

□科学·方法·科学方法

科学的源远流长,不存在突兀而来的起点。然而,它有两个主要的历史根源。首先是技术传统,它将实际经验与技能一代一代传下来,使之不断发展;其次是精神传统,它把人类的理想和思想传下来并发扬光大。科学就是人类在历史上不断积累起来的关于自然界的相互联系着的技术、经验和理论知识。

今天的科学,是人类文明普遍进程中比较晚期的成果。它起源于十七世纪,是以理性思考和导致人们透彻理解自然现象的方法为其特点的知识构体。更一般地说,现代科学就是人类对客观世界的理性认识,是关于自然、社会和思维的知识体系,是实践经验的结晶。

科学的生命在于探索。它的任务是揭示事物发展的客观规律,探求客观真理,作为人们改造客观世界的指南。方法,就是人们认识和改造世界所运用的方式和手段,就是人们为达到某一目的、完成某种操作而拟定的程度,或者说,是按一定原则调整活动并指向一定目标的途径。

科学方法论是关于方法的理论。它是哲学的一个分支。科学方法,含有某一科学研究或应用的方法和某一方法的科学性 or 哲理性两方面的意义。科学离不开方法,方法植根于科学,但方法一旦形成,又具有远远超出某种科学范畴的普遍意义,成为理智可以广泛应用的重要工具。“比起任何特殊的科学理论来,对人类的价值观念影响更大的恐怕还是科学的方法论。”

科学方法有它的显著特点。首先它依靠理性的论证而不诉诸个人

情感,它提出在不同观点中进行抉择时必须尊重经验的证明。另外它总要导致新现象的发现,新理论的建立,从而不断地放大人类的知识体系。只要科学方法应用得当,旧的科学理论就必然会不断被新理论所推翻,科学总是革命的非正统的,科学方法总是指导人们向前看。

□科学方法的种类

科学方法的分类是至少涉及知识结构、认识结构和思维结构各种层次的复杂的系统工程。由高到低,通常分为三个层次:适用于一切科学的哲学方法,分别适用于自然科学和社会科学的一般研究方法,适用于个别学科和各别领域的特殊方法。科学方法问题就是思维方法问题。运用思维结构对方法进行分析,我们可以发现,在每一个层次上总有一些最基本最常用的方法。

哲学是对各个领域的知识和认识形式的思考。在这个最高层次上,一般说来,人们对世界的基本观点怎样,观察、研究和改造世界的根本方法也就怎样。用世界观去指导认识世界和改造世界就是方法论。哲学史上,唯物论和唯心论的两种世界观,同辩证法和形而上学的两种方法论交织在一起,曾经有过多钟哲学方法。历史已经证明,唯有马克思、恩格斯创立的唯物辩证法,才是崭新的唯一的科学方法。

在第二个层次上,能在现代一切科学中找到其适当地位并得到广泛应用的科学方法,有定性归纳法、定量演绎法和实验探索法。

近代科学的开山祖,英国人弗兰西斯·培根(公元1561-1626年),曾提出“知识就是力量”的著名口号,又第一个致力于科学方法的系统研究。1620年发表的他的《学术的伟大复兴》,其中第二部分《新工具论》第一次完备地提出了现代归纳法。培根列出了一百三十个课题和操作方法表,他深信把有关每一课题的正反面事例加以比较分类排列,再提出假设,最后对可能的假设进一步实验,就可以得到科学知识。他以为在事实的百科全书上应用归纳方法,就可以牢固地建立起一座科学的金字塔。

法国科学家勒奈·笛卡儿(公元1596-1650年)研究并推广当时在力学中发展起来的数学方法,1637年出版了他的《方法论》。其中第一部分就是对数学演绎方法的分析。笛步儿从他认为不可怀疑的和确定

的原理出发,通过数学论证,就可以把自然界的一切显著特征演绎出来。现在看来,笛卡儿演绎的模式是对的,但当年他以运动、广延、上帝这些“直观给予”观念作为演绎的出发点,当然是不科学的。

培根保存了技术传统的经验方法,但不了解数学的作用。笛卡儿保持了学者传统的思辨倾向,而忽视了实验的作用。这两个从事分析和制定科学方法的人,都没有能够把理论和实际的两种传统充分地结合起来。科学的实验——数学方法在意大利人伽利略·伽利莱(公元1564—1642年)手中才达到成熟阶段。伽利略从斜面上落球体的实验中得出他的惯性原理和物体由引力而下落的原则;并从由实验得到的这些原理出发,用数学的方法演绎出抛射体的轨迹以及其他等等。伽利略的方法表明,从已知的现象可以证明可能从来没有被观察到的事情,获得超越某一特殊实验本身条件的知识,并预见一些可以进一步用实验进行验证的后果。这种方法对科学来说具有无比的重要性。伊萨克牛顿(公元1642—1702年)严格区别实验所提供的原理和直觉所提供的原理,发展了伽利略的方法,提供了对十七世纪说来最后和影响最悠久的宇宙体系。

□物理科学方法

物理学研究自然界广泛存在的物质运动的各种最基本形态。物理学的本质,就是要尽可能用简单的术语来解释自然,也就是把我们观察到的一切都归纳简化成基本原理。这种在思维上力求经济的做法,就是物理科学方法。现代物理科学的基本方法是:感性思维方法——观察和实验及理性思维方法——归纳和演绎、分析和综合。

观察

通常指人们依赖五官或借助于仪器对天然物理现象的考察。这是人们获得对事物的感性认识的唯一途径。从远处到近处,从宏观到微观,变幻无穷的自然现象,为人类研究物质的特性和物质运动变化的规律,无偿地提供丰富的材料,使观察成为物理学研究中最原始、历史最悠久而长盛不衰的基本方法。开普勒行星运动定律、牛顿万有引力定律的发现,古代光学和人们对电磁现象的早期研究,完全依靠对天然现象的观察。当今广义相对论的实验证明,人们对宇宙起源、暗物质、基

本粒子等重大课题的研究,依然离不了天然观察。

实验

指在人工控制条件下的观察。它是物理学的基础,是物理学研究的基本方法。实验离不开观察,由此将它混同于观察则有失偏颇。不进行实验,人就无法用各种科学的规定性来复现本质世界,而只能凭臆测得出关于天然观察的猜想。实验则是对自然现象内部结构进行精细分析的解剖力,使自然科学中不再有意见的根本分歧的余地。这对于人类认识世界具有带根本性的重要意义。伽利略的实验才使物理学从自然哲学走向独立。物理学史上的每一重大突破,都是以实验中的重要发现为前奏,如 X 射线、放射线、电子的发现,最终导致量子力学的建立;或必须有实验作检验,如赫兹实验对于麦克斯韦电磁理论的预见。

分析

是将研究对象先分解为若干部分、若干层次,再分别进行研究的方法。这是由人们认识事物的过程,总是由表及里,由此及彼、由局部到整体的认识规律所决定的。它可以简化研究工作,深刻地揭示事物的本质,在物理学研究中有重要地位。分析方法可比拟为战略布署,其他方法则是战术应用。伽利略对抛射体轨迹的分析、人们对气体性质的研究、居里夫人发现镭的过程、人们对原子结构的不断深入的研究都是正确应用分析方法的结果。

综合

综合方法与分析方法正好相反,它是把研究对象的各个部分、各个层次集合起来,从整体上进行研究的方法。综合必须以比较作为自己的前导。只有通过充分的全面的比较,才能找到各个部分、各个层次之间的相互联系、作用和影响,从而发现它们的共同本质。凭借物理现象和过程都具有同一性,因此综合是物理学研究的普遍方法。典经力学的建立、能量守恒定律的发现、经典电磁理论的建立、普朗克量子理论的提出、目前对四种基本相互作用的大统一研究,一次又一次的综合,使物理学一浪高过一浪地向前发展,这对社会生产的发展起到了不可估量的推动作用。

归纳

就是在大量经验材料的基础上,从具体事物抽象出共同本质,从特

殊事例概括出一般规律的推理方法。伽利略在单摆的等时性、加速度概念、运动学规律、机械能守恒等方面的成就,用的就是归纳法。当牛顿宣称“物体或保持静止状态,或保持其匀速直线运动状态……”时,他显然是对数量有限的观察进行了归纳,概括出适用于整个宇宙的无所不包的归纳结果。人们建立最初的理论用的是归纳法。现代物理归纳方法,已发展到运用概率论和模糊数学去把握随机现象和模糊现象。可以说物理学所有的理论都是人类体验归纳的结果。

演绎

演绎法与归纳法正好相反,它是由共性推论个性,从一般到特殊的推理方法。演绎通常取三段论形式:大前提——小前提——结论。就是从某一基本观点、假设或规律出发,对个别事物或现象推出有根据的即逻辑的结论,从而确定这一事物或现象可能的新特性或新规律。演绎法的胜利不胜枚举。例如人们就是根据物质可分的观点,认定基本粒子并不基本。海王星、谷神星体、正电子、中微子、电磁波等的发现都是严密、准确、透彻的演绎推理导致的惊人成果。

除以上的观察和实验、分析和综合、归纳和演绎六种基本方法之外,其他还有抽象、概括、比较、分类等辅助方法。数学,它只是把握事物的量的工具,从形和量来认识事物和事物间逻辑联系的科学思维形式,是物理学的一种表达方式。现代理论物理几乎完全应用数学,它也还只是一种工具,数学方法还只是各种科学方法的逻辑的一部分,决不能把物理归结为数学。

□物理思想与中学物理教学

云南玉溪红塔山学校赵本灿老师以中学物理的角度,从七个方面论述了什么是物理思想,物理思想与物理教学之间相得益彰,息息相关,相互促进,一脉相承的关系。

1. 关于物理思想

学者和名家对物理思想并无什么定论,辞海以及各种典籍对此也没作过什么解释,但是,自然科学的每个学科,的确是有它自身特有的系统性和思想性,物理学学科自身的思想性也确是客观存在的。

那么,到底什么是物理思想呢?让我们先来分列地看看物理学自

身所具有的特点,以及人们研究物理学的常用思维方法(思想模式)。

第一、物理学是一门以现象为依据,以实验为基础,以数学为工具的实践性很强的自然学科。这应该说是物理学最基本的思想。因为离开了现象、实验、以及数学的问题,可以说就不是物理问题,或者就是物理学所不能解决的问题了。

第二、物理学就是研究自然物质在运动变化过程中的各种现象,并透过这些现象去寻求其运动变化的规律,再反作用于对自然的改造,这应该说是物理学最本质的思想。

第三、在物理学研究中,常常总是要忽略许多与研究的问题没有关系,或者影响甚微的客观因素,即建立起某种所谓的“理想化模型”。从而使研究的问题得以简化明了,但却又不失典型性和普遍性。如质点、简谐振动、点电荷、理想气体等,都是源于实际而又高于实际的理想化模型,是对实际物体进行去粗取精,去伪存真的抽象。这其实就是物理学最经典的研究思想。

第四、一切物理现象(事件),都是在空间和时间中发生和发展的。

虽然空间和时间都是无限的,但是我们所熟知的和已见的物理现象(事件),却都是在有限的空间和时间内进行的。因此我们在研究物理问题时一定不能脱离空间背景和时间进程。时空思想是物理学所特有的。

第五、在具备相应条件的情况下,物质的某些量不会随物质的运动变化而变化。如动量守恒、能量守恒、质量守恒、电荷守恒等。实际上,无论在什么条件下,即无论物质发生什么样的运动变化,虽然物质的形式可能发生变化,但物质的总量却是不会变,即物质是不灭的。这可说是物理学的守恒思想。这种守恒思想实际上是美学原理之一的对称性美的表现。

第六、中学物理中的“力”和“能”,是贯穿整个中学物理的两条主线,许多物理问题都是围绕这两条主线在展开。由“力”而引发的平衡、非平衡和相互作用等思想;以及由“能”而引发的能的转移、转化和守恒等思想;往往都是中学生所难于接受甚至是不理解的。因此,“力”与“能”这两条主线,应该说就是整个中学物理的精髓性思想。

第七、各种物理知识有相当部分是我们实际生活中所常见的和熟知的,或与实际生活相接近的。结合实际生活来讲物理,解释某些自

然现象,说明某些抽象的物理概念,论证某些深刻的物理道理,是物理学的实际应用思想。

综上所述:物理思想就是人们对自然物质及其运动规律的认识方法,是源于物理世界又指导人们对物理世界进行再认识,再改造和实践应用的思维体系,是辩证唯物主义的方法论和认识论在物理学中的具体体现。

2. 物理思想与物理教学的关系

认识了物理思想并不等于就教好了物理。要教好物理,还得要搞清物理思想与物理教学二者之间的关系,并将物理思想灵活地适时地应用于教学实践中去,才能有效地解决物理教学双边难的这个难题,从而使教学双方都收到良好的效益。那么,它们二者之间的关系如何呢?赵本灿老师认为:它们二者实际上是一个指导思想与实践的辩证统一的关系。主要体现在以下几个方面。

第一、物理思想与物理教学是鱼水相依,相得益彰的关系。无鱼之水不活,无水之鱼则死。只知道物理思想而不运用于教学实践,这种物理思想其实也就没有存在和认识的价值,它只不过象一潭死水;而没有物理思想指导的物理教学,则实质上正象一池无水之鱼,终将枯竭而亡。教师如果不充分认识和牢固掌握物理思想,并且灵活地用来指导物理教学,其结果肯定是教师讲得枯燥,教得辛苦;而学生则必然是听得乏味,学得艰难。当然也就甭谈什么教学质量了。但是,如果我们在教学活动中,渗透了物理思想的某些方面,这节课将是教师教得生动具体,学生学得轻松活泼。

第二、物理思想与物理教学是血肉相联,息息相关的关系。整个中学物理的每章每节,其实都渗透了物理思想,整个中学物理这块肉是充满了物理思想之血的。它们其实就是一个血肉共存的优美和谐的系统,也是一个物理思想库。一个优秀的物理教师,善于把握和灵活应用物理学学科整体的或局部的思想性,从而把学生引入了物理世界,使其在这个世界上身临其境地进行感受、体验、想象,学生的思维很积极主动,整个教学活动也就真的活起来了。事实上,单纯地向学生传授物理知识都不会感到难,难就难在不能很好地用物理思想去指导教学,使学生掌握物理学的思维和分析的方法,从而去学好物理。

第三、物理思想与物理教学是相互作用,彼此促进的关系。实质

上,物理教学的最终目的,就是要使学生接受物理思想,掌握研究物理的思维分析方法,培养起他们应用物理知识和解决物理问题的能力。教学过程则是实现这些目的的一种手段。教师只要真正理解和把握好物理思想,并能充分利用物理思想指导自己的教学,使物理思想自始至终贯穿于教学过程中的每个环节,则必然会产生良好的教学效果。而教学效果越好,学生接受的物理思想就越丰富,越深刻,因而他们研究与应用物理的能力也就越强,思维方法也就灵活多变,学习物理的兴趣和效果都将得到极大提高。二者相互作用,彼此促进的关系由此可见一斑。

第四、物理思想与物理教学是环环相扣,一脉相承的关系。物理思想与物理教学实质上是指导思想与实践的关系,要达到教学双边好的目的,缺少任何一方,都将形成脱节的现象,从而造成教学失败的结果。物理思想在教学过程中的渗透与建立的过程,是一个对学生的学习方法和能力的培养过程。教师若在教学活动中,单纯地强调了物理知识的传授,忽略了物理思想的渗透和传授,甚至把物理讲成了数学应用题式的物理,学生就会在独立解决物理问题时感到茫然,不知从何下手。另外,在物理思想指导下的物理教学,事实上还是一个给学生建立起一个清晰可见的物理模型的过程。也就是使一个复杂多变的物理问题,在脑海中简化后复现出来,变得清晰、简明,当他们再遇到类似的问题时,便能得心应手,准确而迅速地处理。否则,就只能是含含糊糊,似是而非,无从下手了。

综上所述,物理思想在物理教学中的渗透和建立与优良的教学效果的出现,二者之间是有着十分密切的至关重要的联系。因为物理思想与物理教学本身就是一个辩证的、和谐的、统一的有机整体。

□物理教学中的科学方法教育(一)

华南师范大学教育科学研究所高凌飏老师从以下几方面作了分析:

1. 加强科学方法教育的意义

在中学物理教学过程中,很有必要加强科学方法的教育。首先,学生要学习理解科学知识的内容,就离不开科学方法。如,许多物理量是通

过比值来定义的,如 $m = F/a$ 、 $R = U/I$ 等等。物理学中采用这种定义的方法,只是为了把抽象概念具体化、数量化,使得抽象的推理与具体的实验联系起来,使定性的描述与定量的计算结合起来,对抽象的概念赋以具体的数值,然后把数学方法引进到物理研究中来。这种定义方法只是给出了物理概念之间的量的关系,没有进一步确定这些概念中哪些有因果关系、哪些没有因果关系,不把握好这一点,就容易把因果关系不恰当地搬到所有的物理量上,得出诸如“某个物体受到的力越大,其质量就越大”,或“加在某一段导体上的电压越大,导体的电阻就越大”这种错误的理解,这是初学物理的学生常犯的一个错误。

学生如果不学会在自己的头脑中把大量的知识编织成一个层次清晰、逻辑严密的网络,就无法不断接收、容纳新的信息,就无法不断完善自身的知识系统。不仅如此,大量的科学知识还会变成是杂乱的、甚至是前后矛盾的。如中学课本中有两次涉及气体压强,第一次是初中学习大气压强的时候,把空气的重力作为空气压强的原因。到了高中学习气体压强时,却把气体对容器壁的碰撞作为气体压强的原因。这两种说法矛盾吗?到底气体的压强与气体的重力有没有关系?在什么情况下有关系,什么情况下没关系?只有通过对比,弄清在这两种情况下所采用的不同方法,才能清楚地看到两者的不同与联系。知道高中与初中的结论是一致的,不矛盾的。不过高中的研究更细致、更深入。不然的话,就会认为高中的知识推翻了初中的说法,从而引起混乱。不了解人们在认识不断深入的过程中所使用的不同方法的区别和联系,不了解这种方法得以使用的条件,就弄不清不同层次的科学知识间的关系,形不成知识的网络,无法达到对知识的真正理解。

学生要真正学好知识,还必须会运用这些知识去解决实际的问题,去探究新的知识。要做到这一点,就要掌握方法。许多学生说,他们上课听老师讲课时,心里似乎是明白了。但是一碰到实际的问题,如练习题,就不知道如何是好。这一现象表明,他们没有掌握解决实际问题的方法,对教师所讲的知识表面上看来似乎懂了,实际并没有懂。还有一些学生,遇到一个问题,不是先依据问题的条件和已知的规律,在头脑中建立起一幅合理的物理图景,而是拿起公式就套,结果往往出差错。不管是研究一个新问题,或者解一道练习,都有一定的程序。一般来说,首先是设想要用什么知识作解决问题的基础;然后分析必须满足什么条件才能运用这些知识;接下来进行一次思想实验,即:根据问题的

条件建立起相应的物理图象,构思出过程的细节和情境;再用已知定律、知识给出其数量关系,建立起方程;最后进行数学推导并求解。这一过程中,既需要抽象(如选择恰当的物理模型来代替问题中的实物),也需要直观(如按事物间的实际关系或实验的实际情况来限定构思各抽象模型间的关系与过程的情景);既有逻辑的推理(如数学演绎),也有非逻辑的判断(如设想一个过渡状态)。这种把形象与抽象、逻辑与直觉结合起来的方法,是自然科学中所常用和特有的。在日常生活或其它学科的学习中,学生不大可能见过这样的方法。若不在教学中通过一定的手段把这一方法教给学生,让学生反复熟练,掌握这种方法,学生即使能学到一点知识,也无法应用,而且很快就会遗忘。

通过对科学方法的不断了解、积累和熟练,就能使学生形成一种心理的定势,使学生能够以快的速度去获取知识,了解知识的内容,并通过一定的网络结构,深刻地领会和掌握知识,牢牢地记住知识。即可使学生产生一种对问题的敏感性,并能够迅速地抓住问题的要害,找出解决问题的途径。这样的一种心理定势,就是学生能力的一种表现。所以,掌握科学方法,与学生的能力发展直接有关。

科学方法还是实现科学知识的智能价值的桥梁。科学的概念、定律等知识,是人们赖以进行科学思维的基本细胞。没有科学知识,所谓智能活动就成为没有内容的空壳,是不可能存在的。但是,只有知识还不行,还必须有一定的方法与途径,使这些知识与科学的问题相互沟通,对知识进行选择、组合、运用,才能解决问题,形成人的智能活动。正如前面所谈到的,能力是表现在动态的过程之中的。知识的智能价值的实现需借助于智能活动动态过程。离开科学方法,就无法进行思维,智能活动不存在,智能价值从何谈起。

进行科学方法教育也是帮助学生逐步树立起科学的世界观的有效途径。科学的观点,科学的态度,不是什么抽象空洞的东西,而是体现在一个人对世界的反应,表现在他的行为、他的工作方法与作风之中。通过进行科学方法的教育,使学生逐步掌握了科学的方法,养成了科学的作风,就可使科学的思想逐步扎根在学生头脑之中。

综上所述,在中学阶段加强科学方法教育可以:①使学生逐步明确科学方法在获取科学知识、理解科学知识、运用科学知识、进一步认识和改造世界的过程中的作用和意义。②使学生逐步了解并掌握常用的

科学方法,提高学生的智能水平。③通过对科学方法的学习,帮助学生逐步树立科学的世界观。这是从根本上提高学生科学素质的有效途径,也是使学生从题海中解放出来,真正学好自然科学知识,提高考试成绩的有效途径。

2. 加强科学方法教育的途径和方法

科学方法与一般的科学知识不同,它所涉及的不是物质世界的本身,而是人类认识物质世界的途径与方式,是高度抽象的。如果只是从传授知识的角度来进行教学,学生也可能从中学到一些科学的方法,但只能是零星的,不连贯的,收效甚微。但若离开了具体知识的传授去讲抽象的科学方法,会造成中学生学习上的困难。而且,离开了具体的学科知识而只讲方法,就不成其为自然科学,而成了方法学课了。因而进行科学方法的教育,一方面应注意不要脱离科学知识的教育过程去另搞一套,而是要寓方法教育于知识教学之中。另一方面,又不能只顾传授知识,而应将方法视为和知识同样重要的东西,视为知识的内核与脉络。按照科学方法所展示的路子,去组织教材,安排教学进程。即是把方法的教育视为教学活动的核心。要做到这一点,应特别注意如下几个方面:

(1)教师应把握住知识内容中蕴含的科学方法,善于向学生揭示科学的方法。科学方法并不是直接由学科的知识内容来表达的,它往往藏在知识的背后,支配着知识的获取、知识的应用等等。既不易掌握,又容易为师生所忽视。作为教师,应站在更高的高度上,不仅看到作为认知活动的结果的知识,还要看清知识的来源脉络,其中使用的方法。并且要善于用学生能接受的方式和语言,把它展示给学生。或安排好恰当的认识程序,让学生自己去领略科学方法。例如:初中物理第一节课,讲长度的测量。如果只是就事论事地把这些知识在课堂上介绍几遍,让学生演练几遍。其收效是很有限的。从进行科学方法教育的角度出发,就通过这一节课,向学生介绍如何用科学的方法对具体事物的某个方面的特性进行测量,使之变为一个数学量,进一步再与某个抽象的物理概念联系起来,在具体与抽象之间架起桥梁。这种方法在人类科学史上是一个了不起的进步。在今天,不管测量的技术变得多么精密复杂,但其基本的思想与方法还是没有变。这一节应让学生对这种思想方法有初步的感受。以便逐步做到每当接触到物理概念时,就会联想起一个物理概念总是有“量”的一面,总是通过一定的测量方法与某个具体事物,或某方面的特性联系起来。

有的时候,课本也向学生交代知识的获取过程和方法。但是,这一过程的关键在哪里?这一方法的含义是什么?课本往往没有点出,学生也难以体会。结果学生对这一方法的特点、实质的认识仍是模糊的,对物理概念的认识也是模糊的。例如:高一物理讲惯性定律时,介绍了亚里士多德的观点,介绍了伽利略批驳亚里士多德的理想实验,介绍了理想实验这种思维方法。但是,到底伽利略的观点方法与日常生活的观点和方法,或者与亚里士多德的观点方法不同在哪里?这一不同反映了什么?课本没有直接点明这一点。这就需要教师在教学的过程中加以揭示。事实上,在亚里士多德的年代,人们对力并没有准确、严格的认识,只是把“推动”当成力。亚里士多德也知道摩擦存在,知道这种对运动的阻碍作用。问题是,他不把摩擦看成是力,而是归纳为一种“自然”的趋势,并且是无处不在的。因此,他的观察结论是,物体要运动,就必须反抗这种“自然”的趋势,必须有推动。单从因果逻辑上来看,这种推论是合理的。伽利略与亚里士多德的不同,在于他不把摩擦当成是“自然”,并大胆的假设了“摩擦不存在”的情况,在思维中对实验的条件进行了实际上不可能实现的纯化,否定了亚里士多德的推论的前提。进而用假想的实验证明:当“推动”和“摩擦”都不存在时,运动仍然存在。按照因果关系的逻辑,“推动”和“摩擦”都不是运动的原因。从而得出结论,不论是“摩擦”还是“推动”,从对运动的影响的效果上看,是相同的,是同一类的东西,拿今天的话说,即都是力。这种仅仅从事物间相互作用的效果出发,而不是从主观上的“主动”、“被动”,或从其他角度出发,去区分事物认识的做法,又是伽利略不同于亚里士多德另一大特点,也是现代物理学的一个基本观点。伽利略的这种观点和方法,与我们日常的观点似乎是不同的,因此对学生来说往往是格格不入的。有时即使接受了,也会因为思维的惯性,而不时流露出来。需要我们抓住各种机会,反复地向学生揭示这种物理的观点和方法,才能逐步做到使学生从物理的,而不是从日常生活的角度去看问题。

(2)强调认知过程的教学,注意教学程序与科学方法逻辑的一致。

科学的方法体现在具体科学知识的认知过程之中。只有把认知过程充分而又合理地展示出来,学生才能看到科学问题是怎样提出,从什么角度,用什么方法去解决的,从而学到科学的方法。但这样做,是不是要在每一个基本概念或是定律的时候,都进行一次历史的回顾,让学生弄清楚科学史的过程和科学家的思维细节呢?这显然是不必要的。若这样做,教科书的内容就要大大扩充,塞满了历史资料。学科的纲领结构反而被淹没了。学生要花费大量时间进行一些并非有趣的历

史学习,不仅不容易抓住要领,反而会被大量的过时的术语或科学家曾经使用过的一些过时方法弄昏了头脑。我们这里所说的要强调认知过程的教学,不是把历史的过程作简单的浓缩或重复,而是按照今天我们所认知的科学方法和科学知识的内涵,按照学生认知的模式,去设计一个认知的过程,进而引导学生去经历这一过程,使学生领略到其中所应用的科学方法。

例如,在向学生讲自由落体运动时,可以不必像伽利略一样,利用思辩的方法从亚里士多德的论点中引出佯谬。可以按照因果关系的逻辑,设计这样的一个系列实验:

①让一张纸片与一枚硬币同时从同一高度落下,硬币先着地,这似乎印证了亚里士多德的观点。

②两张相同的纸片,一张揉成一团,一张摊开,同时从同一高度落下,纸团先着地。两者重力相同,落地有先后,排除重力是影响落下快慢的因素。

③小纸团与硬币同时从同一高度落下,两者同时着地,两者重力不同,落地无先后,进一步表明重力并非影响落进快慢的因素。

④在抽真空的玻璃管中,小纸片、小纸团与硬币从同一高度落下,同时着地。说明空气阻力才是影响落地快慢的因素。

这样一个程序,引导学生从观察得到的经验事实出发,对经验事实用逻辑的方法进行理性的分析,得出正确的结论。这既比单纯用思辩的方法要容易接受,又让学生充分领略到物理学这种逻辑与直观、抽象与形象相结合的论证方法。在中学阶段有许多内容,如电磁感应、气体定律等等,都可以这样处理。

在设计这种认知程序的时候,特别要注意,逻辑的出发点是什么,所用的方法是什么,结论是什么。注意避免因果倒置,方法错误,或循环论证。

(3)强调让学生在探索中学习,注意创造良好的学习情境。科学的方法,体现在探索与发现知识之中。不亲身经历这种探索的过程,就很难发现其中的方法要素及关键之所在,无法体会某些可以意会,难于言传的奥妙之处。另外,寄希望于把科学方法要素概括出来,形成系统的方法学知识向学生讲授,也是不现实的,只能让学生通过探索知识的过程,通过自己的思维模式不断地向科学的思维模式发生“顺应”,潜移默化地接受科学方法的教育。

学生的探索能力的形成需要有一个培养过程。既不是把什么都直接告诉学生,牵着学生的思路走,又不是事事都要他们去独立探索,而

是创造出一个好的学习认知的情境,对学生的探索进行引导。这种情境包括了模拟的科研情境:提出了一系列符合科学逻辑发展过程的问题,预先计划好要做的实验、观察、讨论、思考等活动程序;还包含学生心理、态度等非智能的因素的调动与控制。让学生置身于这一情境之中,主动地进行探索,不知不觉地顺着科学的思路和方法去感知、思考、解决问题、获取知识,不知不觉地领略到其中所应用的科学方法。这时,教师再做必要的点拨或提高,学生就能有所收获。如上述测量一课,一位教师设计了如下的一个教学方案:上课后,他让两位学生站起来,让其他学生评说两人中哪一个更高一些。因有意选两个差不多的学生,座位相距较远,且是一男一女,容易引起错觉。学生对此产生兴趣。几种不同的看法相持不下,很自然就会提出要“比一比”。这就引出了测量方法的实质:通过“比较”进行测量。接下来,再提出问题:如果需要确定全组、全级、全校学生哪一个最高,是不是要经过许多次的两两比较才能得到呢?有没有简便的方法?引导出采用一个作为标准的物体——“尺”进行比较的办法。从这里出发,引到长度的概念,进一步揭示:反映了谁高谁矮,哪个长哪个短。这一性质的抽象的概念“长度”,可以通过物体与尺的比较变成一个数字来表示。接下来,再让学生用尺子量书桌的长度,问学生的书桌的长度是尺的长度的多少倍。学生得出的数字是五花八门,相去甚远。长度基本接近的书桌,一量之下竟得出这么不同的数字,到底要用哪一个来代表书桌的长度呢?这样,就引入了统一的标准——测量单位的意义。这样的一节课,没有停留在表面的知识上,而是继续向深处挖。用的又是浅显的事实。学生的思维被充分地启动了,课堂气氛活跃。课后,有的学生说:“我们天天用尺子,想不到这里边还有这么多学问。”有的说:“我过去经常用尺子,但今天才知道为什么要用尺子。”

学习活动不仅在课堂上,还包括课外,如课后习题、课外活动等。在这些环节上,也应强调创造良好的认知环境。

□物理教学中的科学方法教育(二)

在物理教学中既要教给学生现代科学技术所必须的系统的物理知识,又要重视科学态度和科学方法的教育。

物理学的研究方法主要是实验观察方法和理论探索方法,广西南宁地区教研室莫大贤老师结合教学实践总结了理论探索方法中几种重要方法:

第一种方法,理想模型方法

在物理学的研究过程中,常采用科学抽象的形式把物体本身或物体所处的条件理想化,其目的就是把错综复杂的事物归结为一些简单的理想化的问题,如质点、刚体、点电荷、点光源、理想气体等都是把物体本身理想化而得的模型,而诸如忽略重力、光滑表面、轻质弹簧、理想变压器、绝热容器、薄透镜等等则是把物体所处的条件理想化而得的模型,模型的建立有时是对物理现象本身的观察直接提供,有时是根据实验观察到的迹象通过抽象思维提出,如卢瑟福的原子核式结构、玻尔的氢原子模型等,有的则可以根据已有的经验进行推理判断得出,如匀速直线运动等。建立正确的物理模型是很重要的,因为某种模型遵循一定的规律,同时物理问题经常是物理模型和数学演算交织在一起,模型错了就会导致结论的错误,例如学生做过这样一题:以40米/秒速度运动的汽车关闭油门后作加速度为10米/秒²的匀减速运动,分别求出3秒内和6秒内汽车前进的路程?不少学生直接套公式 $s = v_0 t - at^2/2$ 得出3秒内前进的路程为75米,而6秒内前进的路程为60米,反而少了。这显然是不可能的,但又检查不出计算错误,问题何在?就错在认为6秒内的过程中都是作减速运动,而实际上仅运动4秒就停下来了,因此6秒内跟4秒内前进的路程都是一样为80米。

又如一个光滑的半圆形轨道,半径是 R 。圆心是 O ,两个相同的物体,一个放在圆心处,一个放在离 A 点不远的 B 处(如图1)。同时从静止开始释放,问谁先到达 A 点?

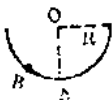


图1

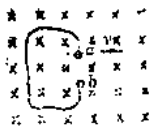


图2

这个问题的解决,当然要求出两个物体各自到达 A 点所需的时间,对于从 O 处落下的物体属自由落体,求出下落时间学生不会感到困难,由 $R = gt^2/2$ 得 $t = 1.41 \sqrt{R/g}$ 。但从 B 滑下的物体的运动,它不是匀速圆周运动,也不是抛体运动,况且 B 处离 A 多远也不明确,学生往往感到束手无策。其实,因为物体是在光滑的轨道上运动,属于平动,可看作质点,而质点运动过程又是个什么模型?是以 A 点为平衡位置的往复运动,跟单摆一样,不同的是单摆摆球受到指向圆心的力是绳子拉力,而这里物体受到指向圆心的力是轨道的支持力。一旦确立了 this 模型,问题就迎刃而解了。从 B 点运动到 A 经历 $1/4$ 周期,根据周期公式: $T = 2\pi \sqrt{R/g}$, 得 $t = 1.57 \sqrt{R/g}$ 。所以结论是放在圆心处的物体先落到 A 处。

第二种方法,等效变换法

这也是研究物理学的一种基本的思维方法。它是把复杂的物理过程转化为等效的理想化的简单过程。这一方法的原则是在同一时间产生的效果相同。

在运动学中,利用运动的分解和合成,可以化曲为直。如平抛和斜抛运动可以看成水平方向上的速匀直线运动和竖直方向上的匀变速直线运动的合成,在电学中把复杂电路化为等效电路,交流电的有效值等。在机械振动中一切复杂的振动都可以看成是由若干个振幅、频率不同的简谐振动的合成,达到化繁为简,而简谐振动还可以看成是匀速圆周运动在直径上的投影,这样问题就容易得到定性的描述又可以把生疏的新问题变为学生熟悉的易于掌握的老问题。

矢量式化为标量式也是一种等效变换,物理学中的一些矢量及矢量间相互关系的规律,如速度、力、加速度、牛顿第二定律、动量和动量守恒定律等在具体运用中往往把矢量式化为标量式来计算比较简便,这种变换的根据就是独立性原理,方法就是建立直角坐标系进行矢量的正交分解。如牛顿第二定律 $\Sigma F = ma$ 在正交坐标系中的分量式就是 $\Sigma F_x = ma_x, \Sigma F_y = ma_y$ 。

引导学生利用等效的方法处理复杂的物理问题,从而学会一种科学方法,能促进知识的转化和技能的迁移,取得举一反三、触类旁通的效果。例如有一金属导线 ab,在磁感应强度为 B 的匀强磁场中以速度 v 向右运动(如图2)。已知 a、b 间距离为 l , a 在 b 的正上方,求导线运动中产生的感生电动势?一般学生对这样的问题都感到束手无策,因为导线是弯弯曲曲的,没有公式可套,如果 ab 导线是直的就容易套公式算出结果来了,但是如果掌握等效的方法,问题也就不难了,可以设想一根长为 l 的直导线把 ab 连接起来成为一个回路,在匀速运动过程 $\Delta\phi/\Delta t = 0$,整个回路没有感生电动势,但是把回路看成两部分,一部分是弯曲的,一部分是假想连进去的直导线 ab 部分,直导线 ab 感生电动势容易求得为 Blv , a 端电势高,而整个闭合回路感生电动势为零,说明两部分导线的感生电动势的大小相等,方向(+、-)相反,因此原导线 ab 的感生电动势大小亦为 Blv , b 端电势高。

第三种方法:推理的方法

这是一种把经验事实和抽象思维结合起来的研究方法,物理学上有些问题直接论证很困难,而采取间接证明却比较容易。历史上伽里略巧妙地运用推理方法论证了亚里斯多德的“落体速度与质量成正比”这一流传了二千多年的论断是错误的,设计了著名的理想斜面实验,推理出“小球在无摩擦的水平面上将保持匀速直线运动”这一重要结论,

为牛顿第一定律奠定了基础。在课堂教学中结合教材内容,加强这方面的教育和训练,培养和学生的逻辑思维和抽象思维能力,将有助于问题的解决。

例如,如图3所示,物体A、B以杆相连,共同沿斜面下滑,问杆中是否存在弹力?

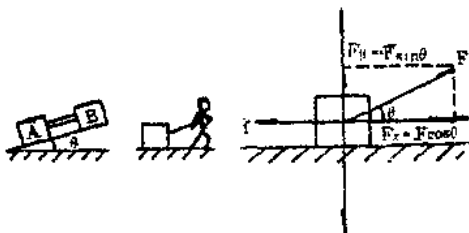


图3

图4

弹力的产生决定于物体的形变,而在这里杆是否发生形变是无法直接观察判断的,但可以设想A、B间的杆不存在,即A、B各自独立下滑,则下滑的加速度应为 $a_A = g(\sin\theta - \mu_A \cos\theta)$, $a_B = g(\sin\theta - \mu_B \cos\theta)$, 当A、B由同种材料制成,即摩擦系数 $\mu_A = \mu_B$ 时, $a_A = a_B$, A、B运动状态相同,无相对运动,杆不受挤压,也不受拉伸,无弹力。当A、B不是同种材料制成时,即 $\mu_A \neq \mu_B$ 时,如 $\mu_A > \mu_B$, 则 $a_A < a_B$, A、B两物体将相互接近,而实际上杆是存在的,因此杆被挤压而受弹力,如 $\mu_A < \mu_B$, 则 $a_A > a_B$, A、B两物体有相互分离的趋势,杆被拉伸因而受弹力。

第四种方法:数学的方法

物理问题往往是物理模型和数学的结合,物理过程往往要通过一定的数学手段来表现、运用恰当的数学进行正确的分析和讨论,这是物理学研究的又一重要方法,中学物理教学应着力培养学生的数理结合能力。

运用数学方法可以对一些表面看来好象含糊不清以至感到无从下手解答的物理问题得到定量的比较准确可靠的有说服力的解答,例如沿水平面匀速拉动一物体时(图4),怎样拉最省力?初看似乎拉力方向跟运动方向夹角 θ 越小沿运动方向的分力便越大,所以就越省力,但仔细一想,夹角 θ 越小, F 的竖直方向分量 F_y 就会小,正压力 $N = mg - F_y$ 就变大,从而摩擦力 $f = \mu N$ 也就较大,因此很难下结论夹角 θ 越小越省力,要准确回答这个问题必须找出 F 与 θ 间的函数关系,根据牛顿第二定律 $\Sigma F = 0$, 即 $F \cos\theta - \mu(mg - F \sin\theta) = 0$ 得 $F =$