

物理教学中建立“整体观念”策略的探索与实践

张嘉弘

(海宁市第一中学 浙江 嘉兴 314400)

(收稿日期:2019-10-30)

摘要:物理观念对于解决物理问题起着至关重要的作用,但其需要经历结构化的过程才能逐步形成,在此就其过程中从整合“观念的组成部分”出发并建立“整体观念”这一环节,以“运动观”的建立教学为例,通过梳理运动种类、厘清运动关系、挖掘运动变换、使用运动观念,将这一建立环节的具体操作展开论述,为进一步形成“运动与相互作用观念”做好铺垫.

关键词:整体观念 运动观 物理观念

观念决定着做事方向和质量,因此构建完善的物理观念对于解决物理问题起着至关重要的作用,根据梁旭老师《认识观念形成的过程与要素指导教学设计及评价》一文观点,观念的形成与完善不是一蹴而就、一朝一夕完成的,因为观念的形成基础是知识^[1](观念的组成部分),而知识的积累需要长期的学习.但是在我们的教学实践中,明明学生已经完成了3年的高中物理学习,可并不是每个学生都能形成较为完善的物理观念(从解决物理问题的表象推断),究其原因,主要是这些学生仅仅是完成了知识的积累(堆积),而没有主动构建,从而导致“最终观念”的难产.鉴于此,在学生已经具备建立“整体观念”所需要的知识时,教师需要通过教学引导学生构建出“整体观念”,并通过运用“整体观念”解决一些问题,巩固所构建出的“整体观念”,为下一步形成“最终观念”打下基础.

作为一名高中生,大概率在高二后期或者高三时,已经具备建立“整体观念”所需要的知识,因此,在设计高三的复习教学时,应注意引导学生梳理已知的“观念的组成部分”,对其进行相互关系的深入认识与理解,并概括出“整体观念”,为在高中阶段结束时形成阶段性的“观念”做好准备.下面笔者将以“运动观”的整合教学为例进行论述.

1 梳理运动种类 寻求实例支撑

运动种类是运动观形成的基础,对已学的运动进行梳理,有利于全面了解高中阶段的运动种类,而通过实例的列举,将进一步巩固脑海中的各种运动

种类与概念.

课堂实例 1:

任务 1:提取高中物理课本中的运动种类

问题情境:展示生活中一些物体的运动场景.相应问题如表 1 所示.

表 1 问题与目标

问题	目标
1. 高中物理中所学过的运动有哪些?	短时间内收集“观念的组成部分”
2. 能否举出相关事实和案例(具体实例)对各种运动(观念的组成部分)进行描述?	用“具体案例”从具象的角度对“观念的组成部分”进行强化和支撑

教学建议:问题 1 比较简单,建议学生独立完成,问题 2 比较开放,建议学生分享自己的实例.

学生的操作结果如表 2 所示.

表 2 运动的种类和实例

运动种类	具体实例
匀速直线运动	汽车沿直线匀速行驶(近似)……
匀变速直线运动	自由落体……
匀速圆周运动	摩天轮转动、钟表的指针转动……
平抛运动	水平投掷飞镖……
天体运动	行星绕太阳运动……
振动	单摆、弹簧振子……
波动	水波、绳波……
……	……

点评:通过运动种类的寻找以及相应实例的分享,大多数学生在脑海中逐渐建立了形成“运动观”的大致框架。

2 厘清运动关系 完善特征理解

关于运动的概念和规律是形成“运动观”的关键,但是零碎知识堆砌并不能自发的形成“运动观”。因此,通过对各类运动的特征有效对比,有助于加深对各类运动的理解以及厘清相互之间的关系,促进“运动观”的形成。

课堂实例 2:

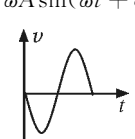
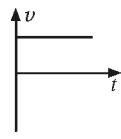
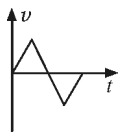
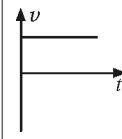
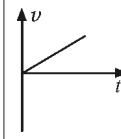
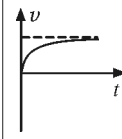
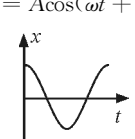
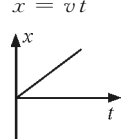
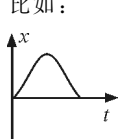
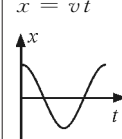
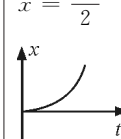
任务 2:厘清各种运动之间的关系网络

问题情境:展示表 2 中大家分享的实例,相应问题如表 3 所示。

表 3 问题与目标

问题	目标
1. 能否从空间尺度、秩序程度对各类运动进行排列分类?	全方位、多角度的梳理各个“观念的组成部分”之间的区别与联系
2. 请归纳对比各种有序运动的特征	用“物理概念和规律”从抽象的角度对“观念的组成部分”进行深化和丰富

表 4 各类有序运动的特征

运动 大类	周期性					非周期性			
	振动	波动	直线 运动	曲线 运动	天体 运动	直线 运动		曲线 运动	
举 例	简谐 运动	机械波 传播	往复 直线	匀速圆 周运动	行星 运动	匀速 运动	匀加速 直线运动	变加速直线 运动(加速)	平抛 运动
周 期	$2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$\frac{\lambda}{v}$	无具体 表述	$\frac{2\pi}{\omega}$	$\sqrt{\frac{a^3}{k}}$	无			
速 度 特 点	$v = \omega A \sin(\omega t + \varphi_0)$ 	$v = C$ 	比如: 	大小不 变方 向时 刻改 变	大小方 向时 刻改 变	$v = C$ 	$v = at$ 	比如: 	大小方 向时 刻改 变
位 移 特 点	$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$ 	$x = vt$ 	比如: 	大小方 向时 刻改 变	大小方 向时 刻改 变	$x = vt$ 	$x = \frac{at^2}{2}$ 	方向不变 一直增加	大小方 向时 刻改 变

教学建议:问题 1 比较抽象,因此教师应引导学生模仿数学建立二维坐标系,如图 1 所示,帮助学生从序度和尺度两个方面同时描述各种运动。而在解决问题 2 时,教师应提供表格形式的学案,如表 4 所示,帮助学生分类,并尽量引导学生从速度、位移、加速度、轨迹、周期等角度进行思考,对比分析各种运动的特征,要求学生尽量用图像配合文字描述,便于学生形成结构性的观点。

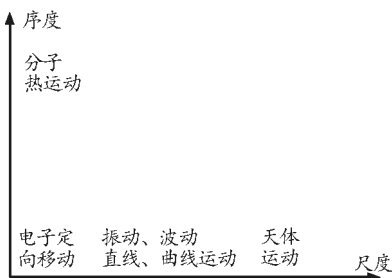
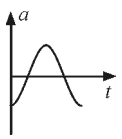


图 1 二维分类图

学生的操作结果,如图 1 和表 4 所示。

点评:通过对问题 1 和问题 2 的解决,大多数学生潜移默化地对运动观的内涵进行了丰富拓展,为运动观的结构化奠定了基础。

续表 4

	周期性					非周期性			
加速度特点	$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi_0)$ 	$a = 0$	$a = C$ 方向周期性改变	$a = \frac{v^2}{r}$ 方向时刻改变	$a = G \frac{M}{r^2}$ 大小方向时刻改变	$a = 0$	$a = C$	方向不变 大小时刻改变	$a = g$ 竖直向下
轨迹特点	直线 曲线	直线	线段	圆	椭圆	直线	直线	直线	抛物线
其他特点

3 深挖运动变换 促进结构优化

表象不同的运动之间并不一定是毫无关联的,从不同的角度看待这些运动,会有新的发现,并在原有认知的基础上产生新的认知,促进对此类运动认知结构的优化。

课堂实例 3:

任务 3: 挖掘部分运动之间的变换关系

问题情境 1: 手拉住一条软绳一端连续抖动,如图 2 所示。

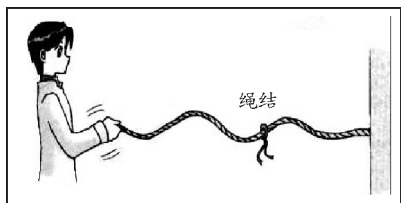


图 2 绳波

相应问题如表 5 所示。

表 5 问题与目标

问题	目标
1. 你如何理解振动与波动的关系?	从局部与整体的观点去理解各类运动,建立“观念的组成部分”之间的联系
2. 在学过的这些运动中,还有类似的实例吗?	

教学建议: 问题 1 在新课讲授过程中已经分析总结,学生比较容易理解,对于问题 2,学生平时思考得较少,但只要教师有意的去引导提示,学生不难解决。

学生的操作结果:

结论: 振动是单个质点的运动,是局部的运动,

而波动则是大量质点的运动,是整体的表现,如图 3 所示。

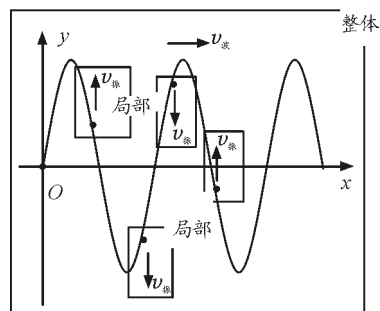


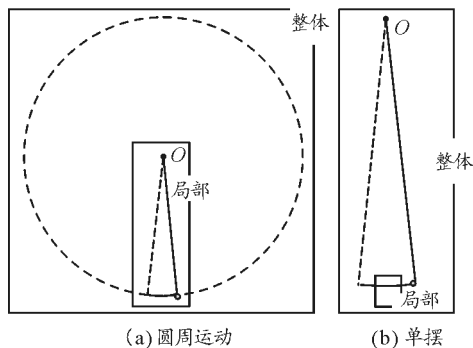
图 3 波动与振动

举例:

(1) 弹簧振子的运动从整体角度理解是一种振动,从局部角度理解每一小段的运动也是直线运动。

(2) 单摆的运动从整体角度理解也是一种振动,从局部角度理解每一小段的运动也是圆周运动。

也可以这样理解,圆周运动是整体,单摆的振动看成是圆周运动的一个部分(局部性),如图 4 所示。



(a) 圆周运动 (b) 单摆

图 4 圆周运动与单摆

问题情境 2: 手拉细绳让小球在竖直平面内做圆周运动,如图 5 所示。相应问题如表 6 所示。

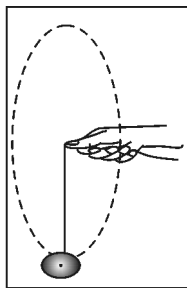


图5 竖直平面内圆周运动

表6 问题与目标

问题	目标
1. 从侧面观察在竖直平面内做圆周运动的小球,它在做什么运动?	从不同的观察视角去理解各类运动,利用运动特征去处理问题,建立“观念的组成部分”之间的联系
2. 如果小球在竖直平面内做匀速圆周运动,那在侧面观察又会看到何种运动?	
3. 能否证明你的观点?(请证明)	

教学建议:对于问题1,学生通过实践观察或者空间想象去解决,不难得到物体是做直线往复运动的结论.对于问题2,大多数学生也只能得到问题1的结果,但是对于这样的结论,学生的内心可能并不满意,教师应引导学生从对称性角度思考,学生可能猜想这是简谐振动(特殊的振动形式).而问题3是一个追问,就是需要引导学生从匀速圆周运动出发,利用运动的合成与分解,观察物体在侧面投影点的位移与时间的关系,从而证明观点.

学生的操作结果:

判断1:通过观察直接得出结论,物体是做直线往复运动,如图6所示.

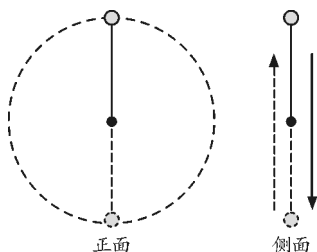


图6 竖直平面内圆周运动的不同视角观察图

判断2:设有一质点沿半径为 R 的圆周以角速度 ω 做逆时针匀速圆周运动,如图6所示,令 x 轴过圆心且与圆在同一平面内,如果把质点在各个时刻的位置向 x 轴投影,则可以确定投影点在以 O 为平衡位置左右振动.

证明:如图7所示,若该时刻质点位置对应的半径与 x 轴夹角为 φ_0 ,经过时间 t ,则该质点在 x 轴上的投影点坐标为 $x = R\cos(\omega t + \varphi_0)$,因此投影点在 x 轴上做的是简谐振动.

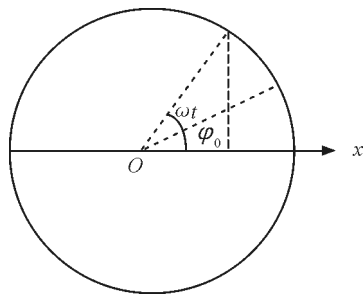


图7 理论证明示意图

问题情境3:播放太阳系中各星体运动的视频,如图8所示.

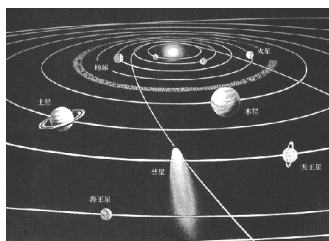


图8 行星运动视频截图

相应问题如表7所示.

表7 问题与目标

问题	目标
1. 天体运动的轨迹通常是椭圆,但是我们常用圆轨道处理,原因是什么?	从轨迹参数的变化去理解各类运动,利用数学工具去处理问题,建立“观念的组成部分”之间的联系
2. 那么当 $b \rightarrow 0$ 时,天体运动的轨迹会是怎样的呢?此时中心天体处在何处?	

教学建议:问题1比较简单,学生可从课本找出相关解释来解决,教师也可引导学生从椭圆标准方程入手,通过修改参数来印证课本中的解释.问题2虽然是同类问题,但是由于需要极限的思维,教师可通过几何画板演示帮助学生理解,如图9所示.

学生的操作结果:

分析1:从数学角度讲,在椭圆标准方程

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

当 $b \approx a$ 时,则就将接近圆标准方程,而根据 $c^2 = a^2 - b^2$,则 $c \approx 0$,两个焦点接近重合,中心天体即将出现在圆的圆心.

分析 2:当 $b \rightarrow 0$ 时,椭圆的两侧就将重合为一条直线,此时 $c \approx a$,中心天体即将出现在直线的一个端点.

点评:通过上述问题的引导与思考,对运动原有的认知将受到强烈的冲击,在这样的学习过程中,更新认知结构将成为必然,认知水平将更上一层楼.

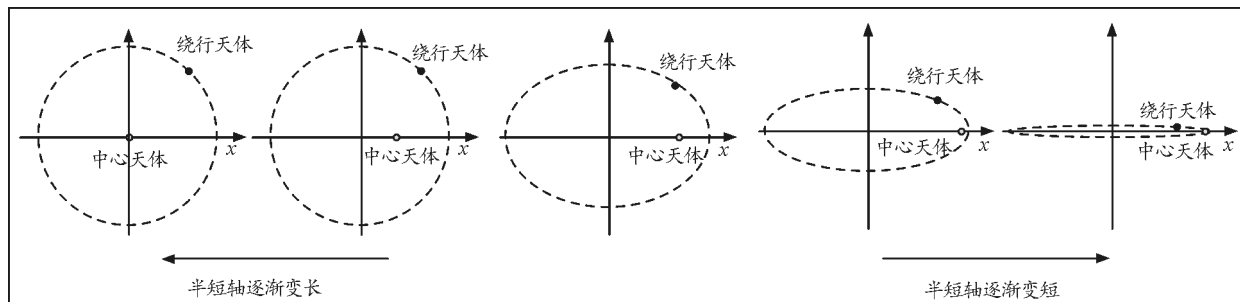


图9 椭圆变化图

4 使用运动观念 解决实际问题

在解决问题的过程中,运用的是运动学的知识和规律,经历的是运动学中具体的结构化案例,得到的是对运动学问题的本质认识,形成的是对于该类问题解决的系统化观点.通过问题解决的方式,体验“运动观”使用的程序性、灵活性和综合性,促进“运动观”的建构整合.

课堂实例 4:

任务 4:强化“运动观”在解决问题中的使用

问题情境 1:一列波速为 1 m/s 的简谐横波沿 x 轴正方向传播,在 $t=1 \text{ s}$ 时刻的波形如图 10 所示,质点 P 的 x 轴坐标为 3 m .

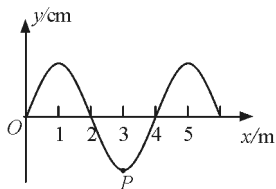


图10 波形图

问题情境 2:赫菲斯托斯是希腊神话中的冶炼之神,刚出生的时候由于虚弱多病而且还是个瘸子,他的母亲赫拉就把他从奥林匹亚山顶扔了下去,如图 11 所示,经过整整一天,赫菲斯托斯才掉进海里.



图11 神话情境图

问题情境 3:现有两种交通工具,一个是地球近地轨道空间站,另一个是贯穿地球的直通隧道车,如图 12 所示,它们各自的运动轨迹处于同一平面内.

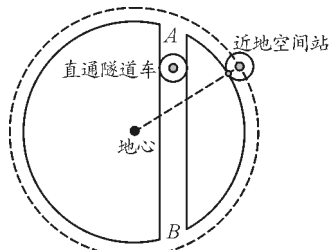


图12 交通工具图

相应问题如表 8 所示.

表8 问题与目标

问题	目标
1. 试画出质点 P 的振动图像	用明确的观点(局部与整体)去解决明确的运动(振动与波动),建立问题解决的常规模式,强化“运动观”使用的程序性
2. 若忽略空气阻力,赫菲斯托斯从奥林匹亚山被扔下去后,是否在做自由落体运动? 说明理由	从极限视角转换看待运动问题的方式,用“常规的规律”解决“非常规的运动”问题,强化“运动观”使用的灵活性
3. 若要估算神话中奥林匹亚山的高度,我们如何处理?	
4. 若忽略所有阻力,这两种交通工具各自在做何种运动? 请说明理由	从动力学角度去判定运动种类,为“相互作用观”和“运动与相互作用联系观”的整合作铺垫,强化“运动观”使用的综合性
5. 若它们同时从隧道口 A 出发,谁先到达隧道口 B ? 是否有新的发现?	

教学建议:问题1比较简单,学生应该会用不同的方式去画出振动图像,教师应鼓励学生分享解决问题的思路或程序.问题2和问题3容易出错,主要是思维定式的问题,教师应引导学生从情境信息中提取有效信息“整整一天”,从侧面说明这个山是非常高的,进而促进学生思考,灵活地选择处理问题的规律.问题4和问题5需要帮助学生运用动力学知识确定或构建未知的运动,从而感知“运动观”的综合性.

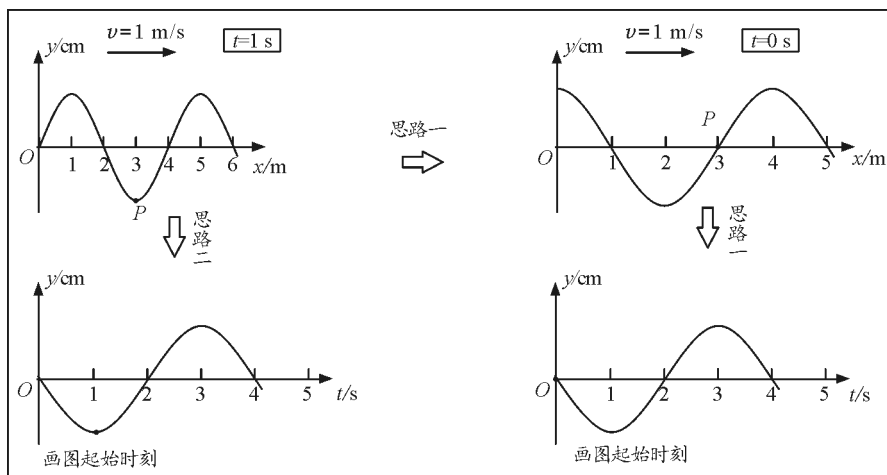


图13 问题1学生解答过程

解答2:从时间角度思考,运动距离相当大,那么运动过程中万有引力有比较大的变化,加速度不是常数 g ,不能用自由落体规律计算高度.因此需要从天体运动角度处理问题,设想有一个狭长的椭圆轨道,近地点为A,远地点为赫菲斯托斯开始下落的

学生的操作结果:

解答1:思路一,利用波形平移画出 $t=0$ s时刻的波形图,确定 $t=0$ s时质点P的位置和振动方向,进而从 $t=0$ s开始画出质点P的振动图像.

思路二,直接从 $t=1$ s时刻的波形中确定质点P在该时刻的位置和振动方向,进而把 $t=1$ s时刻的状态定为起始状态,向前向后延伸画出质点P的振动图像.学生解答过程如图13所示.

B点,在极限情况下,椭圆两侧轨道就靠拢为直线,椭圆的焦点就无限接近A点,下落距离就约为椭圆的长轴长度.那么下落时间就为椭圆轨道周期的一半.学生解答过程如图14所示.

设椭圆半长轴为 a ,沿椭圆运动的周期为 T ,沿半径为 $R_{地}$ 运动的近地卫星周期为 T_0 ,对近地卫星有: $G \frac{Mm}{R_{地}^2} = m \frac{4\pi^2}{T_0^2} R_{地}$,得 $\frac{R_{地}^3}{T_0^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$,由 $G \frac{Mm}{R_{地}^2} = mg_{表}$ 得 $\frac{R_{地}^3}{T_0^2} = \frac{g_{表} R_{地}^2}{4\pi^2}$.根据开普勒第三定律, $\frac{a^3}{T^2} = \frac{R_{地}^3}{T_0^2}$,取 $T \approx 2$ 天, $R_{地} = 6.4 \times 10^6$ m, $g_{表} = 9.8$ m/s²,得 $a = \sqrt[3]{\frac{T^2 R_{地}^3}{T_0^2}} = \sqrt[3]{\frac{T^2 g_{表} R_{地}^2}{4\pi^2}} = 6.7 \times 10^7$ m,所以奥林匹亚山的高度为 $h = 2a = 1.34 \times 10^8$ m

图14 问题2和3学生解答过程

解答3:对于问题4,空间站的运动是匀速圆周运动,从受力角度看,更像是弹簧振子,有必要从回复力切入,探究沿隧道方向力的变化与位移的关系,从而判定其运动性质.对于问题5,由于问题指向时

间,因此考虑周期,从而对比得出结论,由于隧道车运动的等时性,不难引起类比等时圆的联想,解答过程如图15所示.

设地球半径为 $R_{地}$, 地表重力加速度为 $g_{表}$, 隧道长度为 L , 地心到隧道的距离为 d , 运动的近地卫星周期为 T_0 , 近地空间站的运动为匀速圆周运动, 由万有引力提供向心力 $G\frac{Mm}{R_{地}^2} = m\frac{4\pi^2}{T_0^2}R_{地} = mg_{表}$, 得 $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{R_{地}}{g_{表}}}$.

若直通隧道车到隧道中点的距离为 x 时, 所受引力大小为 $F_{引} = G\frac{Mm}{R_{地}^3}\sqrt{x^2 + d^2}$

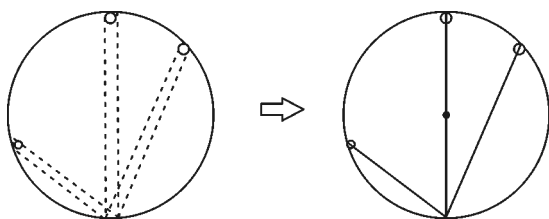
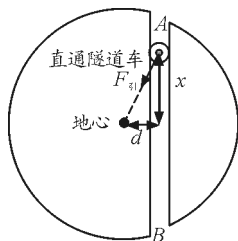
所以该引力沿隧道方向的分力大小为 $F_x = G\frac{Mm}{R_{地}^3}\frac{x}{\sqrt{x^2 + d^2}}$

$$\frac{x}{\sqrt{x^2 + d^2}} = G\frac{Mm}{R_{地}^3}x = \frac{mg_{表}}{R_{地}}x$$

若取隧道中点为原点坐标, 则隧道车的位移矢量 x 的方向与引力沿隧道方向的分力 F_x 的方向相反, 即 $F_x = -\frac{mg_{表}}{R_{地}}x$ 此关系恰好满足简谐运动的动力学特点, 由此确定直通隧道车做简谐运动, 且运动周期为 $T = 2\pi\sqrt{\frac{R_{地}}{g_{表}}}$, 直通隧道车到达隧道口 B 的时间为 $t_{隧道车} = \pi\sqrt{\frac{R_{地}}{g_{表}}}$.

它们同时从隧道口 A 出发, 若近地空间站顺时针做圆周运动, 则近地空间站先到隧道口 B .

若近地空间站逆时针做圆周运动, 则直通隧道车先到隧道口 B .



新发现: 1. 直通隧道车运动周期与隧道长度无关, 且与近地空间站的运动周期相同.

2. 直通隧道车穿越地球的时间是定值, 类似等时圆情况.

图 15 问题 4 和 5 学生解答过程

点评: 通过上述问题的解决, 学生将积累更多具体典型的运动案例, 为学生构建在“运动的物理概念和规律”之上的“运动观”提供了支撑, 并进一步潜移默化地将“运动观”印刻在了学生的意识中.

5 结束语

在高中阶段, 建立完善的物理观念是一个长期而复杂的过程, 需要教师在 3 年的教学中作出整体性的规划, 并抓住每一个教学阶段, 运用恰当的教学方式和策略, 有效推进知识结构化进程. 纵观整个教

学过程, 笔者以教材内容为起点, 以学生学习为中心, 通过分解任务、设计情境、跟进问题和引导整合的联动方式, 帮助学生将“运动观”从已有的认知结构中剥离、更新并进行重构, 主动呈现在学生的观念意识中, 使之成为“运动与相互作用观念”建立的一个重要组成部分, 为下一步物理观念的整体搭建做好铺垫.

参考文献

- 1 梁旭. 认识观念形成的过程与要素指导教学设计与评[J]. 物理教学, 2019(7): 2 ~ 5
- 2 梁旭. 物理观念的结构与形成过程探究[J]. 中学物理教学参考, 2018(5): 22 ~ 26