

# 高考全国卷“自由落体运动”实验赏析与教学启示

刘利澜 李德安

(华南师范大学物理与电信工程学院 广东 广州 510006)

(收稿日期:2019-08-09)

**摘要:**“自由落体运动”实验是高考力学实验的重要内容,赏析近10年高考全国卷中“自由落体运动”实验试题,发现试题从原型实验逐步过渡到内容丰富的发展型实验再到指向真实问题的情境型实验,试题立意从知识立意过渡到能力立意再逐渐走向素养立意,考查角度趋向“回归教材、重视情境”。梳理高考实验试题的命题特点并提出教学建议,以期为高中物理实验教学提供有益参考。

**关键词:**高考 物理实验 自由落体运动 试题情境

力学实验是高考的重要考查内容,把握高考实验试题的命题特征能有效提高实验教学的效率。本文以自由落体运动实验为例,梳理2010—2019年间的22份高考全国卷力学实验,发现其中有4次考查了自由落体运动实验。实验的方法灵活,情境多变,实验目的不局限于测量重力加速度,实验装置亦不受打点计时器的束缚。命题角度和考查情境虽存在差别,但也按一定规律发展,将4个自由落体运动实验按命题特征可分为3类:原型实验、发展型实验、情境型实验<sup>[1]</sup>,赏析近10年全国卷自由落体运动实验的命题特点,以期对高中物理实验教学有所启示。

## 1 原型实验

该类实验与教材实验相差无几,以学科知识为实验情境,关注学生对实验的基础知识与技能的掌握情况,展现实验的整体性。

**【例1】**(2010年高考新课标第22题)利用图1所示的装置可以研究自由落体运动。实验中需要调整好仪器,接通打点计时器的电源,松开纸带,使重物下落。打点计时器会在纸带上打出一系列的小点。

(1)为了测试重物下落的加速度,还需要的实验器材有\_\_\_\_\_ (填入正确选项前的字母)

A. 天平 B. 秒表 C. 米尺

(2)若实验中所得到的重物下落的加速度值小于当地的重物加速度值,而实验操作与数据处理均无错误,写出一个你认为可能引起此误差的原因\_\_\_\_\_。

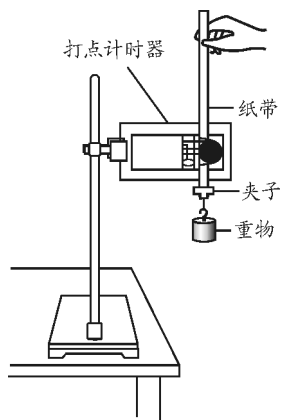


图1 2010年高考全国新课标第22题图

2010年新课标力学实验试题重现了教材实验,选择性地考查了仪器选择和误差分析两方面的内容。第(1)问选择自由落体测重力加速度的实验仪器和第(2)问分析引起实验结果偏小的原因,都属于基础的内容。该题要求学生熟悉该实验操作过程,明确实验的误差来源,在具体的学科知识背景中考查学生的基本实验能力。该题具有一定的开放性,填空题的题型设置,渗透了对学生语言表达能力的考

查, 但仅以一道选择题和填空题考查学生对实验过程的理解, 难体现学生对自由落体运动实验的掌握程度。

原型实验与教材实验基本相同, 无法区分学生是具备实验能力还是“背记”了实验知识。因此, 以原型实验为基础衍生了系列发展型实验, 命题角度更加丰富, 试题命制逐步从知识导向过渡到能力导向。

## 2 发展型实验

该类实验的特点是以原型实验为背景, 通过实验原理、器材、步骤、数据采集做巧妙的改进以达到新的实验目的。将物理基础知识整合后迁移到新的实验情境中, 对学生转换思想和构建模型的能力要求增高。

**【例2】**(2016年高考全国I卷第22题) 某同学用图2(a)所示的实验装置验证机械能守恒定律, 其中打点计时器的电源为交流电源, 可以使用的频率有220 Hz, 30 Hz和40 Hz, 打出纸带的一部分如图2(b)所示。

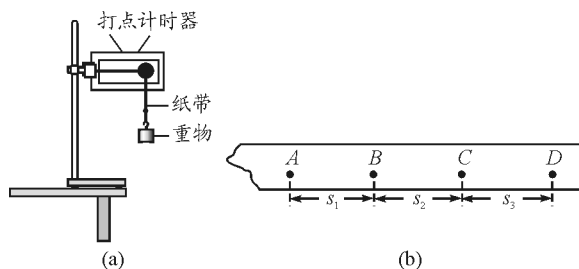


图2 2016年高考全国I卷第22题图

该同学在实验中没有记录交流电的频率  $f$ , 需要用实验数据和其他条件进行推算。

(1) 若从打出的纸带可判定重物匀加速下落, 利用  $f$  和图2(b)中给出的物理量可以写出: 在打点计时器打出B点时, 重物下落的速度大小为\_\_\_\_\_, 打出C点时重物下落的速度大小为\_\_\_\_\_, 重物下落的加速度大小为\_\_\_\_\_。

(2) 已测得  $s_1 = 8.89 \text{ cm}$ ,  $s_2 = 9.50 \text{ cm}$ ,  $s_3 = 10.10 \text{ cm}$ ; 当重力加速度大小为  $9.80 \text{ m/s}^2$ , 实验中重物受到的平均阻力大小约为其重力的1%。由此推算出  $f$  为\_\_\_\_\_ Hz。

2016年高考全国卷力学试题以原型实验为背景, 设立新的实验目的。纸带上打点的时间间隔是分

析变速运动的重要信息, 该题创新地给出了打点计时器的工作频率, 因此, 理解周期与频率的关系是解该题的关键, 即  $T = \frac{1}{f}$ , 若学生不能灵敏地捕捉到这一信息, 便会对此题无从下手。第(1)小问, 计算B点和C点速度, 考查学生利用平均速度代替瞬时速度的方法的近似思维, 再用逐差法计算加速度, 考查学生充分利用实验数据减少偶然误差的实验思想。第(2)小问突破点是利用牛顿第二定律分析加速度  $a = \frac{G - F_{阻}}{m}$ , 再联立第(1)问中逐差法计算加速度的方法, 推算交变电流的频率, 既要求学生具备基本实验技能层面的实验原理和数据处理能力, 又考查了推理运算和物理过程分析的能力。该实验题中的装置、步骤、方法, 与教材中自由落体运动原型实验十分相似, 但该题巧妙之处在于解决实验中的“意外”问题, 多维度考查学生的实验能力。打破纸笔测验仅能考查学生“记忆实验”的能力的局限, 新颖的设计在众多力学实验中独树一帜。

发展型实验虽设计新颖, 但实验模型较为理想, 较抽象的实验难以在现实场景中实现, 因此, 实验试题命制开始从能力导向的发展型实验走向素养导向的情境型实验。

## 3 情境型实验

该类实验具有两个明显的特征是情境性和实践性<sup>[2]</sup>, 创设情境从以学科知识为背景的实验情境中过渡到以社会生活为主的实验情境中, 情境性与实践性也是STSE的两个显著特征, 体现了STSE情境化试题的命题思想<sup>[3]</sup>。

**【例3】**(2018年高考全国III卷第22题) 甲、乙两同学通过下面的实验测量人的反应时间。实验步骤如下:

(1) 甲用两个手指轻轻捏住量程为  $L$  的木尺上端, 让木尺自然下垂。乙把手放在尺的下端(位置恰好处于  $L$  刻度处, 但未碰到尺), 准备用手指夹住下落的尺。

(2) 甲在不通知乙的情况下, 突然松手, 尺子下落; 乙看到尺子下落后快速用手指夹住尺子。若夹住尺子的位置刻度为  $L_1$ , 重力加速度大小为  $g$ , 则乙的

反应时间为\_\_\_\_\_ (用  $L, L_1$  和  $g$  表示)。

(3) 已知当地的重力加速度大小  $g = 9.80 \text{ m/s}^2, L = 30.0 \text{ cm}, L_1 = 10.4 \text{ cm}$ , 乙的反应时间为\_\_\_\_\_ s. (结果保留 2 位有效数字)

(4) 写出一条提高测量结果准确程度的建议:\_\_\_\_\_.

2018 年高考全国 III 卷高考力学实验测人的反应时间, 在真实情境中创设试题. 该题利用运动距离和重力加速度逆向求解时间, 第(2)问使用测量物理量推算反应时间的表达式, 第(3)问分析数据求解反应时间, 题目考查了学生的推理计算和数据分析能力, 内容难度适中, 考查学生的综合实验能力及在具体的情境中解决问题的能力. 试题意在引导学生回归教材, 将理论与生活联系, 渗透物理知识源于真实问题场景的思想.

该题素材出现在人教版《物理·必修 1》教材中“自由落体运动”章节的“做一做”栏目, 是学生学习过程中易忽略的实验内容. 真实情境与生活的联系不仅体现在物理实验场景的改变上, 还体现在科技前沿与物理实验的融合中.

**【例 4】**(2019 年高考全国 III 卷第 22 题) 甲、乙两位同学设计了利用数码相机的连拍功能测重力加速度的实验. 实验中, 甲同学负责释放金属小球, 乙同学负责在小球自由下落的时候拍照. 已知相机每间隔  $0.1 \text{ s}$  拍 1 幅照片.

(1) 若要从拍得的照片中获取必要的信息, 在此实验中还必须使用的器材是\_\_\_\_\_. (填正确答案标号)

A. 米尺 B. 秒表 C. 光电门 D. 天平

(2) 简述你选择的器材在本实验中的使用方法.

(3) 实验中两同学由连续 3 幅照片上小球的位置  $a, b$  和  $c$  得到  $ab = 24.5 \text{ cm}, ac = 58.7 \text{ cm}$ , 则该地的重力加速度大小  $g =$ \_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ . (保留 2 位有效数字)

2019 年高考全国 III 卷的自由落体运动测重力加速度采用创新的实验方法, 将现代技术融入到物理实验中. 第(1)问, 对实验仪器的选择考查学生的观察测量能力. 第(2)问, 对实验的步骤设计考查学生的方案设计能力. 将原型实验迁移到新情境中, 描

述仪器使用过程, 考查学生对实验步骤的熟悉程度和语言概括能力. 第(3)问, 运用物理概念计算物理量考察学生的数据分析能力, 每个小问层层铺垫, 测量不同目标的实验能力. 虽利用频闪照片测重力加速度的方法在学生群体中还不够普及, 且该题没给出实验装置, 但学生对于该方法并不陌生. 人教版教材中在“序言”“问题与练习”“做一做”栏目中介绍过利用数码设备拍摄频闪相片或频闪视频开展物理实验的方法.

该题将物理实验与现代信息技术结合, 体现物理教育注意学科渗透, 关心科技发展的教育思想. 未来, 物理与现代化信息技术还将有更广泛的联系, 比如有研究者利用新兴的智能手机传感器开展自由落体运动实验测重力加速度<sup>[4]</sup>.

#### 4 试题特征及教学启示

概览近 10 年高考物理全国卷对“自由落体运动”实验的考查, 实验试题从大致相似的原型实验逐步过渡到内容丰富的应用型实验再到指向真实问题的情境型实验, 3 类实验间互相关联, 如图 3 所示. 实验情境从学科知识情境到 STSE 情境, 实验命题从知识导向过渡到能力导向再逐渐走向素养导向, 可见, 高考实验试题对学生能力要求呈逐渐增高之势<sup>[5]</sup>.

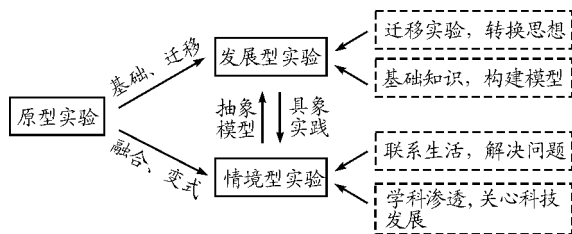


图 3 3 类实验关联图

面对考查形式多样、实验情境丰富的高考实验试题, 生搬硬套的学习方式已不可取, 为突破教学瓶颈, 提高教学效率<sup>[6~8]</sup>, 笔者提出以下教学思考:

(1) 原型实验与教材实验大体相同, 回归教材、重视基础是应对该类试题的唯一解. 且近年来, 高考实验试题趋向于命制教材隐性实验的创新变式, 教材隐性实验指实验素材源自教材的扩展栏目, 如物理学史、做一做、科学漫步、教材插图等. 该类试题意在引导考生回归课本, 在实验教学中, 教师应注重挖

(下转第 97 页)

见光的光子

C. 可以在吸收 12.1 eV 的能量以后, 发射出红外光的光子

D. 可能吸收大于 13.6 eV 的能量

**【例 6】**(2009 年高考全国卷 II) 氢原子的部分能级如图 5 所示. 已知可见光的光子能量在 1.62 eV 到 3.11 eV 之间. 由此可推知, 氢原子( )

$n$	$E/\text{eV}$
$\infty$	0
4	-0.85
3	-1.51
2	-3.4
1	-13.6

图 5 例 6 题图

A. 从高能级向  $n=1$  能级跃迁时发出的光的波长比可见光的短

B. 从高能级向  $n=2$  能级跃迁时发出的光均为可见光

C. 从高能级向  $n=3$  能级跃迁时发出的光的频率比可见光的高

D. 从  $n=3$  能级向  $n=2$  能级跃迁时发出的光为可见光

综上所述, 以高考物理试题为案例, 通过对比和研究, 在科学推理分析的过程中可以帮助学生构建各类经典物理模型, 结合教材和生产生活实践与实验也可以进行科学论证训练, 提高质疑创新能力, 培养学生的物理科学思维. 在此基础上进行教材、试题资源的优化整合, 也促进教师课堂教学理念的更新、课堂教学的革新、核心素养的落实和物理教育教学教研能力的提升.

### 参考文献

- 1 朱明兰. 原子能级跃迁问题浅析[J]. 中学物理, 2010, 28(11): 58 ~ 59
- 2 人民教育出版社, 课程教材研究所. 普通高中课程标准实验教科书物理·选修 3-5[M]. 北京: 人民教育出版社, 2018, 54 ~ 63
- 3 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
- 4 教育部考试中心. 2019 年高考考试大纲的说明[M]. 北京: 高等教育出版社, 2019

(上接第 94 页)

掘教材隐性实验的创新变式考查, 聚焦易被忽略的隐性考点区域, 学生应积极实践教材中“做一做”“演示”实验等, 领悟其中蕴含的物理思想.

(2) 发展型实验以教材实验为本, 对实验目的做微妙处理, 从细微处考查学生的基本实验能力, 立足教材, 强化基本实验技能是解题的关键. 教师应在立足教材, 引导学生设计多样化、综合性的实验, 以开放性的实验环境培养学生的发散思维. 当学生面对“新”实验时, 能跳出单一的知识情境, 融入新的实验元素, 灵活开展实验.

(3) 创设现实性、开放性的试题任务情境是未来高考实验试题的发展趋势, 情境型实验并非凭空产生, 而是具有一定的现实基础, 联系生活、建构模型是破题的核心. 这要求教师在实验教学中, 既要关注学生的基本实验能力, 还应恰当地将物理实验模型迁移到生活情景, 培养学生解决问题的能力. 同时, 教师也应适当向学生介绍新型的科技设备, 引导学生关注科技发展, 促进学生科学态度与责任能力的发展.

### 参考文献

- 1 马艳华, 魏国强. 物理实验试题的结构与情境[J]. 物理教学, 2015, 37(6): 27 ~ 29
- 2 马艳华, 朱行建. STS: 高考实验试题的情境取向[J]. 物理教学, 2014, 36(11): 18 ~ 19
- 3 叶兵. 高考物理实验题命制的几点思考[J]. 物理教学, 2018, 40(2): 32 ~ 36
- 4 段娟娟, 王祥委, 彭朝阳. 运用 iPhone 手机磁强计测量连接体加速度的实验研究[J]. 物理教学探讨, 2017, 35(5): 48 ~ 50
- 5 丁冠锋, 陆建隆. 2008—2016 年江苏高考物理实验试题量化分析及启示[J]. 物理教师, 2017, 28(5): 87 ~ 89
- 6 董友军. 赏析测速方法, 提高教学效率——以近三年新课标 I 卷和新课标 II 卷力学实验题为例[J]. 物理教学, 2015, 37(12): 67 ~ 69
- 7 董友军, 李跃明. 凸显“知识迁移能力”, 落实“物理核心素养”——2017 年全国 I 卷物理实验评析[J]. 物理实验, 2017, 37(9): 57 ~ 60
- 8 曹义才. 高考实验复习应回归本源——近五年全国课标卷实验题分析与教学启示[J]. 物理教学, 2015, 37(11): 71 ~ 73