



单元教学中挑战性任务的设计与实施

——以“万有引力定律”为例

刘娜

(中国人民大学附属中学 北京 100086)

崔琰

(北京市海淀区教师进修学校 北京 100089)

李春密

(北京师范大学物理学系 北京 100875)

(收稿日期:2021-10-30)

摘要:在“万有引力定律”单元内容分析的基础上,围绕运动和相互作用的核心主题,设计具有挑战性的学习任务以及具体的活动环节,呈现了单元教学设计的流程、思路和关键环节。

关键词:深度学习 单元教学设计 高阶思维。

单元教学是以指向学生深度学习的教学理论为指导^[1],以培养学生高阶思维为目标,以落实立德树人学科育人为宗旨^[2]，“以学生为中心”为理念。单元教学以任务驱动和问题引导为路径^[3],从真实情境出发,通过整合单元知识结构和内容,设计连贯的任务和活动,培养学生全面发展。

单元教学设计中教师需要着重思考的关键问题有:人类认识物质世界的途径和方式在本单元中有什么体现^[4]?每个概念、规律从何而来?知识之间的结构和关联如何,它们在物理学科体系中具有怎样的地位和价值?建立过程中运用了哪些典型的物理思维方法^[5]?

此前笔者已对“万有引力定律”单元的知识结构、概念层级、核心素养和认知路径方面进行了全面分析,本文在此基础上呈现单元学习设计的具体任务和活动环节。

1 单元学习目标

单元学习是为了让学生学会学习、学会思考,具有达成深度学习和终身学习的能力。为此教师应有从物理学科核心素养培养角度的设计意识。

在物理观念方面,通过对行星运动规律的总结

和归纳,形成天体运动的观念,并能从运动观的视角正确描述月球的运动;通过研究物体的作用形式以及利用运动性质求中心天体的质量,深化运动与相互作用观念,并能从运动与相互作用这一观念出发,综合应用物理知识解决实际问题。

在科学思维方面,通过开普勒三定律的学习,建构规律与科学事实之间的联系,培养科学论证的能力,能够对所获得的数据资料进行解释说明,初步形成分析行星运动规律的思路方法,建立模型建构的意识,能把行星运动过程转换成物理模型;通过了解万有引力定律的发现过程,了解演绎推理、归纳推理和类比推理等方法,能灵活地运用科学方法分析行星间的引力;通过对万有引力定律的学习,了解科学思维的抽象性和概括性,逻辑性与系统性,养成利用科学思维分析问题的思维习惯;在嫦娥五号的登月故事中,培养科学思维,能将复杂的实际问题中的对象和过程转换成物理模型,能对新情境中的综合性物理问题进行分析 and 推理,获得正确结论并作出解释。

在科学探究方面,通过对万有引力定律的学习,培养提出猜想、设计方案、获取证据、分析论证和解释交流的能力,建立对科学本质的初步认识,树立正确的科学态度和社会责任;通过对“天问一号”发射

过程的学习和了解,培养提出问题和寻求证据的能力。

在科学态度与责任方面,通过对万有引力定律的学习,建立对科学本质的初步认识,树立正确的科学态度和社会责任。

2 单元学习流程与课时计划

本单元的教学流程一般是“行星的运动”—“太阳和行星之间的力”—“月地检验:万有引力”—“万有引力定律的成就”—“星际航行:万有引力定律的应用”,然而这一流程依然是知识本身的直接呈现,属于建构好的知识结构,而有利于核心素养发展的学习材料应是结构不良的真实情境和问题情境,让学生亲身经历知识的建构过程^[6]。为此将该教学流程转变为具有明确物理问题的挑战性任务,如图1所示。

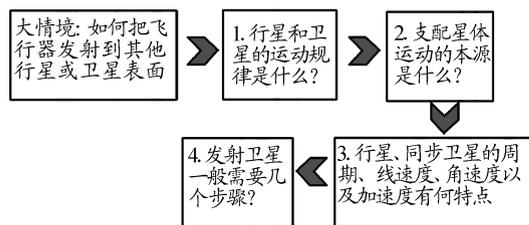


图1 万有引力定律单元的挑战性任务序列

本单元能够统领全篇的大情境可以按照知识发展的倒序进行设计。播放天问一号和嫦娥系列发射的视频,阅读中国探索太空的资料,了解近年来中国发射的卫星和空间站建设发展情况,提出具有挑战性的情境问题:如何把飞行器发射到其他行星或卫星表面?

随后教师追问:为解决这一问题,我们需要研究清楚哪些问题?引导学生分析、分解任务。

对此,学生可能给出的答案有:行星和卫星的运动规律是什么?支配运动的原因是什么?要成功发射卫星一般需要几个步骤?

在师生共同讨论的基础上确定本单元即将讨论的具体问题如图2所示。

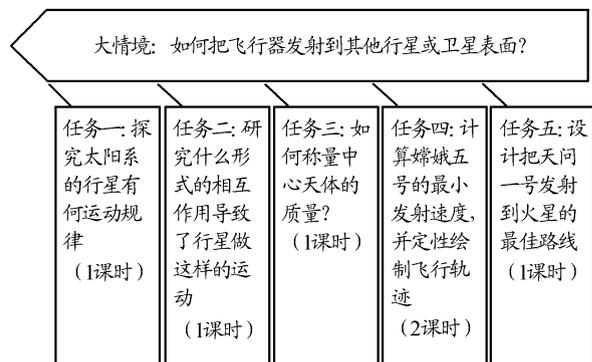


图2 万有引力定律单元的具体任务及课时分布

课时1:太阳系的行星有何运动规律?课时2:研究什么形式的相互作用导致了行星做这样的运动?课时3:通过随地球自转和环绕地球这两种运动方式推理研究称量中心天体质量的方法。课时4~5:设计把嫦娥五号发送到月球表面的发射方案。课时6:设计把天问一号发射到火星的最佳方法。

3 单元学习活动设计环节

(1) 任务一:探究太阳系的行星有何运动规律(1课时)

环节1:地球做什么运动?

教师:就此提问,“前人对地球运动的观点有哪些?”能否具体介绍一下两种观点的主要内容。

学生:有学生可以说出“日心说”和“地心说”两种观点,或者参考课前提供的物理史阅读材料,随后介绍交流、总结提炼。

环节2:“日心说”和“地心说”的知识背景 and 对比。

教师:现在人们广泛接受的是“日心说”,那“地心说”是绝对错误的吗?引发思考。从“地心说”到“日心说”有哪些特别值得借鉴的地方,期待学生通过回顾科学历史的发展,体会科学的本质和真理。

学生:讨论、交流、表达、争论,意识到“日心说”和“地心说”两种观点只不过是参照物选取不同的两种运动描述,从科学的角度看待这两种观点。

环节3:科学研究的第一步——精准观测

教师:提问,“行星运动的研究应该从哪里开始?”

学生:体会观察对于认识物质世界的重要性,查阅第谷的介绍,了解第谷做了大量的精准观测,积累了丰富的精准数据,其中将观测精度提高至“2弧分”之内。

活动设计:利用激光笔和量角器让学生亲身体会“2弧分”有多精确。

环节4:科学研究的第二步——分析数据、归纳规律

教师:有了数据之后需要做什么?

学生:分析,历史上开普勒对第谷的数据开展了精细地分析研究。

教师:引导学生逐步认识、了解开普勒第一、第二、第三定律。介绍开普勒为何敢于推翻权威提出的匀速圆周运动而提出了椭圆运动,提问学生当开普

勒遇到了“火星8弧分”的难题后是如何破解的.在提出开普勒第二定律之后10年才提出开普勒第三定律,这其中开普勒遇到了哪些困难,最终如何克服的?

学生:查阅资料,交流讨论.

设计意图:通过学习历史上对行星运动的观点,辩证地看待科学观点,丰富学生运动观念.通过对第谷和开普勒的学习,体会观察在研究物质世界中的重要性,通过“2弧分”的活动设计将学生的科学态度从“观察”上升为“精准观测”.通过开普勒对“火星8弧分”的坚持,体会实事求是、坚持真理的科学态度.显性呈现人类认识世界的途径.

(2) 任务二:研究什么形式的相互作用导致了行星做这样的运动(1课时)

环节1:理想化模型建构

教师:提问,“行星的运动应该是一个椭圆运动,要建构怎样的模型便于计算?”

学生:思考建构自己能够处理的物理模型,将椭圆运动建构成匀速圆周运动.

环节2:推导、猜测太阳和行星之间的力

教师:引导学生在匀速圆周运动的模型中推导太阳对行星的力的形式,为得到最终形式需要结合牛顿第二定律和开普勒第三定律.

学生:分析、推导、思考、讨论,得出太阳对行星的力的形式 $F = k_1 \frac{m}{r^2}$.

教师:引导学生思考,行星对太阳是否有力的作用?行星对太阳的力有什么形式?太阳和行星的地位如何?它们之间的力是否是相互作用力?

学生:分析、思考、讨论、猜测,得出行星对太阳的力的形式 $F' = k_2 \frac{M}{r^2}$,进而根据相互作用力的大小相等导出太阳和行星之间的力满足 $F = k \frac{Mm}{r^2}$ 的形式.

教师:这一模型合理吗?在推导过程中哪些是你推出来的,哪些是你猜测的?

学生:对这一模型展开讨论和批判,讨论如此近似对结果有多大影响.讨论推导过程中有理有据的和大胆猜测的内容.

环节3:引导月地统一和月地检验的伟大猜想

教师:总结出太阳和行星之间的力的形式,引导学生思考月亮绕地球的运动形式是什么?月亮和地

球之间的力是什么形式?苹果自由落下的运动特点,苹果受到的地球的力是什么?这两者的运动和受力方面是否有关联?

学生:交流、讨论、思考、查阅牛顿当年提出月地统一的伟大猜想.

教师:假设地球对月球的力和地球对物体的力是同一性质的力,应有什么关系?

学生:分析、推理、交流、讨论,由于不知道月球和地球的质量所以不能通过力只能通过加速度,如果两个力性质相同,那苹果落地的加速度和月球公转的加速度之比应该满足 $\frac{a_{\text{苹}}}{a_{\text{月}}} = \frac{r_{\text{月}}^2}{R^2} = 3\ 600$.

教师:哪些数据能证明上述猜想?

学生:寻找能够计算月球加速度的物理量——公转周期 T ,计算两个加速度之比是否等于3 600.

教师:引导学生得出万有引力定律的形式,了解其适用条件,将其拓展到椭圆轨道上的星体之间.提出问题,“如何测量万有引力定律中的 G ?”

学生:学习扭秤和卡文迪什的实验,了解扭秤的放大原理.

设计意图:引导学生经历知识形成的过程,体会在知识建构中用到的科学方法和思维途径,比如理想化处理、模型建构、科学推理、对比方法、联想意识和大胆猜测等.

(3) 任务三:设计称量中心天体质量的方案

环节1:如何称量地球的质量?

学生思考设计方案,可以思考重力加速度取决于什么?为什么不同地表处的重力加速度不同?重力大小能否近似等于万有引力的大小?引力改变卫星的运动状态,能否利用卫星的运动性质反推地球的质量?为什么近地卫星的加速度和赤道表面随地球自转的加速度差的如此之大?

环节2:如何称量太阳的质量?

学生在上一环节的基础上可以自行设计出测量太阳质量的方案,此处可以通过预测哈雷彗星的回归时间展开练习.

设计意图:学习应用万有引力定律解决实际问题,在对比重力和万有引力的过程中培养科学推理和逻辑分析的能力,在运用卫星的运动性质计算中心天体质量的过程中深化运动和相互作用的观念.

(4) 任务四:计算嫦娥五号发射到月球的最小发射速度并定性绘制其飞行轨迹

环节1:计算嫦娥五号发射到月球的最小发射

速度.

教师:把火箭发射升空至少需要多大的速度?

嫦娥五号发射到月球应该摆脱地球的束缚,此时至少需要多大的发射速度?(建议在学习机械能守恒定律的基础上推导)

学生:建模推导第一宇宙速度和第二宇宙速度.

环节2:定性绘制嫦娥五号的飞行轨迹.

教师:卫星绕行的轨道应该是什么样子?卫星在不同环绕轨道上的特点如何?同步卫星有何特点?

学生:通过比较不同轨道,理解卫星受力并分析卫星绕行轨道的特点.通过对比,深刻理解“发射速度越大绕行轨道越高,轨道越高绕行速度越小”这两句话,要能区分发射速度和环绕速度的不同.通过对同步卫星这一特殊案例展开讨论,理解卫星运行特点.

教师:在同一轨道上的同向卫星能否实现后者超越前者?如何从近地轨道过渡到深空轨道?

学生:思考讨论,理解变轨中的动力学规律,深刻理解卫星轨道变轨的原理,并能解释真实问题.

教师:嫦娥五号的发射点在哪里,在文昌发射的优点?拉格朗日点在嫦娥五号的发射过程中有什么作用?

学生:运用知识解释说明上述几个实际问题,了解拉格朗日点的特殊作用.

(5) 任务五:天问一号肩负着火星“绕、落、寻”的任务,简单设计天问一号飞到火星上的最佳轨迹

环节1:设计发射路线方案

教师:引导学生思考发射时需要考虑的参量有哪些?在实际发射过程中天问一号的受力情况有哪些?

学生:思考建构模型,将复杂的实际问题进行抽象简化.根据宇宙航行和变轨的知识设计天问一号的飞行轨迹.

教师:这一轨迹和实际相比做了哪些近似处理?在学生回答之后,给出天问一号实际运行轨道——霍曼转移轨道.

环节2:计算发射所需的最小能量(需有机能的学习基础)

教师:天问一号的质量为5 t,猜一下发射它的运载火箭长征五号有多重?

学生:学生的认知远远达不到实际长征五号发

射体重870 t这么重,以此制造出认知冲突,激发学生的好奇心,“发射卫星到底需要多少能量?”

教师:以太阳为参考系,计算圆形轨道的能量表达形式.思考椭圆轨道上的能量形式如何?这两种轨道上的能量形式有什么关系?

学生:思考计算.

教师:引导学生推导出圆轨道和椭圆轨道的能量形式,询问学生天问一号发射轨迹中的3条轨道能量大小关系如何?要从地球公转轨道转移到火星公转轨道上需要怎么做?变轨所需要的能量是多少?能量改变后运动状态如何变化?

学生:思考回答.

教师:如果我们可以一次把能量加够,那卫星的轨道应该是什么样子的?如果能量再高会如何?轨道会发生什么样的变化?

学生:讨论、交流,绘制新的飞行轨迹,体会能量越高椭圆越扁,当能量高到一定程度之后轨道无法形成封闭的椭圆.

设计意图:这一环节需要有机能的学习基础,教学中可在学过机械能之后与万有引力整合展开,建立起引力势能的概念以及不同轨道对应的能量不同的认识,丰富学生的能量观念,深化运用能量解决运动问题的意识和能力.

4 总结

本文在对“万有引力定律”单元内容的分析和梳理之后,从学习目标、单元任务、具体环节等方面进行单元教学设计,初步呈现了该单元整体的设计理念、思路和框架.

参考文献

- 郭华.深度学习及其意义[J].课程·教材·教法,2016(11):26
- 李春密,赵柳.基于深度学习理念的物理教学问题解决[J].物理教学探讨,2020(12):1~6
- 胡久华,罗滨,陈颖.指向“深度学习”的化学教学实践改进[J].课程·教材·教法,2017(3):90~96
- 李正福,李春密,邢红军.从隐形到显性:物理科学方法教育方式的重要变革[J].课程·教材·教法,2010(12):71~74
- 冯爽.指向核心素养的物理单元教学设计策略研究[J].物理教学,2020,42(7):15~18
- 刘娜,邓靖武.核心素养背景下真实情境的高中物理课堂教学策略[J].物理教学,2020,42(10):6~9