尊严，更甚于聚集在池外的人们。实验的结果使人们的兴奋平静下来，它肯定了费米的理论，水也使银的人为放射性增强许多倍。

这个发现——对于某些原子的嬗变，慢中子的作用比快中子大得多——对以后的一些发现来说是迈出了重要的一步；它使费米及其他人，在几年后，能够控制从铀产生的原子能。

本课程以后还要学习原子核物理。这里所以要介绍费米发现慢中子的过程，不是想引导你们现在就学习原子核，而是想使大家对科学家的活动有一个粗略的了解。在科学中不是每一个发现都象我们这里所介绍的费米及他的同事们所做的一样。尽管如此，费米的这段插曲确实说明了现代科学中的许多比较重要的特点——其中的一些将要在下面讨论。你们在学习本课程时应该留神这些特点；你们将发现它们在不同的情况下一次又一次地呈现出来。

科学年复一年地发展，这是世界各地许多人努力工作的结果，这些人，或者独自一人，或者成对的，或者组成小组，或者组成很大的研究队伍。不论每个人的工作方法和工作地点如何不同，每个科学家都希望将他的想法及实验结果和他的同行进行交流。这些

同行将会独立地进行试验来肯定他的发现并且会给他的发现增添新的内容。跟这类合作同样重要的是个人的想象力和创造性，这是科学不可或缺的元素。

费米和他的同伴们，面对泄气的实验结果表现出顽强的韧性；对创立理论与实验发挥了想象力；对出现的意外结果很敏感；对手边的物质能机智地利用以及对探索新的重要事物富有乐趣。这些品质不仅对从事科学研究有价值，对生活的其他方面也同样是具有价值的。

科学家们的工作依赖于别的科学家过去取得的成果和报导。但是，在科学上每一个进展必然引出新的科学问题。科学工作不象在某天写完一本书那样可以宣布工作结束了，而是需要继续对那些还没有认识到的重要领域进行观察和想象。

在科学中的某些工作往往依赖于耐心的观察和测量。这些观察和测量有时激发出新的概念，有时揭示出现存理论必需进行修改甚至完全放弃。但是，测量本身通常是在某个理论指导下进行的。没有人只是为了测量而测量。

所有这些是整个科学具有的特征而不是物理学所独有的。但是，这是一本物理教材，你们可能要问：“是的，但是物理学到底是什么？”提出这个问题是有道理的，但是没有简单的答案。物理学可以认为是探索物理世界所得出的一些概念组成的一个整体。关于这个世界的资料积累得非常之快；物理学最大的成就，就是找到了为数不多的几个基本原理，靠这几个基本原理，把大批资料组织在一起，并且使其中的某些部分能被理解。本课程将要讨论其中的一部分，而不是讨论组成物理学的全部概念。本课程的目的是向你们提供一个机会来熟悉物理学中的某些概念，能“亲眼看到”它们的产生和发展，并且分享应用它们以新的眼光来观察世界的乐趣。

物理学绝不只是定律的汇集和事实的积累。物理学是每个物理学家按自己的方法所进行的工作，是连续不断的活动，是一系列有时会有所发现的探索过程。对不同的物理学家的工作情况进行观察，你们将会看到他们研究的问题不同，使用的仪器不同，表现的风格不同以及其他许多不同点。费米为我们提供了一个例子，在课程进行中，我们还会碰到其他一些很不相同的例子。到这个课程结束时，你们将接触到许多概念和活动，这些概念和活动加在一起组成了物理学。你们将不仅仅是学习物理，实际上，你们将参与某些物理工作。

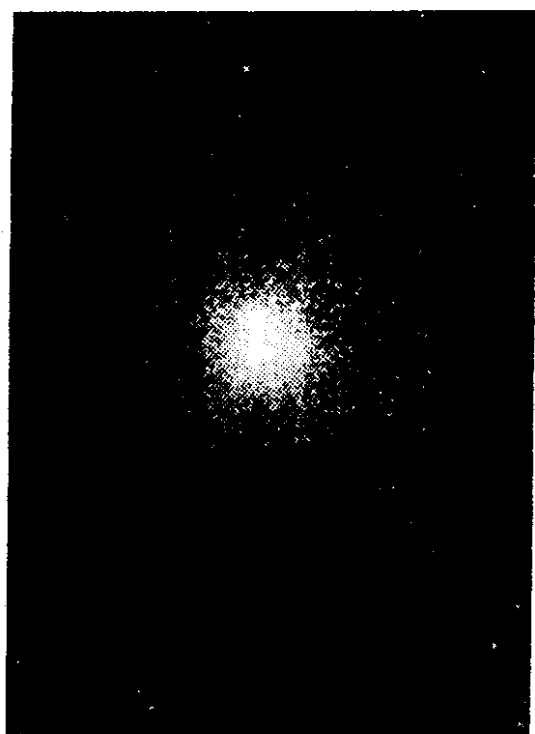
科学没有给我们最后的答案。但是，它向我们显示出许多奇妙的事，其中有一些将使我们重温童年时代看到新奇事物时的欢欣，而这些新奇事物就在我们中间或我们周围。举例来说，象大小或时间这类最基本的东西就是如此。

我们在空间中的地位

物理学所研究的规律适用于宇宙中的任何地方——从最大的到最小的。

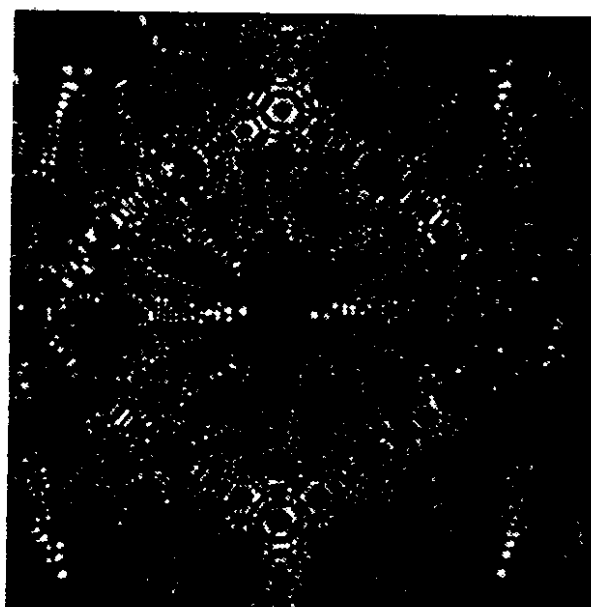
	数量级
可观察到的最远的星系距我们	10^{26} 米
最近的星系距我们	10^{22}
最近的恒星距我们	10^{17}
太阳距我们	10^{11}
地球直径	10^7
一英里	10^3
人的高度	10^0
指甲宽度	10^{-2}
纸的厚度	10^{-4}

大的细菌	10^{-5}
小的病毒	10^{-8}
原子直径	10^{-10}
原子核直径	10^{-14}



球状星云

现代估计宇宙的大小的数量级 为人身高的 10 兆兆兆兆倍 (人的高度 $\times 10,000,000,000,000,000,000,000$)。



钨中原子的位置

宇宙中已知的最小单元的大小,小于人身高的百兆兆分之一, (人的高度 $\times 0.000,000,000,000,01$)。

我们在时间中的地位

物理学家研究从最长到最短的整个时-空范围内的现象。

	数量级
宇宙的年龄	10^{17} 秒
地球轴的进动周期	10^{12}
人的寿命	10^9
一年	10^7