

中英中学物理实验考题支架构建特点的分析与启示

蒋昱宸 陈航燕

(苏州大学物理科学与技术学院 江苏 苏州 215006)

(收稿日期:2021-02-20)

摘要:以电学实验题为例,对苏州中考和江苏高考,以及英国剑桥委员会设立的 IGCSE、AS、A Level 这 5 类考试中考查支架的搭建特点进行了对比分析.以苏州中考及江苏高考为例的国内考试中的实验题支架,旨在培养学生控制变量、注意实验安全,以及进行误差分析;英国 IGCSE 及 AS 考试中的实验题支架,目的在于为考生给出明确的操作指示,培养其实验操作能力.此外,与我国高考实验题的支架设置不同,基于 IGCSE 及 AS 阶段的基础学习,A Level 考试的实验题完全拆除了支架,不再给学生提供解题思路与步骤,考查学生独立设计实验的能力.这种进阶式实验题支架搭建及拆除的模式,能为学生的实验能力培养提供有效帮助.

关键词:苏州中考 江苏高考 IGCSE 考试 A Level 考试 支架教学

1 问题的提出

实验是物理学研究的基础,实验教学是高中物理课程教学的重要组成部分^[1].在高中毕业时,考生还不能独立进行实验,这使得学生在进入大学后会感到跨度很大,在大学物理实验中常常碰壁.笔者在研究时发现,我国的中/高考中均设有实验题,且实验题是以问答题的形式出现.与之相比,英国剑桥委员会设立的 IGCSE 考试(相当于我国的中考)和 A Level 考试(相当于我国的高考)中设有专门的实验笔试卷及操作卷.由于英国的物理考试十分重视对实验技能的培养,因此通过对比分析两类考试实验考题,对我国实验教学的考核会有所启发.

2 理论建构

在最初接触到物理实验操作时,学生离不开教师的指导;在进行实验类题目答题过程中,也需要根据题干的指引才能顺利完成.这些“帮助”,都属于教育学中的“支架”.这些支架是为了让学生在知识时,能够拥有一个不断向上的平台^[2],从而在心中构筑起知识的高楼大厦.支架的设立最终目的是为了拆除支架后,学生能够自主“搭建”支架,构建完整的知识体系,学会自问自答,找到解题思路,并能举一反三,真正融会“支架”思想^[3].

根据 J Ferreira-Bautista and M Pifarré 的支架

理论,支架的类型有概念支架、程序性支架和策略性支架^[4].在物理实验中,概念支架一般为知识支架,即物理量的含义、理论、公式等;程序性支架一般为过程支架,即实验步骤的设计、为数据处理搭建好的表格等;策略性支架为帮助培养学生思维的支架,如误差分析支架.

3 国内中考到高考的支架搭建进阶

3.1 苏州中考题支架构建分析

【例 1】(苏州市 2019 年中考题第 30 题)题目略.该题涉及的主要知识点及问题如下.

- (1)将电路图连接完整(图 1);
- (2)判断闭合开关前,滑动变阻器滑片所处位置;
- (3)给出故障现象,判断故障原因;
- (4)判断电压表量程的选取范围;
- (5)求出待测电阻阻值.

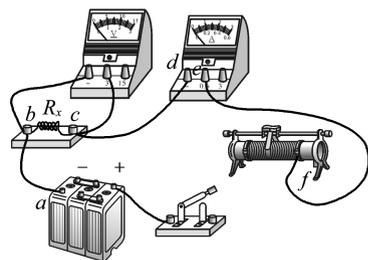


图 1 苏州中考题图

作者简介:蒋昱宸(1998-),女,在读硕士研究生,研究方向为中外物理教学对比.

指导教师:陈航燕(1984-),女,副教授,研究方向为学科教学(物理).

该题原题有4问,支架构建分析如下:

第(1)问中,搭建了电路图的概念支架,引出实验方法.

第(2)问中提供实验策略支架,引导学生有意识地关注实验安全事项.

第(3)问中,题干搭建了故障检验的过程支架.

第(4)问中搭建好了程序性框架,旨在让学生脱离定势思维,拓展学生的思考模式.

这里,提出的方法属于策略性支架,“均匀电阻丝阻值与长度成正比”属于知识支架. 题干要求利用表中“所有”数据求出电阻阻值,是一个误差分析支架. 题目测量数据表中的3组数据求出的电阻值并不相同,这说明实验中有随机误差,需要多次测量取平均值来提高实验的准确度.

3.2 江苏省高考题支架构建分析

【例2】(2020年高考江苏第10题)题略. 该题中的实验电路图如图2所示. 题目主要问题表述如下:

- (1)将实物电路连接完整;
- (2)调节滑动变阻器,在方格纸上作出 $I-U$ 图线;
- (3)根据 $I-U$ 图线,判断该元件是否为线性元件;
- (4)若用导线代替 R_0 , 选出可能会导致的后果.

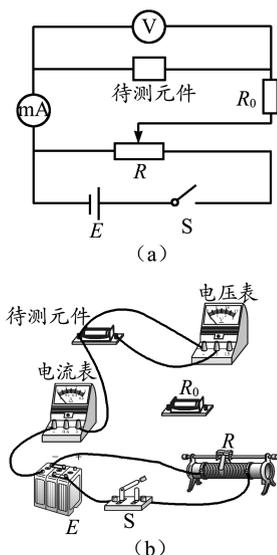


图2 江苏高考题图

不难发现,与中考题相似.

在第(1)问中,给出了实验图的概念支架,实验方法明确.

与中考题相比,在第(2)问中加入了数据处理的要求,但数据直接给出,数据处理表的坐标轴与标度也已经标好,为学生搭建好了数据分析的支架.

在第(3)问中“根据作出的 $I-U$ 曲线可知”给出了判断依据,属于分析支架的搭建.

在第(4)问中搭建了误差分析和电路安全分析的支架.

3.3 我国中考题与高考题的对比分析

对比我国中考与高考的实验题,可以发现有以下特点.

3.3.1 都重视电路安全和误差分析

中考和高考题都考查了电路安全和误差分析的知识点,这对于考生的实操非常重要. 由于中考学生年龄小,思维接受能力有限,所以只考查了随机误差的减小方式,但“多次测量取平均值”这一考点频繁出现,使学生可以通过“死记硬背”的方式解题. 高考题对减小误差的措施没有考到,可见误差分析的考查还没有到位. 电路安全方面,中考和高考题都给出了明显的支架,学生只需要做出判断. 这样的考查方式并不能让学生在实操时自主地实行保护实验安全的操作.

3.3.2 在数据处理的要求和电路的复杂程度方面有进阶

中考题中的待测电阻是一个定值电阻,而高考题中的待测电阻是一个非线性元件,学生需从 $I-U$ 图像的性质中得到所需结论. 从数据处理的进阶方式可以看出,考题尊重了学生思维发展的特点,高中生处理数据的方式更加抽象. 中考题中的电路图是一个简单的串联电路,而高考题中的电路图是一个混联电路,这对学生对电路图原理的掌握程度的要求加深了.

3.3.3 支架没有明显减少

中考题中每一问前都有一个支架,高考题中的支架也十分明显,从电路连接到作数据分析图,题干都给了明确的指示和要求,尤其是作图时,坐标标度已经给出. 在判断电路安全与误差分析时,给出了具体步骤,并指明了选择的范围.

4 英国剑桥委员会考试的支架搭建进阶

4.1 IGCSE 阶段试题支架构建分析

【例3】(IGCSE2020年夏季考试第5卷第1题) 题目涉及测量白炽灯的电阻. 电路图如图3所示. 主要问题如下:

- (1)测量电路中的电流 I_1 , 灯泡 L_1 的电势差 V_1 . 运用公式 $R_1 = \frac{V_1}{I_1}$, 计算出灯泡 L_1 的电阻 R_1 , 给出电阻单位.

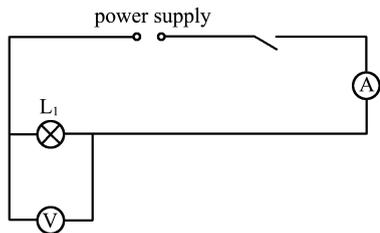


图3 IGCSE 考试题图

(2)将灯泡 L_2 与 L_1 串联,测量电路中的电流 I_2 和灯泡 L_2 两端的电势差 V_2 。

(3)将灯泡 L_3 与 L_1, L_2 串联,测量电路中的电流 I_3 ,灯泡 L_3 两端的电势差 V_3 。

(4)计算 $R_1 + R_2 + R_3$ 。

(5)学生们对实验结果做出了评论。

评论 A: $R_1 + R_2 + R_3$ 应当等于 $3R_1$;

评论 B: $R_1 + R_2 + R_3$ 应当小于 $3R_1$;

评论 C: $R_1 + R_2 + R_3$ 应当大于 $3R_1$ 。

哪个评论与你的结果吻合? 根据你的结果证明你的答案是正确的。

(6)一名学生想要研究第(5)问中的陈述对于3个相同的串联的灯泡是否总是正确的. 请说明他应该改变的变量,以及如何改变。

IGCSE 的考试给出了非常明确与细致的过程支架,对学生所有的操作步骤都有着明确的指示。

在涉及到计算时,考题直接给出了知识支架,即公式 $R = \frac{V}{I}$ 。在记录数据时,明确了规范性,例如“给出单位”“用合适的有效数字来表示答案”。

在第(6)问中要求在支架的指引下对实验进行设计。

通过对题目的分析可以总结出 IGCSE 具有以下特点。

4.1.1 重视测量

这一道考题中出现了6次测量,对学生的动手能力以及数据的读取有着要求. 测量能力是物理学中最基础的能力,若是没有掌握测量的方法,则很难获得科学的数据,也无从得出科学的实验结论. IGCSE 对基础性实验能力的重视值得引起我们的关注。

4.1.2 让学生在实验中感受实验安全

与国内中考题相似,IGCSE 在考查中也涉及到了实验安全. 但不同的是,国内中考是采取让学生判断如何操作才能保证实验安全,而 IGCSE 考试是利用明确的操作指示,让学生在实验中感受到实验规范,在做实验时处处牢记实验安全。

4.1.3 重视实验过程而不是理论

在(5)问中,由于实验中必然存在误差,且小灯泡也并非严格的线性原件,导致了实验测出的数据很难得出理论上的相等结论. 但评分标准上明确写着,只要写出的评论与实验数据相符即可. 这种没有所谓的“正确而唯一”的答案的评分方法,能够培养勇于尝试的科学精神。

4.2 AS 阶段试题支架构建分析

【例4】(AS 学年段 2020 年实验考试第1题)题目略. 实验图如图4所示. 主要问题表述如下。

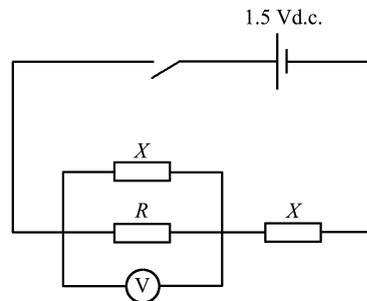


图4 AS 考试题图

(1)记录电阻阻值 R . 接通开关,记录电压表的读数 V 后,断开开关。

(2)改变 R 处的电阻,重复(1),直至得到6组 R 和 V 的读数. 自行设计记录表记录结果。

(3)(i)画出以 $\frac{1}{V}$ 为 y 轴, $\frac{1}{R}$ 为 x 轴的图像.
(ii)画出最佳拟合线. (iii)求出这条线的斜率和纵截距。

(4)物理量 V 和 R 用公式 $\frac{1}{V} = \frac{A}{R} + B$ 相关联。

利用你在第(3)问(iii)中得到的结果,求出 A 和 B 。

(5)(i)已知 $B = \frac{2}{E}$, E 是电源电动势,求出 E 。

(ii)当 $R = X$ 时,已知 $\frac{1}{V} = \frac{3}{E}$, 求出 X 。

AS 考试相当于我国高二结束后参加的考试. AS 阶段电学实验考试具有以下特点。

4.2.1 电路复杂程度与数据处理进阶

AS 考试的电路图是混联电路,电路的复杂程度升高也直接影响了电路连接的难度. 学生从测量中得到的数据,需设计出合适的表格来记录. 并且,此阶段的考试加入了作图要求,作图的坐标标度未知,学生需根据自己记录的数据找到误差最小的作图方法. 这说明,在数据处理部分,题干给出的支架已经十分有限。

4.2.2 不拘泥于学过的知识

在题目的后半部分,题干给出的理论没有在书本上出现过,这使得实验试题不仅仅是将学习过的知识重演.当学生发现自己测出的实验数据经过分析可以得出新的物理量之间的关系时,可以大大增强其学习信心,激发学生探索新知识的积极性和学习兴趣.

4.3 A Level 阶段试题支架构建分析

【例5】图5所示为发光二极管.某学生正在研究LED发光所需电势差 V 和发出光的波长 λ 之间的关系.

有人认为这种关系是:

$$V = k\lambda^n$$

请设计一个实验来测试 V 和 λ 之间的关系.解释如何用你的结果来确定 k 和 n 的值.画图表示你对实验仪器的摆放方式.在你的设计中,需特别注意:应遵循的程序、要进行的测量、控制变量、数据分析、任何要采取的安全预防措施.

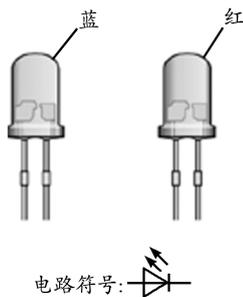


图5 发光二极管及其符号

A Level 阶段的实验考题主要考查实验规划、分析与评估.有以下特点.

4.3.1 支架基本全部拆除

该题要求学生自己根据题意,设计实验步骤.此时,题干中已经没有对该实验的操作步骤提示,只给出了实验目标.这说明,在参加这场考试前,学生对实验的流程与方法应当已经充分掌握.题干中提到的5点注意事项就是曾经考试中(IGCSE和AS阶段考试)搭建过的支架,学生需要将曾经的支架内化,才能完成A Level阶段的挑战.

4.3.2 与实际问题贴近

此题的实验背景是测量二极管的特性,二极管是我们生活中常见的电路元件,因此问题的设置与实际情境相似.并且,在实际的物理探究问题中,我们也是先找到要探究的问题,再查询相关资料,找到可能合适的理论,再设计实验,最终进行实验.本题的探究过程和实际物理探究的过程是相符的.

5 国内考试与英国剑桥委员会考试的对比

5.1 我国中学阶段的实验考试缺少支架拆除阶段

国内的中考和高考题的模式是相似的,学生可以沿着题目的支架前进,让学生产生了依赖性,这也是高考后学生并没有掌握自主实验能力的可能原因之一.而A Level阶段的考试,将支架全部拆除,让学生自己设计实验,这种方式让学生对完成实验的整个过程都有了自己的思考,有助于学生实验能力的升级.

5.2 我国的考试没有动手操作模块

相比于英国的IGCSE考试与AS阶段的考试都考核了动手操作部分,我国在实验操作部分就显得有些薄弱.在理论层面上,我国考试的要求是高于英国的考试要求的,但理论知识的掌握程度并不能完全替代实验操作的重要性.当理论没有实验佐证时,物理学习就会脱离实际.

5.3 我国考试的背景较书本化

我国考试题目的背景都是学生经过平时反复训练的物理模型.这使得实验题充满了“套路”.学生面对实验题不再思考“实验技巧”而是“解题模板”,这样当他们接触到物理实验时,实验情境与套路不相符了,他们的知识库就无法调动了.而A Level阶段的考试会选择生活中的“实验器材”,没有固定的套路,学生就只能注重于培养自己的实验能力了.

6 启示

从评价的特点来看,实验考核的目的是为了提高学生的实验技能.从支架教学的原理来看,只有拆除了支架才能代表学生真正掌握了知识.我国中考对实验的整个流程都搭建了完整的支架,这说明我国在初中阶段对培养学生的实验素养十分重视,“搭支架”的过程考虑全面,且不失趣味性.而我国的高考对实验的重视程度有所下降,实验题形式单一,且难度较低.特别是支架的设立依然很多,对学生的要求停留在了初级阶段.相比之下,IGCSE的考试支架设立完整,难度远低于我国中考的难度,但其对基本物理能力——“测量”的重视,值得引起我们的关注.IGCSE考试给学生传达的思想,即实验数据比理论更加可靠的思想,也是我国没有涉及到的.AS考试和我国的高考题难度类似,但我国没有对实验操作的要求,使得AS考试考查的实验题的含金量更高.从IGCSE到AS阶段,学生的实验能力进步更快,这说明对基本实验操作的培养是有助于实验

教学和学生实验能力的进阶的。A Level 考试相当于我国的高考,但 A Level 考试对考生的要求已经相当于我国大学普通物理的要求。这样的安排使得学习 A Level 课程的学生在进入大学后更容易适应大学的物理课程。

参考文献

1 薛华国. 优化细节助力高中物理实验教学[J]. 中学物理教学参考, 2020(2):94~95

- 2 孙春风. 用“支架教学”改善低效的物理习题讲评课[J]. 中学物理教学参考, 2015(1-2):11~13
- 3 陈力铭. 由果索因——探寻支架教学在物理习题讲评中的新思路[J]. 当代教育实践与教育研究, 2017(1): 184~185
- 4 J Ferreira-Bautista and M Pifarré. Scaffolds to support the development of scientific skills in physics[J]. Phys. : Conf. Ser., 2019. 1287 012030

Analysis and Enlightenment on the Characteristics of Scaffolds Construction of Examination Questions of Physics Experiment in Chinese and English Junior-senior High School

Jiang Yuchen Chen Hangyan

(School of Physics Science and Technology, Soochow University, Suzhou, Jiangsu 215006)

Abstract: Taking electrical experiment as an example, this paper makes a comparative analysis on the construction characteristics of the test scaffolds in respect of Suzhou High School Entrance Examination, Jiangsu College Entrance Examination, IGCSE and AS/A Level Examination by Cambridge Committee. The experimental question scaffolds in domestic examinations are mainly designed to strengthen students' abilities of variables controlling, safety precautions and error analysis. On the contrary, the purpose of scaffolds in British IGCSE and AS experimental questions is to give clear instructions for candidates to develop their experimental operation ability at first two years of training, and finally aimed on removing scaffolding completely at the A level after a comprehensive learning process. At this stage, students are no longer provided with any problem-solving solutions and steps forward to test their ability of independently designing and finish experiments. This advanced model of scaffolding construction and dismantling can provide effective help to cultivate students' experimental exploring ability.

Key words: Suzhou high school entrance examination; Jiangsu college entrance examination; IGCSE; A-Level; scaffolding

(上接第 103 页)

Study on the Construction and Implementation of the Inquiry-type Experiment Reports

Xiong Huahui Liu Zhixiang Guo Xueqian Yan Huagang Zhang Haixia Huang Juying
Huang Xiaoqing Xu Lili Qu Dian Li Shanshan Ji Changjin Huang Yaqi

(School of Biomedical Engineering, Capital Medical University, Beijing 100069)

Abstract: This research proposes the inquiry-type experiment report which is key issue oriented and emphasizes the elements including core problem and data collecting and discussion, and which can help students engage deeply and think about the design principle and procedure. Thus, by this way students improve their abilities in problem analysis and solving. And, it also promotes the students' development of their core literacy.

Key words: experiment teaching; inquiry; laboratory report; core accomplishment