



ULIXUE GAILUN
ULIXUE GAILUN

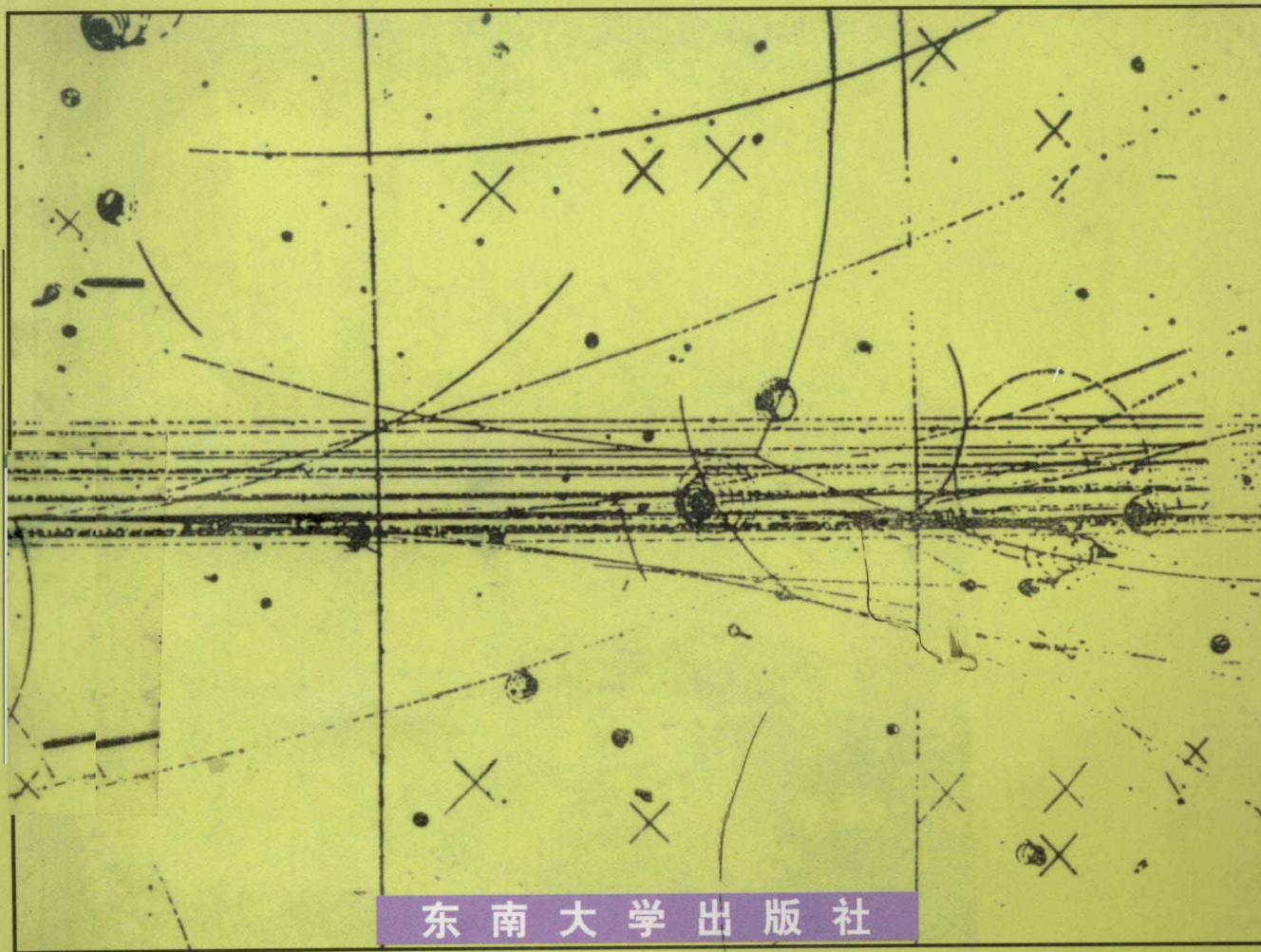
物理学概论

物理概论

—— 文科大学物理教程与实验

吴宗汉 主编

1



东南大学出版社

物理学概论

——文科大学物理教程与实验

(第二次修订)

主编 吴宗汉
参编 吴宗汉 周遥生
田 宁 周雨青

东南大学出版社

· 南京 ·

内 容 提 要

本书由三部分组成。第一部分文科大学物理教程内容分配如下:第1章人类在宇宙中的位置;第2章力学概论;第3章热学与能源工程;第4章近代科学的重要基础——电磁学;第5章物理学发展中的革命风暴——相对论与量子论的产生;第6章原子核与基本粒子的研究;第7章物理学研究中的常用思想方法介绍。第二部分为21世纪前沿科技选编,主要介绍混沌现象、材料科学、信息技术、宇宙成因探索等相关内容。第三部分介绍物理实验中数据处理方法;同时安排了如下几个实验:用常规物理仪器测圆周率 π ,自由落体法测定反应时间,薄膜铺展法估测分子大小,带电粒子运动中电偏转与磁偏转的观察及研究(含演示),负温度系数热敏电阻(NTC)的特性测定,不均匀介质溶液折射率的研究,照相及暗房技术,摄像及刻录光盘等。本次修订中每章都提供了相关例题。

本书是供经济管理、外语、文学、社科、艺术等高校文科大学生学习的一门基础课程,也可供医药类学生使用,目的是拓宽学生的知识面,学习科学家独特的、创造性的工作特点及研究方法,从而获得科学方法论的教益与启迪。

图书在版编目(CIP)数据

物理学概论——文科大学物理教程与实验/吴宗汉主编.

修订. —南京:东南大学出版社,2003.9

ISBN 978-7-81050-748-6

I. 物... II. 吴... III. 物理学—高等学校—教材

IV. O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第047498号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼2号 邮编:210096)

出版人:江 汉

江苏省新华书店经销 镇江中山印务公司印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:24.25 字数:592千字

2001年6月第1版 2007年2月第6次印刷

ISBN 978-7-81050-748-6/O·4

定价:32.5元

(凡因印装质量问题,可直接向发行部调换。电话:025-83795801)

物理学概论

袁家骝

1998年5月廿一日



第二次修订说明

本版是在 2003 年 9 月第一次修订(增添“21 世纪前沿科技选编”)之后的又一次修订,本次修订的主要内容为:

(1) 对第一章“人类在宇宙中的位置”做了较多的测量原理介绍,使本章从原本的叙述性内容向可操作、可量化的表述转变。

(2) 各章节中增添了必要的例题,以力求加大教材的可量化程度,使理科基础较好的学生有个选择的余地。

(3) 增添和改换了部分习题,使该书的可操作性进一步提高。

本次修订仍坚持“循序渐进”原则,不做大幅度变化,以保持该书原有的特点与风格。希望使用该书的同学和教师提出意见和建议,使该书更趋完善。

本次修订戴国民老师提供了例题与习题,在此表示感谢。

编 者

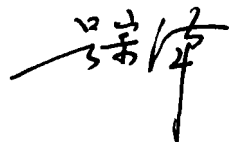
2007.1

修订说明

2001年6月本书出版后,除本校文科各系及南京地区一些高校使用外,许多外省的高校也相继试用本教材。2003年初又第2次印刷,以满足读者需求。可以这样说,接受本教材的学校越来越多。他们在使用的同时也向我们提出了宝贵的意见。本教材具体内容的安排基本上体现了“物理学科的发展经历了两个时期:从质点运动和波动这两个极限来反复研究热、光、声、电、磁等效应的经典物理和揭示了原子内部结构及波粒二象性等的近代物理”(唐有祺语)。另外,本教材尤其强调要打牢力学部分的基础,才能学好其他部分的内容。但这也带来了对反映当代物理及前沿发展介绍不足的问题。为此,本书再版时,除更正了一些不妥叙述外,又增加了一些前沿科技内容的介绍(周雨青执笔),同时又丰富了思考题的内容,并增加了习题,使本书趣味性、可读性更强。

本次修订再版得到南京工业大学沈才康、韦娜,南京农业大学陈桂云,南京工程学院刘扬正,华东冶金学院蔡领等诸位老师的支持,他们提供了宝贵的意见,在此我代表参编同仁表示衷心谢意。

年初惊悉著名物理学家袁家骝教授于北京逝世。袁先生曾专为本书题写书名,在本书再版之际,特志悼念。



2003. 7

出版说明

书籍是人类进步的阶梯。教材是教师教学成果的结晶,应是书籍中的珍品。一本好的教材,哺育和影响一代乃至几代人。东南大学一贯重视教材建设工作。近一个世纪来,一批一批的优秀教师写出了一批批优秀教材。据不完全统计,数十年来,东南大学编写出版了近千种教材,并且在从 1989 年开始的三届全国优秀教材评选中,共有 82 种教材获奖,获奖数居全国高校前列。这一成果也是使得东南大学成为全国首批本科教学工作优秀学校的一个重要支撑条件。

面对即将到来的 21 世纪,东南大学将更加重视人才培养,重视本科和研究生教学,重视教材建设。2002 年,东南大学将迎来建校 100 周年的盛大庆典。为了以实际行动迎接这一节日的到来,学校决定,到 2002 年出版 100 本高水平教材,并且在政策上给予大力扶持。经过慎重的讨论和评审,规划工作已经完成,正在逐年落实出版。从今年起,将有一批面向 21 世纪、体现东南大学教学改革成果的教材陆续面世。我们高兴地看到,中国高等教育的教材园地将更加绚烂多彩。

东南大学教学委员会
1998 年 8 月

前 言

21 世纪,随着科学技术的飞跃发展,社会的进步,世界上的许多重大问题和复杂事件,都反映出对文理结合人才的特殊需求,他们必须具备现代人的优秀品质,他们应该是知识最全面的,思想最先进的。因此,我国在教育上与国际接轨的问题就应运而生:强调要使课程结构综合化,使文理渗透、理工结合、学科交叉;在加强基础的同时,注重扩大知识面。

从目前来看,文科向理科的渗透已经起步,理科向文科的渗透难度较大。而社会对新型文科人才的要求以及文科人才自然科学素质提高的需求越来越高。为适应这一形势的要求,培养高层次的经济管理和人文社会学科方面的人才,教育界提出了在文科教学中加开理科课程的重大举措。

物理学并不只是理工科的专门学科,它是人类认识物质世界的基本工具。从古到今,人类用它揭开了宇宙的奥秘,认识了大自然一切事物发展的客观规律,从而掌握了改造自然、造福人类的方法,使人类进入了一个高度物质文明的社会。

物理学既是科学,也是文化。人类文化从来就不是按照学科分类发展的,只是为了便于研究,才分成了自然科学和人文科学。这种区分并不是分家,早在“五四”时期,大学里就提出了“文理互通”的口号,只是后来逐渐地将文理人为地分割开来了。近几十年来,这种强行分割愈演愈烈,使学生的知识面越来越窄,导致知识失衡,严重影响了人才的全面发展,阻碍了社会的进步。

1996 年,东南大学率先开设“文科大学物理与实验”课,经过 3 年试用,得到一致好评,所编教材获 1999 年度东南大学教学课程一等奖,被列为东南大学为庆祝建校 100 周年而出版的 100 本优秀教材之一。著名物理学家袁家骝教授为本教材题名为《物理学概论》。

文科物理教学不拟包罗大学普通物理课程的全部内容,也无意作全面的概述,而是在保持物理知识体系相对完整的前提下,删减了大量仅具有技术性意义的内容,增添了近代物理学和物理思想发展史的内容。因此,本课程以物理学史上的三次大综合以及物理学发展史和物理学研究方法论作为主要内容来讲授。在课程现代化方面用普通物理的风格来阐述近代物理的问题,同时又用现代物理观念来审视经典物理内容。对于牛顿力学的内在随机性、混沌概念、守恒定律与对称性、熵与信息、耗散结构等问题只作一些科普性介绍,其目的是

开拓学生的知识面,提高他们的素质。在科学方法的训练上,除了要求学生掌握通常的逻辑方法及来源于原理概念的基本方法外,还特别注意引导学生学习科学家独特的、创造性的工作特点及所用的研究方法,吸取他们成功的经验与教训,获得科学方法论的教益与启迪。在讲授相关内容的同时还特别注意介绍我国科学家在物理学研究中的成就。实验的安排并不是将理工科物理实验浓缩或简化,也不是降低实验要求只定性不定量而降低教学质量,而是采取了如下做法:实验内容、形式贴近生活、贴近观察,具有趣味性,更有吸引力;将实验演示与实际操作结合起来,形成系列;安排了与前沿科技和新技术产品相关的实验。

本书第一部分为文科大学物理教程,共分7章,内容分配如下:第1章人类在宇宙中的位置;第2章力学概论;第3章热学与能源工程;第4章近代科学重要基础——电磁学;第5章物理学发展中的革命风暴——相对论与量子论的产生;第6章原子核与基本粒子的研究;第7章物理学研究中的常用思想方法介绍。第二部分为实验,介绍物理实验中数据处理方法;安排了如下几个实验:用常规物理仪器测圆周率 π ,自由落体法测定反应时间,薄膜铺展法估测分子大小,带电粒子运动中电偏转与磁偏转的观察及研究(含演示),负温度系数热敏电阻(NTC)的特性测定,不均匀介质溶液折射率的研究,照相及暗房技术,摄像及刻录光盘等。本书由吴宗汉任主编。第一部分由吴宗汉、周遥生共同完成,第二部分由吴宗汉、田宁共同完成。第一部分总学时数为64学时,第二部分为32学时。

本书是供经济管理、外语、文学、社科、艺术等高校文科大学生学习的一门基础课程,同样也适用于医药类大学生。

本书编写过程中得到马文蔚教授、颜兴滂教授及叶善专教授的指导与帮助,朱明、周雨青、汪小娟老师及研究生陈泉同志也参与了不少工作,日本上智大学物理系田中大教授提供了他本人为文科讲授物理的讲稿和多种资料,并与我们进行过较详细的讨论,本书的编写出版也得到了东南大学教务处处长陈怡教授的大力支持,在此一并致谢。

由于时间仓促,加之我们水平有限,书中缺点错误难免,欢迎有关专家及广大读者批评指正。

编 者

2001年2月于南京

目 录

第一部分 文科大学物理教程

• 1 • 人类在宇宙中的位置	3
1-1 人类在宇宙空间中的位置	3
1-1-1 速率法测量距离	4
1-1-2 三角视差法测量距离	8
1-1-3 光学亮度法测量距离	10
1-1-4 多普勒效应法测更遥远星际的距离	15
1-2 人类在宇宙中的位置	18
1-2-1 利用自然界的演化计测时间	19
1-2-2 利用放射性计测时间	20
1-2-3 利用陨石计测太阳系年龄	23
1-2-4 利用光推算星体年龄	24
1-3 现实社会中的人类	26
1-4 有限资源、有限地球环境制约下,人类历史进步的新思考	31
• 2 • 力学概论	33
2-1 力学发展史	33
2-1-1 中世纪宗教势力的专横与亚里士多德经院主义哲学体系的禁锢	33
2-1-2 物理学初始发展时期的几种思辨方法	38
2-1-3 天体运动的日心说和开普勒行星运动定律	46
2-1-4 牛顿运动定律和万有引力定律的建立	53
2-2 力学的基本内容	55
2-2-1 质点运动学	55
2-2-2 质点动力学	62
2-2-3 力的时间、空间累积效应和动量守恒定律	65
2-2-4 动能定理、功能原理、机械能守恒定律	68
2-2-5 刚体的转动	74
2-2-6 力学中的守恒定律与对称性	79
2-2-7 振动与波动	80
2-2-8 牛顿力学的方法论及其哲学思考	86

• 3 •	热学与能源工程	89
3-1	热学发展简史	89
3-2	热力学物理基础	99
3-2-1	几个基本物理概念	99
3-2-2	热力学第一定律	100
3-2-3	气体状态方程与等值过程	100
3-2-4	循环过程与卡诺循环	103
3-2-5	热力学第二定律	107
3-3	耗散结构理论与“热寂论”	117
3-3-1	耗散结构理论	117
3-3-2	“热寂论”问题	119
3-4	能源工程	120
3-4-1	机械能间的转换工程	120
3-4-2	热能和机械能间的转换	123
3-4-3	热能转变成电能	125
3-4-4	化学能源的利用	127
3-4-5	电能转变为其他能	129
3-4-6	光能转变为其他能	131
3-4-7	核能	133
• 4 •	近代科学的重要基础——电磁学	138
4-1	电磁学发展史	138
4-1-1	电磁现象的早期认识、研究和利用	138
4-1-2	电磁学的大发展期	142
4-1-3	法拉第电磁感应现象的发现和电磁感应定律的建立	143
4-1-4	电磁场理论的建立与启迪	146
4-2	电场与磁场的基础知识	150
4-2-1	静电场	150
4-2-2	磁场	157
4-3	电磁感应与电磁波	160
4-3-1	电磁感应基本定律	161
4-3-2	动生电动势与感生电动势	162
4-3-3	电磁场方程与电磁波	164
4-3-4	作为物质一种形态的电磁场	168
• 5 •	物理学发展中的革命风暴——相对论与量子论的产生	170
5-1	引言	170
5-2	相对论简介	176
5-2-1	伽利略相对性原理和坐标转换	176
• 2 •		

5-2-2 迈克耳逊实验与洛伦兹解释	177
5-2-3 爱因斯坦相对论的建立	181
5-2-4 广义相对论提出的问题	189
5-3 量子论的产生和量子力学的发展	197
5-3-1 量子论的产生	197
5-3-2 原子光谱的规律	201
5-3-3 玻尔的氢原子模型	202
5-3-4 量子力学的发展	205
• 6 • 原子核与基本粒子的研究	211
6-1 核结构与核裂变	211
6-2 基本粒子的性质及其规律	215
6-3 中国科学家在近代物理和粒子物理方面的贡献	226
• 7 • 物理学研究中的常用思想方法介绍	242
7-1 分析与综合	242
7-1-1 分析与综合的关系	242
7-1-2 物理学中常用的几种分析方法	243
7-2 归纳与演绎	245
7-2-1 归纳法和穆勒五法	245
7-2-2 演绎法	255
7-3 类比	256
7-3-1 类比推理的两个基本环节	257
7-3-2 类比在科学认识中的作用	258
7-4 从原型到模型的方法	263
思考题与习题	266

第二部分 21 世纪前沿科技选编

• 1 • 走进非线性世界	283
• 2 • 材料科学——高新技术发展的重要基石	289
• 3 • 处于科技革命核心、先导地位的信息技术	301
• 4 • 冲出地球制约,奔向浩瀚的宇宙	314

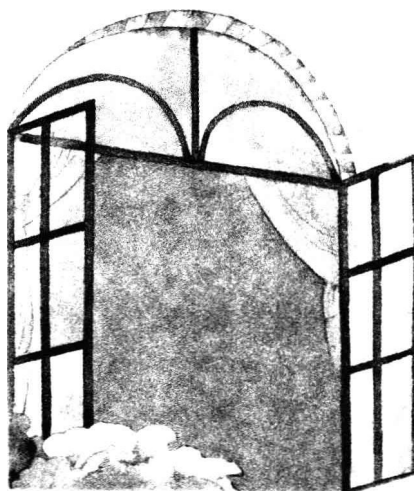
第三部分 文科大学物理实验

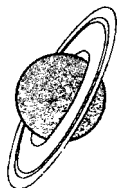
• 1 • 绪论	323
----------------	-----

• 2 •	实验有效数字的记录与处理	325
• 3 •	实验	329
实验 1	用常规物理仪器测圆周率 π	329
1-1	用天平“称” π	329
1-2	用千分尺、量筒“量” π	332
1-3	用秒表“计” π	334
实验 2	自由落体法测定反应时间	338
实验 3	薄膜铺展法估测分子大小	339
实验 4	带电粒子运动中电偏转与磁偏转的观察及研究(含演示)	340
实验 5	负温度系数热敏电阻(NTC)的特性测定	342
实验 6	不均匀介质溶液折射率的研究	346
实验 7	照相(Ⅰ)	348
实验 8	照相(Ⅱ)——暗房技术	350
实验 9	摄像及刻录光盘	353
• 4 •	物理实验中的数据处理	357
附录		366
附录 A	蒲丰问题——用掷针法测 π	366
附录 B	凯尔文双臂电桥介绍	367
附录 C	摄像机原理简介	369
参考书目		373



文科大学物理教程





人类在宇宙中的位置

1—1 人类在宇宙空间中的位置

人类是自然发展的衍生物,人类认识自然是为了更好地了解自我。对自然了解得越多、越深刻,对人类在自然中所处的地位才越清楚。

人类认识自然始于测量。下面一组数据告诉我们:宇宙之大,物质基本成分之小;人类凭直觉难以感受太大和太小的概念,只有借助测量才能完成人类认识自然、认识自我的任务。

	单位:m
一个“基本”粒子的大小	$< 10^{-18}$
质子的大小 $8.9 \times 10^{-15} \text{m}$	10^{-15}
重元素核的大小	10^{-13}
密度高的恒星中原子间的距离	10^{-12}
金属、结晶中原子间距离	10^{-10}
橄榄酸油等的单分子层单层的厚度	10^{-9}
常温下普通空气中气体分子的平均自由程	10^{-8}
带色肥皂泡最薄处的厚度	10^{-7}
鞭毛细菌的大小	10^{-6}
人的毛发粗细(0.06 ~ 0.12mm)	10^{-4}
铅笔芯粗细、窗玻璃厚度	10^{-3}
铅笔粗细、一分硬币半径	10^{-2}
人手掌宽度	10^{-1}
实验桌宽度、门的宽度	10^0
房间的宽度	10^1

	单位:m
一列火车总长,大型船舱	10^2

	单位:m
步行 13 分钟	10^3
远景目标	10^4
马拉松距离 42.195km, 200 海里 = 3.7×10^5 m	10^5
月球的赤道半径(1 738km)	10^6
地球大小(赤道半径 6 378.14km, 极半径 6 356.755km)	10^7
地球 — 月球平均间距	10^8
地球 — 太阳间距 (1 A. U. = 149 597 870 km)	10^{11}
太阳 — 冥王星最大距离	10^{13}
最近的恒星与地球间距	10^{16}
太阳 — 天狼星间距	10^{17}
视差法测定的最大距离	10^{18}
银河系大小	10^{21}
邻近星系间距离	10^{22}
宇宙大小(1 百多亿光年)	10^{26}

1-1-1 速率法测量距离

物体有多大?离我们有多远?这是我们经常碰到的问题。日常生活中所接触到的东西,人们能够立刻感觉到它们的大小,肉眼能大体估计出它们的远近。精确一点,用尺量等简单的方法就可以有结果。但对更大、更远的东西,如高山、大漠,就必须用更有效的方法来确定其大小和距离。一种方法就是用速率来测量。

用匀速运动的速率-距离公式 $s = v \cdot t$, 通过测量物体或光速在两地的时间 t , 结合物体或光的速率(度)就可方便求出两地(待测)距离。例如:

汽车每小时行驶 100 公里(km), 从甲地行驶到某一地点需 5 小时(h), 我们就知道某地距甲地为 500km。如按时速每小时行驶 100km 绕大漠一周, 费时 32 小时(h), 大漠的周长为 3 200km, 由此可算出大漠的面积。同样, 用速率可以测量地球的大小。飞机飞行 100km 约需 10 分钟(min), 若在两海岸之间飞行一次约需 500min, 则两海岸间的宽度约为 5 000km。同样一架飞机绕地球一周, 几乎需要它的 10 倍的时间, 地球的圆周大约为 50 000km, 实际是 40 000km。我们知道, 地球是个圆球, 这样就容易从它的圆周算出直径——13 000km。这就是人类自己的住所——地球这个行星的大小。

为了显示出人类在宇宙中的位置, 让我们把视野扩大到宇宙空间中的许多星体, 它们距地球是很遥远的。先考虑月亮、太阳和太阳系中的星星, 如何测量它们与地球之间的距离呢? 最简单的方法是根据雷达技术发展出来的一个十分新颖的方法。即把雷达束对准目标月亮, 并发出一个短脉冲信号, 等候雷达所发出的信号从目标月亮上反射回来, 测量出信号往返所需的时间。如所需的时间间隔是 2.6 秒(s), 即雷达信号从地球到达月亮, 再从月亮回到地球, 历时 2.6s。雷达波与光波一样, 都有同样的速率——每秒钟 300 000km。于是我们得出结论: 地球—月亮—地球的距离是 $2.6 \times 300\,000$ km, 这就告诉我们, 月亮离地球大约 400 000km。