

# 基于核心素养的推理论证题的解答

何德强

(北京市第八十中学 北京 100102)

(收稿日期:2020-04-28)

**摘要:**从“物理核心素养对推理论证的要素”和“解答推理论证题的思路与方法”两个层面对近年来高考中的推理论证题进行了剖析和阐述,为师生分析和解答此类题目提供了示范与参考.

**关键词:**核心素养 推理论证 逻辑联系

论证说明题是近年来物理新高考热衷的题型,需要考生运用证据对所研究的问题进行描述、解释和预测,并建立证据与解释之间的关系,是培养科学思维能力的重要题型.学生对这类看似明知故问的题型大多还不太适应,在此笔者基于高中物理核心素养的要求,并结合近年来高考中的这类题目进行特点分析,总结解答此类题的思路和方法.

## 1 基于核心素养的要求探究推理论证的要素

教育部考试中心的程力和李勇在《中国考试》(2019年第12期)发表文章“基于高考评价体系的物理科考试内容改革实施路径”中对物理科等级考试提出理解能力、推理论证能力、模型建构能力、实验探究能力、创新能力5种新的关键能力.5种关键能力既是对《普通高中物理课程标准》中关键能力的具体化,也是对以前物理科考试大纲中提出的物理能力的继承与发展.理解能力、推理论证能力、实验探究能力分别是对以前考试大纲中的理解能力、推理能力、实验能力的整合和升华,模型建构能力和创新能力则是根据物理教学实际和时代发展要求提出的新的能力,原考试大纲中提出的分析综合能力和应用数学处理物理问题能力的相关要求已经融入新的关键能力表述中<sup>[1]</sup>.可以看出推理论证能力是高考的主要方向.

### 1.1 推理论证能力是核心素养与物理考核的关键能力

《普通高中物理课程标准》(2017年版)对物理

核心素养作了全面细致阐述,在科学思维与科学探究中都对“推理论证”进行了重点阐述.科学思维是从物理学视角对客观事物的本质属性、内在规律及相互关系的认识方式;是基于经验事实建构物理模型的抽象概括过程;是分析综合、推理论证等方法在科学领域的具体运用;是基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑和批判,进行检验和修正,进而提出创造性见解的能力与品格.“科学思维”主要包括模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等要素.科学探究是指基于观察和实验提出物理问题、形成猜想和假设、设计实验与制订方案、获取和处理信息、基于证据得出结论并作出解释,以及对科学探究过程和结果进行交流、评估、反思的能力.“科学探究”主要包括问题、证据、解释、交流等要素.

科学论证是指“运用证据对所研究的问题进行描述、解释和预测,以及建立证据与解释之间的关系”<sup>[2]</sup>.推理论证不仅是核心素养的要素,而且也是物理关键能力的重要组成部分.

### 1.2 解答推理论证题的要素与要求

物理科学的发展可以说就是建立在推理论证的基础上的,科学家不仅要明确所观察到的现象(证据),提出自身的观点(结论),更是要找出能够把现象和观点相互联系起来的科学原理(推理过程),以便形成合乎逻辑的科学解释,使其在科学家共同体中进行交流和接受检验.基于某个问题的推理论证有点像写议论文,需要明确“论点、论据和论证”这3

个要素,所以解答物理论述说明题需要落实以下 3 个要点:

(1) 论点(观点)要鲜明. 首先要有明确的结论,不能含混不清,观点不明,如果出现拿不准的时候,可以这样说明“其中合理的是……其中不合理的是……”

(2) 论据要充分. 在清楚前提和条件的基础上,看所论证的事件是否符合常识、原理和规律,有时还要利用数学图像、推导、实验等已有的结论作为证据.

(3) 论述要得法. 首先要看清题目的线索及要求,不是将你所知道的相关知识都写上去,最好是先循着题目的要求发现其漏洞攻其要害(或找其突破),接着要说清论证的因果关系(或逻辑联系),还要注意规范恰当的表述,比如对谁,在什么条件下,哪个过程,有何问题,得出什么结论,都需要条理清晰地表述出来.

## 2 例析解答推理论证题的思路和方法

推理论证就是在自己已有知识储备的基础上提出自己的主张,基于证据进行实质性的推理,并利用反驳或者证明等方式向他人主张自己观点的合理性和科学性. 根据上述推理论证的要素可得出如下解答这类题目的思维流程图,如图 1 所示.

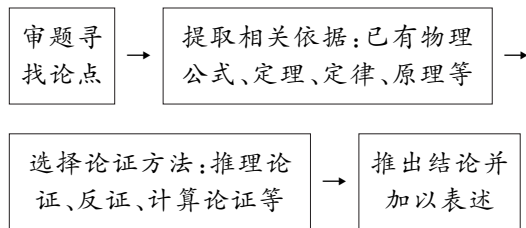


图 1 解答推理论证题的思维流程图

为了简捷,可以将解答论证说明题的过程简化为三段论:一是弄清题目意图,二是寻找逻辑联系,三是注意表述要点. 现略举几例,以兹说明.

**【例 1】**[2018 年高考北京理综第 21(5) 题] 早在 16 世纪末,伽利略就猜想落体运动的速度应该是均匀变化的. 当时只能靠滴水计时,为此他设计了如图 2 所示的“斜面实验”,反复做了上百次,验证了他的猜想. 请你结合匀变速直线运动的知识,分析说明如何利用伽利略“斜面实验”检验小球的速度是随时间均匀变化的.

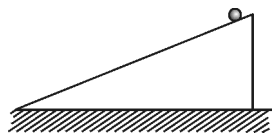


图 2 例 1 题图

### 【点拨分析】

(1) 题目意图: 首先,该题要求从实验测量角度来说明,就需要弄清哪些是可测的,哪些是不可测的,由题意知时间  $t$ , 位移  $x$  当时都是可以测的. 其次,目的是什么呢? 是检验“小球的速度是随时间均匀变化的”这个猜想,但又不能直接测速度.

(2) 逻辑联系: 要通过实验找到速度与时间的关系,主要有两个困难: 一是速度  $v$  不能直接测出来,所以需要找  $v, x, t$  三者的关联,且必须从可测的量入手,题中所提示的时间显然是联系二者的桥梁; 二是要检验“二者均匀变化”,意味着  $v$  与  $t$  须是一次函数关系,而  $x$  与平均速度也是一次函数关系,那怎么就能说明  $v$  与  $t$  是一次函数关系呢?

(3) 表述要点: 考虑可以做实验且便于测量只能从初速度为零开始(因为有初速度当时也根本不可能测出来),所以答题中一定要出现“从静止释放”这个条件,而且由于初速度为零,上述一次函数就变为正比例函数了. 尤其要注意,题中的“请你结合匀变速直线运动的知识”并不是让你写出一堆匀变速直线运动的公式,这只是给你提供思路和线索,因为当时并不确切知道匀变速直线运动的规律,连伽利略也只是猜想,他反复做了上百次实验才验证了他的猜想,如果你写出公式来,恰恰说明你没有真正理解题目中预设的条件和环境.

### 【高考阅卷参考答案】

如果小球的初速度为零,假设其速度  $v \propto t$  (这是猜想),那么它通过的位移  $x \propto t^2$ . 因此,只要测量小球通过不同位移所用的时间,就可以检验小球的速度是否随时间均匀变化.

**【例 2】**[2019 年高考北京第 21(5) 题] 牛顿设想,把物体从高山上水平抛出,速度一次比一次大,落地点就一次比一次远,如果速度足够大,物体就不再落回地面,它将绕地球运动,成为人造地球卫星. 同样是受地球引力,随着抛出速度增大,物体会从做平抛运动逐渐变为做圆周运动,请分析原因.

### 【点拨分析】

(1) 题目意图: 这个题的关键是一系列相关物

理量的“渐变”(落地点就一次比一次远,速度足够大,就成为人造卫星),渐变的原因及其对应关系是什么呢?需要考生去揭示它们之间的逻辑联系或者因果关系。

(2) 逻辑联系:题中出现了两种运动模型,平时我们对每个运动模型都要挖掘两个方面(一是该运动状态的条件,即物体所满足的初状态及其受力方程;二是根据运动规律求解相关物理量,亦即运动方程)。不难看出本题的关键是“揭示运动状态及其变化的条件”,抛出速度的渐变(一次比一次大)与空间范围的渐变(落地点就一次比一次远)和运动模型的渐变(从平抛到圆周),它们有什么内在的逻辑联系呢?这就是我们要论述的关键。

(3) 表述要点:平抛运动的条件是“恒力与初速度垂直”,怎样与题中提示的“速度小、范围小”相对应呢,由于物体在地球表面某个小范围内重力几乎不变,且与初速度垂直,当然可以满足做平抛运动的条件。人造卫星的匀速圆周运动需要的条件是合力与速度时刻垂直,这就需要引力是个变力了,怎么把这个变力与“速度大、范围广”相对应呢?即使你说不那么准确,但只要在推理论证中明确揭示出这种对应的逻辑联系(因果关系),也可以得到可观的分数。

### 【高考阅卷参考答案】

物体初速度较小时,运动范围很小,引力可以看作恒力——重力,做平抛运动;随着物体初速度增大,运动范围变大,引力不能再看作恒力;当物体初速度达到第一宇宙速度时,做圆周运动而成为地球卫星。

【例 3】回旋加速器模型,如图 3 所示,根据回旋加速器的工作原理,请通过计算对以下两个问题进行分析。

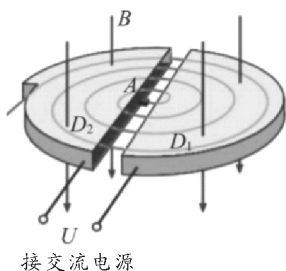


图 3 例 3 题图

(1) 在上述不考虑相对论效应和重力影响的情况下,计算粒子在回旋加速器中运动的时间时,为何

常常忽略粒子通过两盒间狭缝的时间,而只考虑粒子在磁场中做圆周运动的时间;

(2) 实验发现:通过该回旋加速器,加速的带电粒子能量达到  $25 \sim 30 \text{ MeV}$  后,就很难再加速了.这是由于速度足够大时,相对论效应开始显现,粒子的质量随着速度的增加而增大.结合这一现象,分析在粒子获得较高能量后,为何加速器不能继续使粒子加速了。

### 【点拨分析】(1)

1) 题目意图:第(1)问意图比较明显,为何常常忽略粒子通过两盒间狭缝的时间,就是这个电场中的加速时间在总时间中可忽略不计。

2) 逻辑联系:近似简化这是物理中抓大放小的模型化思想,要求粒子在电场中的总加速时间必须远小于粒子在磁场中做圆周运动的时间才可以忽略不计。

3) 表述要点:分别求出粒子在电场中的加速时间和粒子在磁场中做圆周运动的时间,看是否满足可以忽略的条件。

### 【点拨分析】(2)

1) 题目意图:第(2)问的意图没有上一问那么明显,为何加速器不能继续使粒子加速?可能是原来能持续加速的条件不满足了,怎么不满足了呢?有可能是某些物理量发生了变化了。

2) 逻辑联系:回旋加速器能周而复始得以持续加速的条件是什么呢?这正是教材中所讨论的“回旋加速器的精妙设计”,即交变加速电场的周期等于粒子在磁场中做圆周运动的周期.什么原因影响了这个条件呢?需要研究周期的决定因素。

3) 表述要点:交变电场周期不变,这就要求出粒子在磁场中做圆周运动的周期,然后再看是哪些因素(速率、能量、质量)的变化引起二者不匹配,从而破坏了周而复始、持续加速的条件。

### 【阅卷参考答案】

(1) 带电粒子在两盒间电场中加速过程中的加速度  $a = \frac{qU}{md}$ , 在电场中加速的总时间为  $t_1 = \frac{v_m}{a} =$

$\frac{BdR}{U}$ , 依据动能定理有  $2nqU = \frac{1}{2}mv_m^2$ . 带电粒子圆周运动由  $qvB = m\frac{v^2}{r}$  和  $T = \frac{2\pi r}{v}$  得  $T = \frac{2\pi m}{Bq}$ , 则带电

粒子在磁场中运动的总时间 $t_2=\frac{\pi BR^2}{2U}$ ,由 $R\gg d$ ,可知 $t_1\ll t_2$ ,所以 $t_1$ 可忽略.

(2) 由  $qvB = m \frac{v^2}{r}$  和  $T = \frac{2\pi r}{v}$

可得  $T = \frac{2\pi m}{Bq}$

从该周期公式发现,速度增加,粒子的质量会增加,其圆周运动周期会变大,但加速电场周期不变,这样使得加速电场的变化周期与粒子的运动周期不匹配,从而导致无法持续加速.

3 结束语

只要掌握了论证说明题的特点和分析思路,是容易有效得分的,因为很多的论述说明题都是明知故问,其结论我们是清楚的,关键是要根据题目条件

找到各物理量的逻辑联系并用恰当规范的语言严谨地表述出来.

推理论证不仅是科学本身的有机组成部分,而且通过推理论证过程能够帮助学生更好地理解和应用所学的科学知识,推理论证提供了一条能够将内隐思维策略外显化的有效途径,这样可以促进学生更高层次思维能力的发展.推理论证还能帮助学生对周围环境中的纷繁信息和观点形成自己的独立认识,为将来更加理性地参与社会生活奠定良好基础<sup>[3]</sup>.

参考文献

1 程力,李勇. 基于高考评价体系的物理科考试内容改革实施路径[J]. 中国考试,2019(12):38 ~ 44

2 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018

3 张艳香,魏昕. 促进学生物理论证能力发展的策略研究[J]. 课程·教材·教法,2016(3):122 ~ 127

(上接第 86 页)

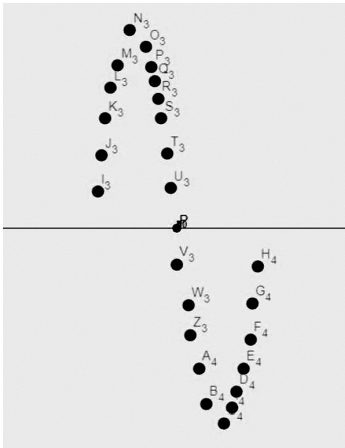
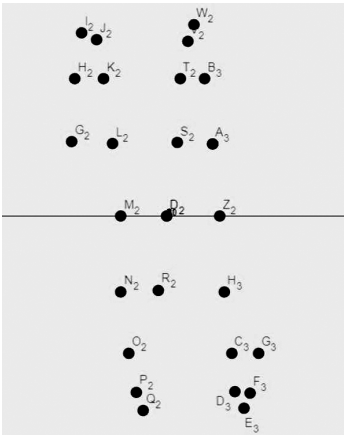


图 5 荧光屏视角下的波形显示 1(信号电压周期为  $\pi$ )

图 6 荧光屏视角下的波形显示 2(信号电压周期为  $\pi$ )

3.2 关键的影响参数讨论

注意到在前面 3.2 用 GeoGebra 软件制作的例子中,控制带电粒子所受电场力的一个是信号电压 $U_{\{1\}}=5\sin(2t')$ ,另一个则是扫描电压 $U_{\{2\}}=6\text{Sum}((\sin(2\pi * n * f' * t'))/(n),n,1,k')$ ,由于信号电压的角频率 $\omega=2$ ,对应的周期为 $\pi$ ,而扫描电压的频率 $f'=\frac{1}{2\pi}$ ,对应的周期为 $2\pi$ ,因此会在荧光屏上显示出如图 5 所示的信号电压的两个周期下的波形图,亦即只要观测到这样的波形图即可推测出信号电压的周期为 $\pi$ . 而若是观测到如图 6 所示的波形图则可推测出信号电压的周期为 $2\pi$ . 接着再通过波形图的周期和振幅以及其他已知条件,可以得到信

参考文献

1 赵艳,廖艳林. 基于 Matlab 示波器原理的演示[J]. 大学物理实验,2013,26(06):87 ~ 88,100

2 樊振军,张自力,郑志远,等. 示波器在物理实验教学中的应用[J]. 大学物理实验,2010,23(03):33 ~ 35,38

3 王漪霖. 谈“示波器原理”的教学难点和突破方法[J]. 物理通报,2005(3):33 ~ 34

4 丘来金. GeoGebra 辅助中学物理教学的探讨[D]. 上海:华东师范大学,2018

5 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心. 普通高中物理课程标准实验教科书物理 3-1[M]. 北京:人民教育出版社,2007. 35 ~ 36

6 锯齿波. <https://baike.baidu.com/item/%E9%94%AF%E9%BD%BF%E6%B3%A2>