



前言

QIAN YAN

真正上好一节课的前提 ,就是要有一个让人赏心悦目的好教案。

当今素质教育下的考试改革和教材改革带动了课堂教学改革 ,课堂教学改革的关键是教案的革命。过去的教师一言堂怎样变成今天的师生互动大课堂 ,过去的以知识为主怎样转换成今天的能力立意 ,过去的只强调学科观念怎样转变为今天的综合素质培养 ,过去的上课一幅挂图怎样换成今天的多媒体 ,这些都是课堂教学改革面临的重要课题。有的教师牺牲节假日苦熬也不得要领 ,有的教师挑灯夜战也不得其法。为了帮助广大教师更好地把握新教材 ,推广优质教研成果 ,我们特意组织了一批富有新教材教学经验的教育专家、教研人员和一线优秀教师 ,依据教学大纲要求编写了《高中新教材优秀教案》一书。

本书在编写过程中 ,力求做到以下几点 :

1. 渗透先进的教育思想 ,充分利用现代化教学手段 ,提高课堂教学效果。整个教案体现教师主导作用和学生主体地位兼顾 ,立足以学生发展为中心 ,注重学生学习能力及思维方式的培养。
2. 教材分析辩证精辟 ,对教材内容的取舍精当 ,力求突出重点 ,突破难点。
3. 参照新大纲要求 ,结合新教材特点 ,科学合理地分配课时。
4. 科学组织课堂教学 ,优化 45 分钟全程 ,充分体现教学进程的导入、推进、高潮、结束几个阶段。注重活动课的设计 ,体现课堂内师生间、学生间灵活互动。
5. 板书设计明晰、准确 ,并力求网络化以起到在教学过程中画龙点睛的作用。
6. 注重技能、技巧的传授 ,由课内到课外 ,由知识到能力 ,追求高水平的教学艺术。
7. 以教材内容的“节”或“课”为教学单位 ,分课时备课(每课时教案字数在 4000~5000 字之间)。



8. 展示了目前常用的各类先进教具的使用方法 ,提供了鲜活、详实的备课参考资料 ,体现了学科间交叉综合的思想。

依据教案撰写的规律和教学的实际需求 ,本书主要设置了如下栏目 :

[教学目标]以教材内容的“节”或“课”为教学单位 ,简明扼要地概括 ,分条叙述。其内容按文道统一的思想 ,涉及德育与智育两大方面 ,让学生的学习做到有的放矢。

[教学重点]简明准确地分条叙述各课(节)中要求学生掌握的重点知识和技能。

[教学难点]选择学科知识中的难点问题 ,逐条叙述 ,以便学生理解和掌握。

[教学方法]具体地反映最新的教学思想和独到的授课技巧 ,突出实用性。

[教具准备]加强直观教学 ,启迪学生的形象思维。通过多媒体、CAI 课件的使用 ,加深学生对课本知识的记忆和理解。

[备课资料]联系所授内容 ,汇集生活实际、社会热点、科技前沿等领域内与之相关的材料 ,形成资料性强的鲜明特点。并设计开放型问题供学生讨论 ,设置探究性课题供学生研究 ,或者科学设计能力训练题供学生课外练习。

本套丛书按学科分为语文、数学、英语、物理、化学、历史、政治、地理八册出版 ,具有较强的前瞻性、实用性和参考价值。

我们愿以执着的追求与奉献 ,同至尊的同行们一起共同点亮神圣的教坛烛光。

编 者

2003 年 1 月

第六章 万有引力定律

第一节 行星的运动	(001)
第二节 万有引力定律	(007)
第三节 引力常量的测定	(013)
第四节 万有引力定律在天文学上的应用	(018)
第五节 人造卫星 宇宙速度	(027)
第六节 万有引力定律的综合应用	(036)
单元综合演练	(043)

第七章 动量

第一节 冲量和动量	(049)
第二节 动量定理	(056)
第三节 动量守恒定律	(063)
第四节 动量守恒定律的应用	(072)
第五节 反冲运动 火箭	(080)
第六节 动量综合应用	(087)
实验 验证动量守恒定律	(097)
单元综合演练	(104)

第八章 机械能

第一节 功	(110)
第二节 功率	(122)
第三节 功和能	(132)
第四节 动能 动能定理	(138)
第五节 重力势能	(149)
第六节 机械能守恒定律	(156)



第七节 机械能守恒定律的应用	(169)
第八节 伯努利方程	(181)
第九节 机械能综合应用	(189)
实验 :验证机械能守恒定律	(196)
单元综合演练	(201)
第九章 机械振动	
第一节 简谐运动	(205)
第二节 振幅、周期和频率	(212)
第三节 简谐运动的图象	(217)
第四节 单摆	(226)
第五节 相位	(236)
第六节 简谐运动的能量 阻尼振动	(242)
第七节 受迫振动 共振	(250)
第八节 机械振动的综合应用	(258)
实验 :用单摆测定重力加速度	(266)
单元综合演练	(270)

第六章 万有引力定律

本章概述

本章对前面所学知识——牛顿运动定律和曲线运动知识进行综合运用,并由此引入万有引力及其定律和在天体运动中的应用,因此本章教材是前几章的小结与引伸。其中万有引力定律的发现、发展过程和该定律的具体运用是本章的重点。

本章内容按大纲的要求,引导学生了解人们对天体运动认识的发展和牛顿发现了万有引力定律的认识过程以及思考和研究问题的方法,使在学习知识的同时,进行辩证唯物主义观点的教育,培养学生分析问题的能力。通过分析万有引力在天体运动中的应用,培养学生解决问题的能力。

在学生思路的打开上,教材采用了以发现万有引力定律的过程为线索,铺开了一条认知的思路及思考方法。以开普勒对行星运动学规律的描述为基础,牛顿在前人研究的基础上发现了万有引力定律,直到卡文迪许用实验较准确地测定了引力常量,才使得万有引力更具有实际应用的能力,然后再用万有引力定律解决天体及卫星的运动情况,这样我们的知识循序渐进,逐步被学生接受并能顺利地加以应用。

本章可分为三个单元:

第一单元 第一节,学习开普勒关于行星运动描述的有关知识。

第二单元 第二节和第三节,学习万有引力定律的知识。

第三单元 第四节至第六节,学习万有引力定律在天体运动中的有关知识。

第一节 行星的运动

本节教材分析

本节内容对学生来说是抽象的、陌生的,甚至无法去感知。对天体的运动充满好奇,又觉得非常神秘而不易理解。所以必须去引导学生了解人们对星体运动认识的发展过程,从“日心说”和“地心说”的内容到其两者之间的争论,从第谷的精心观测到开普勒的数学运算,在学生整体感知的过程中引导学生体会这些大师们的思路、方法及他们的一丝不苟的科学精神,并激发他们热爱科学、探索真理的求知热情。

本节内容包括“地心说”“日心说”的内容及争论的焦点,开普勒定律的内容等知识点。

教学目标

一、知识目标

1. 了解“地心说”和“日心说”两种不同的观点及发展过程。
2. 知道开普勒对行星运动的描述。

二、能力目标

1. 培养学生在客观事物的基础上通过分析、推理提出科学假设,再经过实验验证的正确认识事物本质的思维方法。

2. 通过学习,培养学生善于观察、善于思考、善于动手的能力。

三、德育目标

1. 通过开普勒行星运动定律的建立过程,渗透科学发现的方法论教育,建立科学的宇宙观。

2. 激发学生热爱科学、探索真理的求知热情。

教学重点

1. “日心说”的建立过程。

2. 行星运动的规律。

教学难点

1. 学生对天体运动缺乏感性认识。

2. 开普勒如何确定行星运动规律的。

教学方法

1. “日心说”的建立的的教学——采用对比、反证及讲授法。

2. 行星运动规律的建立——采用挂图、放录像资料或用CAI课件模拟行星的运动情况。

教学用具

挂图、录像机、录像带、投影仪、投影片

课时安排

1 课时

教学过程

用投影片出示本节课的学习目标:

1. 了解“地心说”和“日心说”两种不同的观点及发展过程。

2. 知道开普勒对行星运动的描述。

学习目标完成过程

一、导入新课

我们与无数生灵生活在地球上,白天我们沐浴着太阳的光辉。夜晚,仰望苍穹,繁星闪烁,美丽的月亮把我们带入了无限的遐想之中,这浩瀚无垠的宇宙中有着无数大小不一、形态各异的天体,它们的神秘始终让我们渴望了解,并不断地去探索。而伟大的天文学家、物理学家已为我们的探索开了头,让我们对宇宙来一个初步的了解。首先,我们来了解行星的运动情况。

[板书] 行星的运动

二、新课教学

1. “地心说”和“日心说”的发展过程

[教师介绍]

人类很早就开始了对天体的观察与研究,并从中学会了准确计算时间和测定方位的方法。在我国,远在

三千年前的殷代遗留下来的甲骨文中已有根据天文观察而确定的相当严密的历法了。

人类对天体的研究最初是通过直接的感性认识的,古希腊天文学家托勒密最初提出了“地心说”的观点,他认为地球是静止不动的,太阳、月亮及所有的行星和恒星都绕地球转动。由于“地心说”比较符合人们的日常经验,太阳总是从东边升起,从西边落下,好像太阳绕地球转动,而且“地心说”也符合宗教神学关于地球是宇宙中心的说法,所以“地心说”统治了人们长达一千年之久。

随着人们对天体运动的不断研究,发现“地心说”所描述的天体的运动不仅复杂而且问题很多。到了15世纪,欧洲的商业已相当发达,通商主要靠海路往来,人们希望借助星星的位置为船队导航,推动了天文学研究的发展。随着航海业的发展,再加上哥伦布和麦哲伦的探险航行使不少人相信地球并不是一个平台,而是一个球体,哥白尼就开始推测是不是地球每天围绕自己的轴线旋转一周呢?他假设地球并不是宇宙的中心,它与其他行星都是围绕太阳做匀速圆周运动,这就是“日心说”的模型。用“日心说”的观点许多问题都可以解决,行星运动的描述也变得简单了,但它的思想不符合当时欧洲统治者教会的利益,致使这个正确的观点被推迟一个世纪才被人们所接受。

无论是“地心说”还是“日心说”,古人总认为天体的运动很神圣,必然是最和谐、最完美的匀速圆周运动。德国的物理学家开普勒继承和总结了他的导师第谷的全部观测资料及观测数据,也是以行星绕太阳做匀速圆周运动的模型来思考和计算的,但结果总是与第谷的观测数据有 $8'$ 的角度误差。当时公认的第谷的观测误差不超过 $2'$ 。开普勒想,很可能不是匀速圆周运动,在这个大胆思路下,开普勒又经过四年多刻苦计算,先后否定了19种设想,最后终于计算出行星是绕太阳运动的,并且运动轨迹为椭圆,证明了哥白尼的“日心说”是正确的,并总结为行星运动三定律。

[启示学生]前人的这种对问题的一丝不苟、孜孜以求的精神值得大家学习,我们对待学习更应该是脚踏实地,认真真,不放过一点疑问,要有热爱科学、探索真理的热情及坚强的品质,来实现你的人生价值。

2. 开普勒行星运动规律

[出示挂图]边看边介绍行星的运动挂图,使学生对行星运动有一个简单的感性认识。

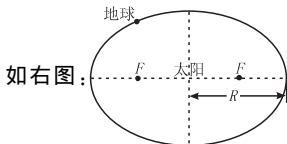
[放录像]录像很直观,能使同学们看到行星运动的立体画面,让同学们的感性认识又提高了一步。

[教师给出]开普勒行星运动的规律。

[指出]开普勒关于行星运动的描述可表述为三个定律,我们主要介绍开普勒第一定律和第三定律。

[出示板书]

开普勒第一定律:所有行星围绕太阳运动的轨道都是椭圆,太阳处在所有椭圆的一个焦点上。



[指出]行星运动的轨道不是正圆,行星与太阳的距离一直在变。有时远离太阳,有时靠近太阳。它的速度的大小、方向时刻在改变。

[出示板书]

开普勒第三定律:所有行星的轨道半长轴的三次方跟公转周期的二次方的比值都相等。

表达式: $\frac{R^3}{T^2} = k$ (R 表示椭圆的半长轴, T 表示公转周期)

[指出]每个行星各有自己的椭圆轨道,但它们运动轨道的半长轴的三次方跟公转周期的二次方的比值都是相等的。

[问题] k 与什么有关, 是否与行星本身有关?

[学生讨论、教师引导得]

所有行星都遵从 $\frac{R^3}{T^2} = k$ 的规律, 显然 k 是一个与行星本身无关的量, 而所有行星都绕太阳运转, 则 k 仅与太阳这个中心体有关.

[问题] 对于同一颗行星的不同卫星, 是否也符合这个运动规律?

[学生猜想, 教师指出]

对于同一颗行星的不同卫星, 也符合这个运动规律. 比如绕地球运行的月球与人造卫星, 就符合 $\frac{R^3}{T^2} = k'$.

[问题] 大家可思考一下, 此时的 k' 与行星绕太阳的 k 相同吗?

[学生思考得] 不同, 因中心体变了, k 值也改变.

[问题] 同学们知道现在我们已经发现太阳周围有几个行星了? 分别是什么?

[学生] 金、木、水、火、土、地球、天王星、海王星、冥王星.

[教师] 回答得很好. 那同学们知道哪颗行星离太阳最近?

[学生] 水星.

[追问] 水星绕太阳的周期为多大?

[学生] 一般答不出.

[告诉学生] 水星绕太阳的周期为 88 天.

[再问] 那我们生活的地球呢?

[学生踊跃回答] 约 365 天.

三、巩固练习

1. 行星绕恒星的运动轨道如果是圆形, 那么它运行周期 T 的平方与轨道半径 r 的三次方的比为常数, 设 $T^2/r^3 = k$, 则常数 k 的大小

- A. 只与恒星的质量有关
- B. 与恒星的质量及行星的质量有关
- C. 只与行星的质量有关
- D. 与恒星的质量及行星的速度有关

答案: A

2. 木星绕太阳转动的周期为地球绕太阳转动的周期的 12 倍, 则木星绕太阳运行的轨道半长轴约为地球绕太阳运行轨道半长轴的 _____ 倍.

答案: $2\sqrt[3]{18}$

3. 地球绕太阳运行的轨道半长轴为 1.50×10^{11} m, 周期为 365 d; 月球绕地球运行的轨道半长轴为 3.82×10^8 m, 周期为 27.3 d, 则对于绕太阳运行的行星, R^3/T^2 的值为 _____ m^3/s^2 ; 对于绕地球运动的物体, R^3/T^2 的值为 _____ m^3/s^2 .

答案: 2.5×10^{28} ; 7.5×10^{22}

四、小结

通过本节课的学习, 我们了解和知道了:

1. “地心说”和“日心说”两种不同的观点及发展过程.

2. 开普勒第一定律和第三定律.

3. $R^3/T^2 = k$, 无论是对于不同行星绕太阳转还是对于不同卫星绕同一个行星转, 都是适合的, 只是 k 值不同, k 与行星或卫星无关, 仅与中心天体有关.



五、作业

1. 阅读本节内容.

2. 思考题:

把月球及绕地球的同步卫星看作绕地球做匀速圆周运动,试计算一下月球与同步卫星到地面中心的距离比.

参考答案: $\sqrt[3]{900}$

3. 预习下节内容:万有引力定律

六、板书设计

行星的运动 { “地心说”与“日心说”的发展过程
开普勒行星运动定律 { 第一定律
第三定律: $\frac{R^3}{T^2} = k$

七、素质能力训练

1. 在古代人们对于天体的运动存在着“地心说”和“日心说”两种对立的看法. 地心说认为 _____ 是宇宙的中心,是静止不动的;日心说认为 _____ 是静止不动的,这两种认识中 _____ 更科学些.

2. 古代把天体的运动看得都很神圣,认为天体的运动必然是完美、和谐的 _____ 运动,后来 _____ 仔细研究了第谷的观测材料,经过 4 年多的刻苦计算,最后终于发现:所有的行星绕太阳运动的轨道都是 _____,太阳处在 _____ 位置上,所有行星轨道的 _____ 跟 _____ 的比值都相等.

3. 在太阳系中,有九大行星绕太阳运行,按照距太阳的距离排列,由近及远依次是:水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星,如果把这些行星的运动近似为匀速圆周运动,那么它们绕太阳运行一周所用时间最长的是 _____,运行角速度最大的是 _____.

4. 某一人造卫星绕地球做匀速圆周运动,其轨道半径为月球绕地球轨道半径的 $\frac{1}{3}$,则此卫星运行的周期大约是

- A. $1 \sim 4$ d 之间 B. $4 \sim 8$ d 之间 C. $8 \sim 16$ d 之间 D. $16 \sim 20$ d 之间

5. 关于行星绕太阳运动的下列说法中正确的是

- A. 所有行星都在同一椭圆轨道上绕太阳运动
B. 行星绕太阳运动时太阳位于行星轨道的中心处
C. 离太阳越近的行星运动周期越长
D. 所有行星的轨道的半长轴的三次方跟公转周期的二次方的比值都相等

6. 月球环绕地球运动的轨道半径约为地球半径的 60 倍,运行周期约为 27d. 应用开普勒定律计算:在赤道平面内离地面多少高度,人造地球卫星可以随地球一起转动,就像停留在天空中不动一样.

参考答案:

1. 地球;太阳;日心说

2. 匀速圆周运动;开普勒;椭圆;这些椭圆的一个焦点位置上;轨道半长轴的三次方跟公转周期的二次方

3. 冥王星;水星 4. B 5. D

6. 设人造地球卫星运行半径为 R ,周期为 T ,根据开普勒第三定律有 $k = \frac{R^3}{T^2}$

同理设月球轨道半径为 R' ,周期为 T' ,也有 $k = \frac{R'^3}{T'^2}$

由以上两式得 $\frac{R^3}{T^2} = \frac{R'^3}{T'^2}$

$$R = \sqrt[3]{\frac{T^2}{T'^2} R'^3} = \sqrt[3]{\left(\frac{1}{27}\right)^2 \times (60R_{\text{地}})^3} = 6.67R_{\text{地}}$$

在赤道平面内离地面高度 $H = R - R_{\text{地}} = 6.67R_{\text{地}} - R_{\text{地}} = 5.67R_{\text{地}} = 3.63 \times 10^4 \text{ km}$

备课资料

开普勒的探索与“新”观念

开普勒,1571年12月27日生于德国维登堡的维尔城。从小就体弱多病。但他小时候读书功课很好,显示了丰富的求知能力。开普勒的父亲,虽出身贵族,但不事生产,母亲脾气暴躁,没有知识。贫苦的家庭无法供养开普勒上学,因此他一直靠奖学金读书。十七岁时他进入提宾根大学,研究神学和数学。1594年,从友人劝,应哥拉次大学聘请任天文学教授。按理天文学的研究,在于预言日月交食、天体运行。但是在当时,天文学家近乎星相之流,须想象日月星辰的运行变化如何预示着国运之兴衰和事业的成败。开普勒虽不喜欢但也只能迁就。开普勒在校读书时也略知哥白尼理论,但没有认真观察过天象。像他这样认真工作的人,一旦接过职务,便专心研究,由之引起浓厚兴趣。开普勒对日心说的简明和谐性非常迷恋,他想进一步解释哥白尼算出来的行星轨道的配置。他想,行星的运动,与它们和太阳相隔的距离,一定有着某种关系。他进行了多种设想,结果都不适合。后来,他想到了几何学——包括地球在内的六颗行星和五个正多面体之间是否有着联系。从希腊时代起就知道,有五种规则的几何形体:四面体(四个三角形组成)、正立方体、八面体(八个三角形组成)、正十二面体(十二个五边形组成)、二十面体(二十个三角形组成)。开普勒便设想了一个模型:五个多面体一个套一个地放着,有点像大小不一的碗套在一起一样。五个多面体之间的四个空间有四个球面,第五个球面在最里面,第六个球面在最外面,行星轨道就在球面上。太阳处于中心不动,行星绕着太阳运动。行星轨道的差别,则对应着五个规则的毕达哥拉斯图形……。开普勒经过多次计算,使行星的球面位置跟行星的实际距离相差不到百分之五。他把结果发表在《神秘的宇宙组织》(1597年)一书里。开普勒的这一想象的谬误在今天看来是显而易见的,我们知道行星中还有天王星、海王星、冥王星以及一群小行星等,这些远远超越了开普勒规则几何立体形的幻想。但是,开普勒的成功,在当时赢得了人们的尊敬,而其想象力和计算的才能,引起了大科学家第谷、伽利略的注意。第谷决定聘请开普勒去当他的助手。于是开普勒于1600年起就在布拉格天文台工作了。

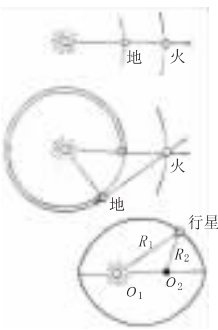
开普勒来到第谷的身边,是发现开普勒三定律和万有引力定律迈出的重要一步,这两位天才的合作,对天文学的发展起了巨大的推动作用。

1601年第谷逝世,开普勒继承了第谷的“御前数学家”的头衔,接过第谷遗留下的大量天体观察资料。他苦心研究起来。这个非常困难的问题第谷没有解决,而成了开普勒研究天体运动的起点。第谷进行观测20年,火星的运行轨道究竟是怎样的?是简单的重复吗?第谷的观测是在地球上进行的,那么地球是不动的,还是运动着的呢?当时并不清楚。开普勒深信哥白尼的理论基本上是正确的——地球既绕自己的轴自转,又绕太阳运行。起先,开普勒跟前人一样,试图用偏心轮和大本轮等的组合来说明第谷对火星的观察结果。经过一年半的努力,试验了70次,终于找到了一个与观测结果符合很好的轨道,似乎接近成功了。但是很快就发现,如果将火星的轨迹沿着拟合时使用的那些实际观测点延伸下去,那么按照模型预测的位置跟第谷实际观测到的火星位置之间会有 $\frac{2}{15}$ 度(即8分)的偏差,这个角度偏差相当于时钟的秒针在0.022秒的时间内所转过的角度。偏差很小,但开普勒并没放过。他想:是仪器的误差吗?据开普勒的研究分析,第谷的仪器和观测

误差不会超过 $2'$ 。或许在冬天的寒夜,第谷的手指冻僵了,视力迟钝了,开普勒知道第谷的工作是严谨的,观测结果的准确性是完全可以信赖的。那么,这 $8'$ 的偏差就意味着偏心轮和大小本轮的失败!开普勒在《新天文学》中写道“……这大小仅有 $8'$ 的角,就已经为改造天文学提供了手段”。开普勒对第谷这位勤奋的观测者完全信赖,他说第谷的观测决不会错。于是他否定了自己得出的轨迹曲线,开始了新的探索:——火星的轨道不是一个圆周,而且不会有这样一个点,火星绕这一点的运动是匀速的。开普勒手里掌握着第谷留给他的宝贵资料,思索着“火星的轨道应该是什么样的形状?沿轨道运动的速度又是怎样的?”——两个新问题。

开普勒相信地球是运动的,要正确地确定火星的位置首先要准确地确定地球的轨道,以便知道在观测的日子里地球在什么位置。为了推导地球的轨道,他选取了太阳、地球、火星三者在一线时为起点,经过 687 天以后,正如哥白尼所说的,火星将回到同一点(见右图),可是地球这时并不在其轨道的同一点(即第一次观察时的地点),从地球上看到的太阳和火星的方向(相对恒星而言)是可行的,由此可以确定地球在轨道上的位置。处理了几组(每隔 687 天即一个“火星年”)记录后,就可确定地球的轨道形状了。

开普勒发现地球的轨道接近圆周,太阳稍稍离开圆心。地球绕太阳运动中,地球距太阳最近时运动得快些,距太阳远时运动得慢些。开普勒设想了连接太阳和行星的“轮辐条”,并仔细研究了地球和火星后,观察到“辐条在相等的时间内扫过的面积相等”。发现了“面积定律”——今天叫做“开普勒第二定律”。面积定律成了预测行星沿轨道运行的位置的强有力的工具,开普勒画了大小不同的椭圆后说:“结论是十分简单的,行星的路径不是一个圆,而是弯曲的卵形线——椭圆。”在开普勒研究的行星中,火星轨道最扁(偏心率最大),开普勒后来写到:“惟有火星才使我看透了天文学的秘密,否则这个秘密将永远难以揭晓”。开普勒并没有满足,接着寻找行星轨道大小与绕日运转一周所需时间的关系,经过十年的努力,得出了开普勒第三定律(1609 年《新天文学》中发表了“椭圆轨道定律”和“面积定律”后,到 1619 年《世界的和谐》中发表了“周期定律”)。于 1630 年 11 月 15 日病死在累根斯堡。



开普勒的一生,大半是贫病交迫,孤独奋斗。由于发现了三大定律,他获得了“创制天空法律者”的头衔,但贫困如昔。有人说,哥白尼出身富家,第谷有国王支持,伽利略后面有公爵,牛顿后面有政府,而开普勒只有疾病和贫困。失败和贫困没有阻止开普勒的探索,他的想象力、毅力和献身精神终于给他带来了成功。在开普勒的工作中特别应提出的是:① 他开始时是企图用柏拉图的几何模型和托勒玫的偏心轮本轮的形式来解释行星的运动规律,但是后来他终于抛弃了陈旧的观点,提出了新的设想,从而发现了三大定律。他还把过去采用几何(圆周)形式表述行星运动的方式推进到用代数方程来陈述三大定律。② 他对第谷的信赖和对第谷观测的精确数据的重视是他成功的关键。一种物理模型或一种假设,随着人们认识的发展,是可以修正或更新的,但是一份实际观测的资料,却是长期起作用,又随人们观念的更换而改变的。这些都是我们的启示。

第二节 万有引力定律

本节教材分析

这节课主要讲述了万有引力发现的过程及牛顿在前人工作的基础上,凭借他超凡的数学能力证明万有引力的一般规律的思路与方法。

这节课的主要思路是:由圆周运动和开普勒运动定律的知识,得出行星和太阳之间的引力跟行星的质量成正比,跟行星到太阳的距离的平方成反比,并由引力的相互性得出引力也应与太阳的质量成正比。这个定

律的发现把地面上的运动与天体运动统一起来,对人类文明的发展具有重要意义.并为高中阶段无法证明椭圆轨道的情况而只能近似以圆轨道来处理的一种“近似”的物理思路.这是一种极好的研究物理的方法.

本节内容包括:发现万有引力的思路及过程、万有引力定律的推导.

教学目标

一、知识目标

1. 了解万有引力定律得出的思路 and 过程.
2. 理解万有引力定律的含义并会推导万有引力定律.
3. 知道任何物体间都存在着万有引力,且遵循相同的规律.

二、能力目标

1. 培养学生在处理问题时,要抓住主要矛盾,简化问题,建立模型的能力与方法.
2. 培养学生的科学推理能力.

三、德育目标

通过牛顿在前人的基础上发现万有引力的思想过程,说明科学研究的长期性、连续性及艰巨性.

教学重点

1. 万有引力定律的推导.
2. 万有引力定律的内容及表达公式.

教学难点

1. 对万有引力定律的理解.
2. 使学生能把地面上的物体所受的重力与天体间的引力是同性质的力联系起来.

教学方法

1. 对万有引力定律的推导 —— 采用分析推理、归纳总结的方法.
2. 对疑难问题的处理 —— 采用讲授法、例证法.

教学用具

投影仪、投影片

教学过程

用投影仪出示本节课的学习目标:

1. 了解万有引力定律得出的思路 and 过程.
2. 理解万有引力定律的含义并会推导万有引力定律.

学习目标完成过程

一、导入新课

[提问] 开普勒关于对行星运动规律的第一定律、第三定律的内容各是什么?

[学生] 开普勒第一定律:所有的行星围绕太阳运行的轨道都是椭圆,太阳处在所有椭圆的一个焦点上.



开普勒第三定律:所有行星的轨道的半长轴的二次方与公转周期的二次方的比值都相等.

表达式: $\frac{R^3}{T^2} = k$ (R :椭圆轨道的半长轴, T :公转周期)

[引入] 知道了行星运动遵从的规律了,那么行星为什么要这样运动呢?

二、新课教学

1. 万有引力定律得出的思路 and 过程

[学生] 阅读课本第一段.

[教师] 介绍一些科学家的观点. 指出不同时代有不同的结论,可见,科学的研究要经过一个相当长的艰巨的过程.

牛顿在前人研究的基础上,不仅得出行星绕太阳运动是因为受太阳对它的引力,而且凭借他超凡的数学能力证明了:在椭圆轨道下,太阳和行星间的引力与距离的二次方成反比,得出了万有引力定律.

[引导学生] 推导万有引力定律.

[指出] 行星运动的椭圆轨道可近似看作圆轨道,这样简化了问题,易于我们在现有认知水平上接受. 但牛顿是在椭圆轨道上证明万有引力定律的.

“近似化”处理的方法是研究物理问题的一种方法.

[引导推导]

如果认为行星绕太阳做匀速圆周运动,则太阳对行星的引力下应为行星运动所受的向心力,即:

$$\left. \begin{aligned} F &= m \frac{v^2}{r} \\ \text{而 } v &= 2\pi r / T \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$$

根据开普勒第三定律 $\frac{r^3}{T^2} = k$, 得: $F = 4\pi^2 \left(\frac{r^3}{T^2} \right) \frac{m}{r^2}$

其中, m 是行星的质量, r 是行星轨道半径,即太阳与行星的距离.

故得:太阳对行星的引力跟行星的质量成正比,跟行星到太阳的距离的二次方成反比.

$$\text{即: } F \propto \frac{m}{r^2}$$

根据牛顿第三定律:太阳吸引行星的力与行星吸引太阳的力是同性质的相互作用力. 既然太阳对行星的引力与行星的质量成正比,那么行星对太阳也有作用力,也应与太阳的质量 m' 成正比,即: $F \propto \frac{m'm}{r^2}$.

写成等式为: $F = G \frac{m'm}{r^2}$ (G :万有引力常量)

[提问] 上述规律是否适用于行星与其卫星之间呢?

[学生] 根据开普勒定律知, $F = G \frac{m'm}{r^2}$, 也适用于行星与其卫星之间.

[再问] 是否适用于地面上的物体呢?

[提出] 为了验证地面上的重力与地球吸引月球、太阳吸引行星的力是同性质的力,遵从同样的规律,牛顿做了著名的“月—地”实验.

[边介绍,边引导推导]

牛顿根据月球的周期和轨道半径,计算了月球围绕地球做圆周运动的向心加速度为:

$$a = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = 2.74 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

一个物体在地球表面的重力加速度为 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, 若把这个物体移到月球轨道的高度, 其加速度也应是月球的向心加速度, 根据开普勒定律可导出 $a \propto \frac{1}{r^2}$.

因为月心到地心的距离为地球半径的 60 倍, 即: $a = \frac{1}{60^2} g = 2.27 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$

[过渡语] 上边计算的两个结果十分接近, 说明地面对地面物体的引力与天体间的引力本质上是同一种力, 遵循同一规律, 于是他把这一规律推广到自然界中任意两物体间, 诞生了具有划时代意义的万有引力定律.

2. 万有引力定律

[出示板书]

内容: 自然界中任何两个物体都是相互吸引的, 引力的大小跟这两个物体的质量的乘积成正比, 跟它们的距离的二次方成反比.

公式: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ (m_1, m_2 : 两物体的质量, r : 它们间的距离, G : 引力常量, $6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$)

[指出] (1) r 表示两个物体相距很远时, 物体可以视为质点, 如果是形状规则的均匀物体, r 为它们的几何中心间的距离.

(2) 引力常量的出现比万有引力定律要晚一百多年, 是英国物理学家卡文迪许测出的, 下节课将要学习.

[疑问] 在日常生活中, 我们各自之间或人与物体间, 为什么都对万有引力这种作用没有任何感觉呢?

[指出] 这是因为一般物体的质量与星球的质量相比太小了, 它们之间的引力也太小了, 所以我们不易感觉到. 下一节课卡文迪许的精巧的扭秤实验将为我们验证.

(3) 万有引力定律发现的重要意义:

[指出] 万有引力定律的发现, 对物理学、天文学的发展具有深远的影响. 它把地面上物体运动的规律和天体运动的规律统一了起来. 在科学文化发展上起到了积极的推动作用, 解放了人们的思想, 给人们探索自然的奥秘建立了极大的信心, 人们有能力理解天地间的各种事物.

三、巩固练习

1. 要使两物体间的万有引力减小到原来的 $1/4$, 下列办法不可采用的是

- 使两物体的质量各减小一半, 距离不变
- 使其中一个物体的质量减小到原来的 $1/4$, 距离不变
- 使两物体间的距离增为原来的 2 倍, 质量不变
- 使两物体间的距离和质量都减为原来的 $1/4$

2. 火星的半径是地球半径的一半, 火星的质量约为地球质量的 $1/9$; 那么地球表面 50 kg 的物体受到地球的吸引力约是火星表面同质量的物体受到火星吸引力的 _____ 倍.

参考答案:

1. D 2. 2.25

四、小结

通过本节课的学习, 我们了解并知道:

1. 得出万有引力定律的思路及方法.

2. 任何两个物体间存在着相互作用的引力的一般规律: 即 $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$, 其中 G 为万有引力常量, r 为两物体间的距离.



五、作业

1. 阅读本节内容

2. P107, 2, 3, 4

3. 思考题:

(1) 某星球的质量约为地球的 9 倍, 半径约为地球的一半, 若从地球上高 h 处平抛一物体, 射程为 60 米, 则在该星球上, 从同样高度, 以同样的初速度平抛同一物体, 射程应为多少?

(2) 已知地球的半径为 R , 自转角速度为 ω , 地球表面的重力加速度为 g , 在赤道上空相对地球静止的同步卫星离开地面的高度是多少?

参考答案:

(1) 10 米 (2) $\sqrt[3]{\frac{gR^2}{\omega^2}} - R$

4. 预习下节内容 —— 引力常量的测定

六、板书设计

万有引力定律	{	向心力公式
		推导 { 开普勒第三定律
		牛顿第三定律
		内容: 自然界中任何两个物体都是相互吸引的, 引力的大小跟这两个物体的质量的乘积成正比, 跟它们的距离的二次方成反比
		公式: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ (m_1, m_2 : 两物体的质量; r : 两物体中心间距离; G : 引力常量, $6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$)
		意义

七、素质能力训练

1. 关于万有引力定律的正确说法是

A. 天体间万有引力与它们的质量成正比, 与它们之间的距离成反比

B. 任何两个物体都是相互吸引的, 引力的大小跟两个物体的质量的乘积成正比, 跟它们的距离的平方成反比

C. 万有引力与质量、距离和万有引力恒量都成正比

D. 万有引力定律对质量大的物体适用, 对质量小的物体不适用

2. 下列说法正确的是

A. 万有引力定律是卡文迪许发现的

B. $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ 中的 G 是一个比例常数, 是没有单位的

C. 万有引力定律只是严格适用于两个质点之间

D. 两物体引力的大小与质量成正比, 与此两物体间距离平方成反比

3. 地球对月球有相当大的万有引力, 而且月球对地球也有万有引力, 为什么它们不靠在一起, 其原因是

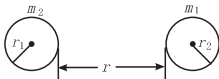
A. 不仅地球对月球有万有引力, 而且月球对地球也有万有引力, 这两个力大小相等方向相反, 互相平衡

B. 地球对月球的引力还不够大

C. 不仅地球对月球有万有引力, 而且太阳系里其他星球对月球也有万有引力, 这些力的合力为零

D. 万有引力不断改变月球的运动方向, 使得月球绕地球运行

4. 如图,两球的半径分别为 r_1 和 r_2 ,且远小于 r ,而球质量分布均匀,大小分别是 m_1 和 m_2 ,则两球间的万有引力大小为



A. $G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

B. $G \frac{m_1 m_2}{r_1^2}$

C. $G \frac{m_1 m_2}{(r_1 + r_2)^2}$

D. $G \frac{m_1 \cdot m_2}{(r_1 + r_2 + r)^2}$

5. 地球的质量约为月球质量的 81 倍,一飞行器在地球与月球之间,当地球对它的引力和月球对它的引力大小相等时,这飞行器距地心距离与距月心距离之比为_____.

6. 已知地面的重力加速度为 g ,距地面高等于地球半径处的重力加速度是_____.

7. 两颗行星都绕太阳做匀速圆周运动,它们的质量之比 $m_1 : m_2 = p$,轨道半径之比 $r_1 : r_2 = q$,则它们的公转周期之比 $T_1 : T_2 =$ _____,它们受到太阳的引力之比 $F_1 : F_2 =$ _____.

8. 地球表面重力加速度 $g_0 = 9.8 \text{ m/s}^2$,忽略地球自转的影响,在距离地面高度 $h = 1.0 \times 10^3 \text{ m}$ 的空中重力加速度 g 与 g_0 的差值多大?取地球半径 $R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$.

参考答案:

1. B 2. C 3. C 4. D 5. 9 : 1 6. $\frac{g}{4}$ 7. $q^{\frac{3}{2}}$; $\frac{p}{q^2}$

8. 不计地球自转的影响,物体的重力等于物体所受到地球的万有引力,有

$$mg = G \frac{Mm}{(R+h)^2}, mg_0 = G \frac{Mm}{R^2}$$

$$\text{所以 } \frac{g}{g_0} = \left(\frac{R}{R+h}\right)^2 = \left(\frac{6.37 \times 10^6}{6.371 \times 10^6}\right)^2 = 0.99969$$

$$\Delta g = g_0 - g = 3.04 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

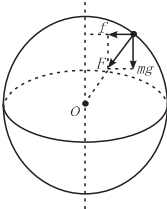
备课资料

关于重力和万有引力

我们知道在地球和物体之间,地球对物体的吸引力叫万有引力,而重力是由于地球的吸引力而使物体产生的,由此可见它们的不同,那它们究竟有什么关系呢?

一、在惯性参照系中,物体所受的重力是万有引力的一个分力.

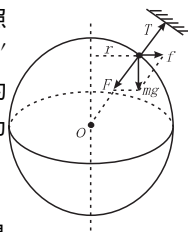
据万有引力定律可知,质量为 m 的物体在地球表面上受到地球的引力为 $F = G \frac{mM}{R^2}$,式中 M 表示地球质量,由于地球在不停地自转,地球上的一切物体都随着地球的自转而绕地轴做匀速圆周运动,这就需要向心力,这个向心力的方向是垂直指向地轴的,它的大小为 $f = m\omega^2 r$,式中 r 是物体距地轴的距离, ω 是地球自转的角速度,这个向心力只能来自地球对物体的引力 F ,这是引力 F 的一个分力,引力 F 的另一个合力是物体所受的重力 mg ,因此,重力 mg 是物体 m 所受的万有引力 F 的一个分力,如图所示.



上述讨论是选择以地心为原点,坐标轴指向恒星的地心——恒星坐标系,这是比地球惯性系更精确的惯性参考系,大量的观察和实验表明,研究地球表面附近的许多现象,在相当高的实验精度内,可近似地认为地球是惯性系,但在探讨物体的重力和万有引力关系问题时,由于地球自转,地球并不是精确的惯性系,而是非惯性系.

二、在非惯性系中,物体所受的重力是万有引力与离心惯性力的合成.

如图所示,将质量为 m 的质点悬挂于细线的末端且相对于地球静止,取地球为参照系,必须考虑离心惯性力,它受三个力作用,即线的拉力 T ,地球引力 F 以及离心惯性力 $f' = m\omega^2 r$, ω 为地球自转的角速度, r 为质点到地球自转轴的距离,此三力平衡,且三个力的合力为零,由重力的定义和 $G = mg = T$,方向与拉力 T 的方向相反,可见,质点重力 mg 为地球引力 F 与离心惯性力 f 的合力。



三、两种方法求得的物体所受重力结果是相同的。

同一问题似乎有两个结论,即重力既是物体与地球间的万有引力 F 的一个分力,又是物体 m 所受万有引力 F 与离心惯性力的合力。这种差别是由于在不同参照系(地心——恒星参照系和地球参照系)中观察所致。两种方法求得的物体重力结果完全相同,如图 2 所示,因三个力 F 、 T 、 f' 相平衡,可把万有引力 F 分解为一个与惯性离心力 f' 相平衡的力 $f = m\omega^2 r$,另一个与拉力 T 相平衡的重力 mg ,从这个角度来看,两者又互相统一。

在地球中心的物重应是多少

据公式 $F = G\frac{Mm}{r^2}$ 得到:地球质量和放在地球中心的物体间的距离 $r \rightarrow 0$,由此定律可知 $F = G\frac{Mm}{r^2} \rightarrow \infty$,

其实这种看法是错误的。因为公式 $F = G\frac{Mm}{r^2}$ 只能计算两质点间的万有引力,对于放在地球内部任意位置的物体的万有引力的计算,这一公式已不适用。

在此我们可把地球看成由许多小质量元组成,且把地球看成一个质量均匀分布的圆球体,而球又是具有对称中心的几何体,所以在地球内部任取一个质量元 Δm_i ,则在过 Δm_i 的直径上位于球心的另一侧必能找到质量等于 Δm_i 并和 Δm_i 对称的质量元 Δm_i ,这两个对称的质量元对放在球心的物体的万有引力大小相等,方向相反,因而对物体的引力的合力为零,我们每取这样一对一对的质量元(直到取遍全球),都可以发现它们对放在球心的物体的引力的合力为零,这就是说:整个地球对放在球心处的万有引力为零,因此,在地球中心处的物重应等于零。

第三节 引力常量的测定

本节教材分析

这节课的内容是要让学生知道引力常量 G 的值的测出使万有引力定律更具有实际意义。可是一般物体间的引力很小,怎样才能够测出呢?要让学生去体会卡文迪许扭秤的“巧妙”所在。

这节课的重点是卡文迪许扭秤测量引力常量的原理,难点是扭转力矩平衡问题的理解。在教学中解决重点、难点的同时要渗透对学生的思想教育及“测定微小量的思想方法”。

教学目标

一、知识目标

1. 了解卡文迪许实验装置及其原理。
2. 知道引力常量的物理意义及其数值。

二、能力目标

通过卡文迪许如何测定微小量的思想方法,培养学生开动脑筋,灵活运用所学知识解决实际问题的能力。