

山穷水复疑无路 柳暗花明又一村^{*}

——高中物理“隐含条件”一类试题赏析

饶华东

(福建省漳州第一中学 福建 漳州 363000)

肖巧玲

(福建省漳州市第二中学 福建 漳州 363000)

(收稿日期:2022-11-05)

摘要:文章从数理交融——隐条件于数学关系、博文广识——含信息于物理常识、声东击西——藏玄机于显性条件、环环相扣——嵌线索于前置过程4个方面赏析“隐含条件”一类试题,以期对一线教师在试题命制、复习备考方面有所启发.

关键词:隐含条件;物理试题;赏析

顾名思义,所谓隐含条件是指不直接给出而又内含着、隐藏着,不易被察觉的已知条件^[1].教学中,我们常常碰到“隐含条件”的一类试题,这类试题往往立意新颖、打破常规,通过精心设计,将解决问题的必要条件巧妙隐藏.受惯性思维的制约,学生碰到这类试题,往往不知无措,束手无策,甚至会误认为试题条件不足,无法求解.正所谓“不愤不启,不悱不发”,在学生百思不得其解时,教师适当加以点拨,就能起到四两拨千斤的效果,实现事半功倍,提升教学效果.在试题命制中,适当采用这类试题,可以考查学生获取信息、加工信息、分析信息的能力,能有效调节试题难度,增强试题选拔功能,从而引导教学从解题到解决问题转变,助力新课程改革和新高考改革的落地.因此,研究“隐含条件”一类试题,具有重要意义.

本文精选了7道“隐含条件”类试题,并抽丝剥茧,逐一剖析,与同行们一同欣赏“隐含条件”的朦胧美,旨在抛砖引玉,以期引发师生们对这类试题的广泛关注与深入研究.

1 数理交融——隐条件于数学关系

沃尔夫数学奖得主、数学大师陈省身教授曾在中国科学院座谈会上即席赋诗一首,形象地说明了数学、物理的紧密关系:

物理几何是一家,共同携手到天涯.
黑洞单极穷奥秘,纤维联络织锦霞.
进化方程孤立异,对偶曲率瞬息空.
筹算竟得千秋用,拈花一笑不言中.

数学知识是解决物理问题的重要工具,试题命制中将物理条件隐含在数学关系中,往往可以隐藏的了无痕、无迹可寻.学生在解决物理问题过程中,只有巧妙找到代数或几何关系,才能顺利进一步获取必要的物理条件.

【例1】1964年10月16日,中国第一枚原子弹试爆成功.该原子弹核反应物的主要成分是 ^{235}U .天然 ^{235}U 是不稳定的,它将通过若干次 α 衰变和 β 衰变最终成为稳定的元素Pb. ^{235}U 衰变形成的稳定的Pb同位素为()

A. ^{204}Pb B. ^{205}Pb

^{*} 福建省教育科学“十四五”规划2022年度课题“基于‘双减’政策的高中物理‘大作业’设计研究”的阶段性研究成果,课题编号:FJJKZX22-454.

作者简介:饶华东(1983-),男,高级教师,主要从事高中物理教学工作.

C. ^{206}Pb D. ^{207}Pb

试题赏析:本题是第39届全国中学生物理竞赛预赛试题第1题,命题者取材于高中生熟悉的知识点——“原子核衰变”.学生读完试题后倍感亲切,信心满满地以为自己可以轻易拿下,结果发现碰到了熟悉的陌生人——久攻不下.高中阶段“原子核衰变”有关试题,常见的命题思路是告知 α 衰变和 β 衰变次数,由“原物质”推理出“生成物”,或由“生成物”反推“原物质”.但本题命题者不按套路出牌,并没有告知 α 衰变和 β 衰变的具体次数,直击学生的思维盲点,打乱了学生的阵脚.学生如果不能灵活变通,固守原有的解题思路,自然会钻进思维的“死胡同”.正确解答本题的关键是深刻理解 α 衰变和 β 衰变的本质,每经历1次 α 衰变,原子的核电荷数减2,质量数减4,而每经历1次 β 衰变,原子的核电荷数增1,而质量数不变,所以不管经历多少次的 α 衰变和 β 衰变,原物质的质量数与最终生产物的质量数之差一定是“4”的整数倍,即满足关系 $A_1 - A_2 = 4n$ (n 为正整数),显然只有选项D符合要求.

【例2】如图1所示,OA为一遵循胡克定律的弹性轻绳,其一端固定于O点,另一端A与静止在水平面上的物块M相连.B为紧挨轻绳固定的一根光滑小钉,BO的长度等于弹性绳的自然长度.现用一水平力F作用于A,使之水平向右运动10 cm.已知弹性绳始终处于弹性限度内,当绳处于竖直状态时,物块对地面的压力为10 N,物块与地面间的动摩擦因数为0.5,求此过程中,地面摩擦力对物块做的功.

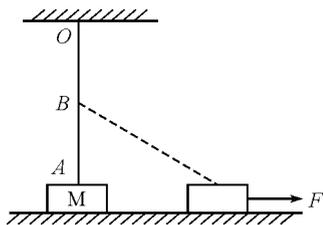


图1 例2配图

试题赏析:本题是高中阶段一道经典的物体试题,笔者做了适当改编.如果学生不深入思考,浅尝辄止,很容易误以为物块M运动过程中摩擦力为变力,其做功无法求解.本题的解题关键是根据几何关系挖掘出题目的隐含条件:设物块运动到任意位置时弹性绳的形变量为 x ,弹性绳倾斜部分与地面的

夹角为 θ ,根据物块竖直方向受力平衡有

$$kx \sin \theta + N' = mg$$

由几何关系易得

$$x \sin \theta = L_{BA}$$

而

$$kL_{BA} + N = mg$$

即 $N' = N = 10 \text{ N}$ 为一定值,物块运动过程中,弹性绳的弹力虽然是变化的,但其竖直方向分力不变,物块对地面的压力恒为10 N,物块向右运动10 cm过程中,地面摩擦力对滑块做的功为

$$W = -\mu Ns = -0.5 \text{ J}$$

2 博文广识——含信息于物理常识

命题者将物理常识、生活常识默认为已知条件,在题干中不予体现,这类试题对于缺乏生活体验、物理常识匮乏的学生来说,是一个不可跨越的鸿沟.常用到的生活常识包括一枚鸡蛋的质量(约50 g)、一层楼高(约3 m)、成人步行速度(约1 m/s)等,常用到的物理常识包括月球的公转周期(约27.3天)、地球半径(约6 400 km)、同步卫星离地高度(约36 000 km,约为地球半径的5.6倍,粗略计算时,可视为地球半径的6倍)等.

【例3】某同学将高中物理必修一课本从教室地面上捡起放在课桌上,此过程中该同学对必修一课本做功大约为()

- A. 0.2 J B. 2 J
C. 20 J D. 200 J

试题赏析:本题及其变式出现在多省市的高三质检卷中,教科书和课桌是学生熟悉的物品,课桌高度约0.8 m,物理必修一课本约重0.25 kg,该同学对必修一课本做的功约等于课本重力势能的增加量,即 $W = mgh = 2 \text{ J}$,选项B正确.以自身身高为参照物,学生不难估计出课桌的高度,但由于大部分学生缺乏购买水果、蔬菜的生活体验,物理必修一课本重量的估计给学生造成了很大的困扰,进而影响了本题的得分.所以教师除了传授学生课堂知识,更要引导学生融入社会,积极参加劳动、体验生活,在提升自己的生活技能的同时,获得足够的生活常识.

【例4】如图2所示,放射性元素镭衰变过程中

释放出 α 、 β 、 γ 这3种射线,分别沿垂直电场方向进入匀强电场中,若平行板电容器的带电情况未知,请你通过查阅资料和必要的演算,确定①、②、③这3种射线的种类.

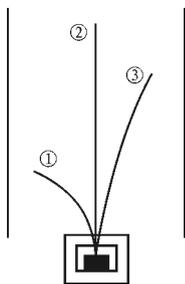


图2 例4配图

试题赏析:本题是笔者自编的一道课后思考题.根据射线的偏转情况判断射线的种类是高中阶段常见的题型,本题的创新之处在于电场方向未知,学生能快速判断出②为 γ 射线,却不能根据受力情况直接辨别出 α 、 β 射线.学生通过阅读课本和检索资料,可以获得以下信息: α 射线速度约为 $0.1c$, β 射线的速度约为 $0.99c$, α 粒子的质量约为 β 粒子的7346倍, α 粒子的电荷量为 β 粒子的4倍. α 、 β 射线沿竖直方向(设为 y 方向)做匀速直线运动,水平方向(设为 x 方向)做匀加速运动,有

$$y = vt \quad x = \frac{1}{2}at^2 \quad qE = ma$$

联立得

$$x = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} \left(\frac{y}{v} \right)^2 = \frac{qEy^2}{2mv^2}$$

代入相关数据,可得在竖直位移相同时, β 粒子的水平偏移量约为 α 粒子的36倍,即图2中①为 β 射线,②为 γ 射线,③为 α 射线.实际上,图2中 α 、 β 射线水平侧移量之比与计算结果有较大出入,但不影响结果的定性判断.同理,如果用匀强磁场分析3种射线,当磁场方向未知时,可以根据 α 、 β 粒子的轨迹半径不同进行辨别(α 粒子的轨迹半径大于 β 粒子的轨迹半径).

3 声东击西——藏玄机于显性条件

高中物理有一类试题,看似条件充足,但学生如果不假思索,忽略了题设条件背后隐藏的玄机,直接套用物理规律解题,往往会踏入陷阱却浑然不知,我

们称这类试题为易错题.在试题命制中,偶尔采用这类试题,能起到警示学生的作用,正所谓“一朝被蛇咬,十年怕井绳”,吃亏越大,学生的印象就越深刻,下次再犯错的几率就越小.教学中,教师应由表及里,由本溯源,帮助学生理清物理知识脉络,透过现象看本质,探寻表象背后的实质,重视审题思路,抽丝剥茧,挖掘题目内部的“源”条件,训练学生的聚焦思维和发散思维,从而提高学生的析题和破题能力^[2].

【例5】质量为 m 的带正电物块,带电荷量为 q ,开始时让它静止在倾角 $\alpha = 60^\circ$ 的固定光滑绝缘斜面顶端,整个装置放在水平方向、大小为 $E = \frac{\sqrt{3}mg}{q}$ 的匀强电场中,如图3所示,斜面高为 H ,释放物体后,物块落地的速度大小为()

- A. $\sqrt{(2+\sqrt{3})gH}$ B. $2\sqrt{2gH}$
C. $2\sqrt{gH}$ D. $2\sqrt{\frac{2}{\sqrt{3}}gH}$

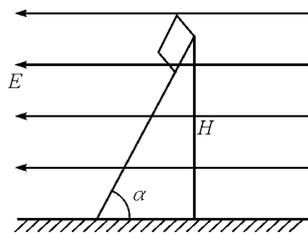


图3 例5配图

试题赏析:本道题看起来条件充足,与学生熟悉的物块沿斜面下滑的情境十分相似,所以大部分学生在解本题时,直接对物块从斜面顶端滑到底端的过程使用动能定理,有

$$mgH + qEH \cot \alpha = \frac{1}{2}mv^2$$

解得答案为C.在笔者进行的一次测试中,选C的学生占比超过了60%,这些学生“完美”地落入了命题者的陷阱.实际上,物块根本不会沿斜面下滑,对物块受力分析如图4所示,可得

$$\tan \beta = \frac{mg}{qE} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\beta = 30^\circ \neq \alpha$$

物块将脱离斜面做匀加速直线运动,根据动能定理有

$$mgH + qEH \cot \beta = \frac{1}{2}mv^2$$

解得

$$v = 2\sqrt{2gH}$$

选项 B 正确.

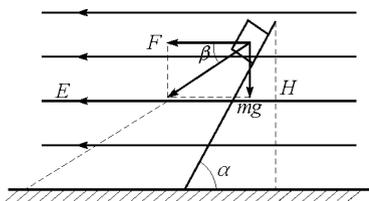


图 4 例 5 解析配图

【例 6】如图 5 所示,水平粗糙轨道 AB 与竖直面内四分之一光滑圆弧轨道 BC 平滑连接, O 为圆弧轨道的圆心, 可视为质点的物块沿水平轨道运动到 B 点时的速度 $v_B = 2\sqrt{5}$ m/s, 已知圆弧轨道半径 $R = 5$ m, 重力加速度 $g = 10$ m/s², 求物块落到水平地面 CD 上时与 B 点的水平距离 x .

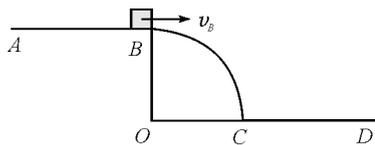


图 5 例 6 配图

试题赏析: 本题是笔者的一道原创试题. 大部分学生在解答本题时, 首先想到的是套用平抛运动的有关规律, 物块在水平方向做匀速运动 $x = v_B t$, 在竖直方向做自由落体运动

$$R = \frac{1}{2}gt^2$$

解得

$$x = 2\sqrt{5} \text{ m}$$

殊不知, 物块到达 B 点后并不会做平抛运动, 而是继续沿圆弧轨道运动一段距离后才脱轨, 设物块与 O 点连线与竖直方向夹角为 θ 时脱离圆弧轨道, 根据动能定理和牛顿第二定律有

$$mg(R - R\cos \theta) = \frac{1}{2}mv_t^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$mg \cos \theta = m \frac{v_t^2}{R}$$

解得

$$\theta = 37^\circ$$

离开轨道后, 物块做斜抛运动, 之后应利用斜抛运动有关规律求解, 限于篇幅, 这里不详细展开阐述.

4 环环相扣 —— 嵌线索于前置过程

命题者将解题条件暗嵌在前置物理过程, 只有通过前置物理过程的详细分析、计算, 才能发现解决后续物理问题所需的关键条件, 倘若学生只停留在对问题的定性分析上, 就会被命题者设计的陷阱所困而寸步难行.

【例 7】如图 6 所示, 在 xOy 平面的第一、第四象限有垂直纸面向里的匀强磁场, 第二象限有沿 y 轴负方向的匀强电场, 原点 O 处有一粒子源, 可在 xOy 平面向 y 轴右侧各个方向连续发射大量速度大小在 $0 \sim v_0$ 之间, 质量为 m , 电荷量为 $+q$ 的同种粒子. 在 y 轴正半轴垂直于 xOy 平面放置一块足够大的薄板, 薄板上 $y = \frac{L_0}{2}$ 处开一个小孔, 粒子源发射的部分粒子穿过小孔进入左侧电场区域, 已知磁感应强度 $B = \frac{2mv_0}{qL_0}$, 电场强度大小 $E = \frac{9mv_0^2}{4qL_0}$, 不考虑粒子之间的相互作用, 不计粒子的重力, 求粒子经过 x 轴负半轴的最远点的横坐标.

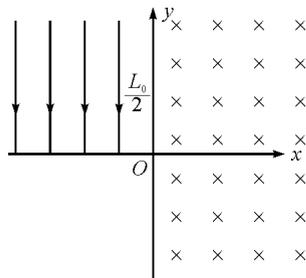


图 6 例 7 配图

试题赏析: 本题若不动笔计算, 只作定性分析, 粒子达到小孔处的速度大小和方向有多种取值, 到达电场后做类斜抛运动, 其沿 x 轴负方向的位移的最大值似乎无法求解. 实际上本题在算出粒子到达小孔处的速度后, 通过进一步计算会发现, 粒子到达小孔处时的水平分速度为一定值, 当粒子的竖直分速度最大时, 其沿 x 轴负方向的位移取到最大值. 具体解答如下:

如图 7 所示, 设粒子到达小孔处时速度与 y 轴正向的夹角为 α .

(下转第 96 页)

长度和电流大小都没有关系的物理量,但不同磁场中其数值不同,且只与磁场本身有关”,所以它可以用来描述磁场的强弱和方向,从而建构磁感应强度的概念.



图7 基于传感器的探究和测量装置

该设计方案采取由浅入深、循序渐进的原则实施教学.在 B 与 I 不垂直的情况下安培力方向与磁场方向、电流方向关系的探究,以及匀强磁场中在 B 与 I 不垂直情况下,安培力大小的计算公式 $F = BIl \sin \theta$ 的学习安排在第2课时完成.这样的安排学生容易接受,提高了教学效果.

4 打通教学方式有助于实施分层教学

笔者将以上4种教学设计方案在课堂教学中实践,发现它们都具有可行性和实效性.教学设计2、3、4中运用了传感器等数字化实验设备,体现了信息技术深度融合物理教学,是对教材的创新性使用.建议在具体课堂教学中,面向选考历史的学生,或者选考物理但基础稍弱的,采用教学设计方案1或2实施教学,体现基础性.面向选考物理且基础较好的学生,采用教学设计方案3或4实施教学,强调教学逻辑的合理性,发挥打通教学的优势.

参考文献

- [1] 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.普通高中教科书物理必修第三册[M].北京:人民教育出版社,2021:109-113.
- [2] 吴金艳,袁海泉.高中物理“双循环”课程内容设计模式的特征分析——对《普通高中物理课程标准》(2017版)的解读[J].物理通报,2018(12):12-14.

(上接第91页)

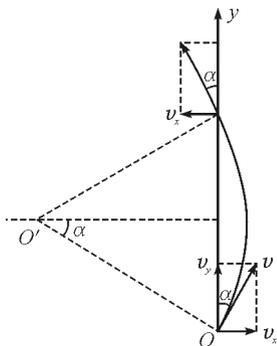


图7 例7解析配图

在磁场中运动时有 $qvB = m \frac{v^2}{R}$,由几何关系得

$$R = \frac{L_0}{4 \sin \alpha}$$

粒子到达小孔处时的水平分速度

$$v_x = v \sin \alpha$$

联立得

$$v_x = \frac{v_0}{2}$$

当粒子速度 $v = v_0$ 时,其竖直分速度

$$v_y = \sqrt{v_0^2 - v_x^2}$$

取到最大值,粒子回到 x 轴时离坐标原点最远,有

$$-\frac{L_0}{2} = v_y t - \frac{1}{2} a t^2$$

$$qE = ma$$

$$x_{\max} = -v_x t$$

解得

$$x_{\max} = -\frac{\sqrt{3}}{3} L_0$$

以上通过7道例题,从4个方面赏析了“隐含条件”一类试题,“数理交融”旨在引导数理兼修、学科融合;“博文广识”意在提倡知行合一、五育并举;“声东击西”的目的在于警醒学生戒骄戒躁、严谨思维;“环环相扣”则为了提升学生信息挖掘、信息加工的能力.在新课程、新课标、新教材、新高考“四新”背景下的教学与备考,广大一线教师应通过精选试题,归类整合,提升课堂效率,培育学生关键能力,促进学生核心素养的发展.

参考文献

- [1] 李芝华. 隐含条件的分析与讨论[J]. 物理教学, 2011(8):45-47.
- [2] 杨银海.“新题”源自“易错题”“创新”基于“课本题”——基于2017年4月浙江省物理选考卷的点滴思考[J]. 物理教师, 2017(9):79-82.