

科学思维视域下 CAIE A-level 物理学实验题解析及教学启示

——以 2025 年春季卷 paper5 第 2 题为例

阳于航

广西师范大学 广西 桂林 541000

【摘要】：新课标背景下科学思维培养是非常重要的部分，本文以 CAIE A-Level 物理 2025 年春季卷 paper5 “液体在烧杯中的冷却情况” 试题为研究对象，以考题分析反哺教学实践，重点探讨实验教学中学生科学思维的培养路径。

【关键词】：A-Level；试题分析；科学思维

DOI:10.12417/2705-1358.26.06.071

英国 CAIE A-level (Cambridge International AS and A Level) 是剑桥大学国际考评部门提供的国际高中教育课程与考试体系，其考试享有极高的国际声誉和认可度。其考试大纲重视学生的科学思维培养，强调以证据为支撑的思辨精神^[1]。本文以 CAIE A-Level 物理 2025 年春季卷 paper5 “液体在烧杯中的冷却情况” 试题为研究对象，重点探讨实验教学中学生科学思维的培养。

1 科学思维内涵

科学思维，也被称为科学逻辑，是在科学认知活动中形成和应用的。它是处理感性认识材料的方式和方法的理论体系。它是各种科学思维方法在认识真理的统一过程中的有机整合，是人类实践活动的产物^[2]。在物理学中，科学思维使个体能够提出并阐明科学问题，收集与评估数据，通过事物的运动规律和发展方式分析问题，得出合理且可验证的结论，并在开放与收敛的思考中形成假设、评估影响、与他人协作解决复杂科学问题。简而言之，科学思维是一种基于证据、逻辑和评估，通过系统化方法构建、检验与修正对世界认知的思维方式。

2 原题呈现

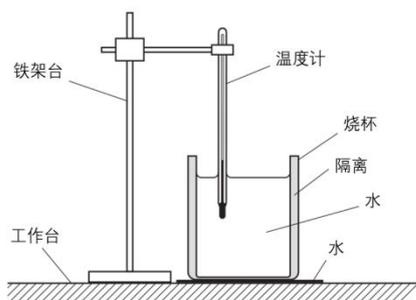


图 2.1

一名学生研究液体在烧杯中的冷却情况。

使用温度计测量实验室的温度 θ_R 。

将热水加入一个绝缘烧杯中，如图 2.1 所示。

温度计测量水的温度。当时间在 t 时，水温为 θ 。

记录一系列 t 和 θ 的读数。

有人提出 θ 和 t 可以通过以下方程相关联

$$\theta = \theta_R + (\theta_0 - \theta_R) e^{-\frac{t}{K}}$$

其中 θ_0 是 $t=0$ 时的温度， K 是一个常数。

(a) (1 分)

绘制一张图， y 轴为 $\ln(\theta - \theta_R)$ ， x 轴为 t 。

确定斜率和 y 轴截距的表达式。

(b) (2 分)

t 和 θ 的值在表 2.1 中给出。

表 2.1

t /分钟	θ /°C	$(\theta - \theta_R)$ /°C	$\ln((\theta - \theta_R)/°C)$
6.0	75.0 ± 0.5		
12.0	64.5 ± 0.5		
18.0	57.0 ± 0.5		
24.0	50.0 ± 0.5		
30.0	44.5 ± 0.5		
36.0	41.0 ± 0.5		

θ_R 的值是 $(18.5 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 。

计算并在表 2.1 中填写 $(\theta - \theta_R)/^\circ\text{C}$ 和 $\ln((\theta - \theta_R)/^\circ\text{C})$ 的值。

包括 $(\theta - \theta_R)/^\circ\text{C}$ 和 $\ln((\theta - \theta_R)/^\circ\text{C})$ 的绝对不确定度。

(c) (i) (2 分)

绘制 $\ln((\theta - \theta_R)/^\circ\text{C})$ 随 t /分钟变化的曲线图，并标注

$\ln((\theta - \theta_R)/^\circ\text{C})$ 误差范围。

(c) (ii) (2 分)

在你的图表上画出最佳拟合直线和最差可接受直线，并标注这两条线。

(c) (iii) (2 分)

确定最佳拟合直线的斜率，并在答案中注明绝对不确定度。

(c) (iv) (2 分)

确定最佳拟合直线的 y 轴截距，并在答案中注明绝对不确定度。

(d) (i) (2 分)

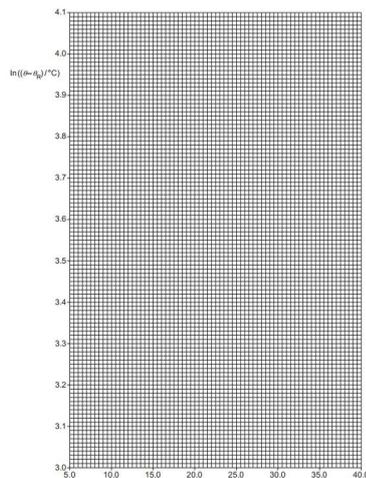
根据(a)、(c) (iii) 和(c) (iv) 的解答，求出 K 和 θ_0 的数值，并注明相应单位。

(d) (ii) (1 分)

确定 θ_0 值的绝对不确定度。

(e) (1 分)

确定温度达到 25.0°C 所需的时间 t。



3 试题评析：科学思维的核心考查维度

本题下设的各小题根植于“液体在烧杯中的冷却过程”这一真实实验情境，以“牛顿冷却定律”这一新的物理过程模型为锚点，系统地检验了进行科学研究所必需的核心思维与能力。其中看似“超纲”的新模型，其重点考查的实践技能、科学方法仍然严格基于 paper5 考试大纲，从数据收集、数据分析、不确定因素的处理到估计结果，考查得当，并通过提供必要信息确保问题可解。总体来看，试题结构由理论分析到数据处理，再到模型应用与预测指向了对科学思维的考查，下面针对该点

详细分析：

3.1 第 (a) 题：物理模型分析与“化曲为直”处理

题目给出的方程，本身就是物理过程的抽象描述，它描述了物体与环境间温差导致的热量传递规律，学生需要将物理过程与方程联系起来，将抽象的符号与物理意义关联，找到问题定位。在 (a) 问中，学生需先把握方程中对应的物理意义：理解 θ_0 (初始温度)、 $(\theta - \theta_R)$ (水温与室温的差值) 和 K (相关常数) 的物理含义，从而从“水冷却”的生活经验中把握住随着时间推移，这个差值越来越小，这个差值的自然对数的值也应越来越小，是后续的计算和分析判断数据错误与否的基础。方程描述的是水温与室温的差值 $(\theta - \theta_R)$ 随时间指数衰减，其图像应为一下降曲线，而在实验数据处理时，线性关系更方便分析和提取物理参量，同样是后续作图的基础。学生需要“化曲为直”，将原方程移项、取自然对数，整理为 $y=mx+c$ 的形式 $(\ln(\theta - \theta_R)=\ln(\theta_0 - \theta_R)-Kt)$ ，从而能清晰地识别自变量为 t、因变量为 $\ln(\theta - \theta_R)$ ，通过数形转换，识别出斜率为 -K (相关常数)，y 轴截距为 $\ln(\theta_0 - \theta_R)$ 。

3.2 第 (b-c) 题：不确定度计算的评价观

此题组需要学生计算、绘图并处理误差，充分理解有效数字和不确定度的处理。(b) 题模拟和引入了真实的“测量误差”，学生需要认识到表 2.1 中的 ± 0.5 是温度测量的绝对不确定度，在计算中才能不忽视误差传递的规则，进行正确计算。

(c) 题中最差可接受线则量化了模型与数据吻合的“弹性空间”。学生需要在日常课程中认识到测量是有误差的，科学结果可能不是一个绝对的数字，而是一个范围，在面对这类题型时才能得心应手。后面的题目评估学生“量化不确定”的思维习惯，有了不确定度这一证据，后续的质疑、讨论或修正才有意义。计算不确定度本身带有评估性质，尽管本题组没有具体考查这些方面，但有意引导学生意识到科学的严谨性，实验误差的非零性。换言之，不确定度的计算是质疑和评估的起点。

4 教学启示

CAIE A-Level 物理重视学生的科学思维培养，在科学思维视域下探究其实验考试的试题特点，对于进一步提升实验教学中科学思维的培养有一定的借鉴意义。

4.1 创设“生活化”的探究情境

学生对物理感到疏离，往往因为觉得它是“书本上的理论”。教师应主动搭建桥梁，让物理模型从生活情境中“自然生长”出来，主动创建非良构性问题情境，在实践中培养科学思维能力。例如，“液体冷却”实验不需要复杂设备，一个烧杯、一支温度计、一个秒表即可，首先让学生获得一手感性经验和原始数据。当他们自己发现温度下降先快后慢的规律时，

再引入模型进行下一步问题拓展。鼓励学生从生活中发现物理问题，并利用随手可得的材料开展实证探究，实现“处处可实验、时时可探究”。

4.2 构建“为何测量—如何测量—测量何为”的思维闭环

科学思维的核心之一在于“模型思维”。“液体冷却”实验这类参数测量型实验，学生常不自觉地陷入“步骤执行者”的角色，仅遵循步骤完成测量与计算，却疏于对实验背后物理逻辑的主动建构，难以真正培养科学思维。教师应引导学生明确测量的模型“前因”，注意建模过程的引导。例如“液体冷却”实验，教学时不应直接呈现规律方程，而应引导学生注意水温下降“先快后慢”的现象，进而思考：“降温快慢究竟与什么有关？”学生基于经验常能提出“与温差有关”的直觉，教师可顺势将其提炼为“温差越大，降温越快”，并将这一朴素直觉转化为定性规律，进而转化为定量表达。在此推理基础

上，测量任务才自然浮现——如何从数据中确定比例系数 K ？从而领悟“化曲为直”并非技巧性处理，测量的 K 就是确定这条直线的斜率。

4.3 从计算误差中培养思辨精神

科学思维的体现之一在于思辨。教师引导学生从接触实验之初就有意识进行误差分析。即要求学生明确标注仪器的分度值并合理估算读数不确定度，使“所有测量都有误差”成为学生的基本认知习惯。在计算任何衍生量，如速度、加速度、冷却常数 K 这类非直接测量量时，都可以安排简单的误差分析环节。初期可以学习绝对误差、相对误差的传递规则，后期引入更复杂的处理。在此基础上，教师应引导学生在误差分析中展开思辨：为何不同测量环节的误差影响程度不同？如何通过改进测量方法或数据处理策略来降低关键参数的不确定度？在潜移默化中塑造了审慎、批判的思辨精神。

参考文献：

- [1] Cambridge Assessment International Education. Cambridge International AS and A Level Physics(9702)[EB/OL].[2025-12-11].
- [2] Deanna Kuhn. The development of scientific thinking skills[M], academic press, san diego, 1988.