

跨学科数学教学实践

——基于猪肉解冻时间的数学建模研究

张 婷

扬州大学数学科学学院, 江苏 扬州

收稿日期: 2025年6月30日; 录用日期: 2025年7月29日; 发布日期: 2025年8月5日

摘 要

本文基于《义务教育课程方案(2022年版)》及高中数学课程标准, 探讨跨学科数学教学实践。强调跨学科学习是对分科教学的拓展, 需实现教、学、评一体。以探究猪肉常温解冻时间为例, 阐述数学建模过程: 提炼问题, 控制变量收集温度数据, 依据物理定律和散点图选指数函数建模, 优化模型, 分析模型缺点并检验。该案例体现数学与物理融合, 展现跨学科教学在培养学生应用数学解决实际问题能力的价值。

关键词

跨学科教学, 数学建模, 核心素养

Interdisciplinary Mathematics Teaching Practice

—Mathematical Modeling Based on Pork Thawing Time

Ting Zhang

School of Mathematical Sciences, Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu

Received: Jun. 30th, 2025; accepted: Jul. 29th, 2025; published: Aug. 5th, 2025

Abstract

This paper explores interdisciplinary mathematics teaching practice based on the *Compulsory Education Curriculum Plan (2022 Edition)* and high school mathematics curriculum standards. It emphasizes that interdisciplinary learning extends subject-based teaching and requires the integration of teaching, learning, and assessment. Taking the exploration of the optimal thawing time of

pork at room temperature as an example, the mathematical modeling process is elaborated: refining problems, controlling variables to collect temperature data, selecting exponential functions for modeling based on physical laws and scatter plots, optimizing the model, and analyzing and testing model drawbacks. This case reflects the integration of mathematics and physics, demonstrating the value of interdisciplinary teaching in cultivating students' ability to apply mathematics to solve practical problems.

Keywords

Interdisciplinary Teaching, Mathematical Modeling, Core Literacy

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 课程标准中的跨学科

1.1. 《义务教育课程方案(2022 年版)》中跨学科的相关内容

随着时代的发展,单一的学科教学的固有模式正面临人才培养的时代挑战,各国正积极探索核心素养导向的教育改革实施路径,《义务教育课程标准方案(2022 年版)》及 16 个学科标准文件由教育部在 2022 年 4 月正式发布[1],方案修订版说明,对比新旧两版课程标准,突出转变表现为知识体系的重新梳理,明确各学科需划出不低于 10%的课时开展跨学科主题教学,由此形成新课标编纂中跨学科学习导向的刚性规范。最新版地理课程标准中载明了跨学科主题学习的定义,依托地理学科主干内容,针对学生认知起点和兴趣焦点,协同多学科知识方法推进的主题整合型学习范式,综合学习本质上倡导“联结”式的教育变革路径,聚焦于生活阅历、学校教育、多种视角及学科知识的交叉融合,针对分科体系下的知识割裂弊端,与培育“健全人格”的教育传统相契合,这本质上是运用“联结”思维推动的教育模式创新[2]。2001 年前后阶段,我国 2001 年基础教育改革文件强调“综合课程的建设”[3],为深化教学改革,新方案专门提出“促进综合学习”的要求,该转变说明课程改革正突破内容变革的单一维度,更强调与教学内容相契合的学习形式转变,这一演进凸显了教育重心向学习者的转移[4],作为综合学习的发展手段,跨学科学习,既突出学科主体内容的关键地位,实现学科内部知识要素的整合,也着眼于学科间知识与方法的紧密联系,可推动课程协同育人功能的发展。

1.2. 普通高中数学课程标准中跨学科的相关内容

1.2.1. 数学课程标准基本理念中的跨学科

数学课程标准在其基本理念中提出“需要精选课程内容,处理好数学学科核心与知识技能之间的关系,强调数学与生活以及其他学科的联系,提升学生应用数学解决实际问题的能力,同时注重数学文化的渗透”。也就是说在进行课程内容的选择时首先需要确保课堂内容涵盖数学的核心概念,如数量、空间、变化、不确定性等。其次将数学与其他学科,例如物理、化学等结合起来,展示数学在不同领域的应用,让学生感受到数学的实际应用价值。我们在设计课程结构时,需要包含实际问题解决的案例,鼓励学生运用数学工具和理论来解决这些问题。

1.2.2. 数学课程标准核心素养中的跨学科

课程标准中的“数学建模”是核心素养中极其重要的一项,它是指“对现实问题进行数学抽象,用

数学语言表达问题、用数学方法构建模型解决问题的素养”。数学建模的详细过程为：首先从实际情境中发现问题、提出问题，其次对问题进行分析，从而建立模型，对模型中的参数进行确定，然后将原始数据代入模型进行检验，根据匹配情况再进一步修改模型，最终就解决了实际问题。数学模型为数学和其他学科以及社会生活建立了联系，它是我们数学应用的主要表现形式，它也是我们解决实际问题的主要手段。

1.3. 跨学科对实际教学的指导

1.3.1. 教、学、评一体

跨学科学习作为实现育人目标的关键途径，需要从学科逻辑安排、内容选择、路径规划到质量监测全程贯彻素养目标，指向学生素养成果的有效达成[5]，推进素养导向的实施，教与学的实践及评价需整体对准素养表现目标，实现整体一致，进而形成三位一体的合力：应实现教与评的有机衔接，教师要基于素养表现要求，细化学生学习成效的外在呈现方式，构建可落地实施的考评基准，基于评价标准开展教学设计。须实现教学设计与学习活动的匹配，即教师须按照素养目标制定学习内容和学习进程，灵活变更课堂策略，使学习成效与教师既定目标相协调，要实现学习效果与评价结果的有效衔接，即教师需结合学生具体学习成果设计评价项目，按照既定标准，全面客观地评价学生的学习成效。

1.3.2. 跨学科学习与分科教学之间的联系

跨学科主题学习旨在对分科教学进行拓展、强化与提升[6]，并非对分科教学的颠覆，依然依托学科核心结构，因而需坚守学科本位：课时分配与学科特性共同表明，跨学科主题学习并非学科知识掌握的先行条件，实则是采用多种形式推进学科内容的学习与实践，目的是强化学生的学科能力，以及对学科知识进行场景化实践的延伸，聚焦于培养学生运用跨学科知识体系处理复杂现实问题的本领，因而需要扎实掌握每门学科知识方法，才可优化跨学科学习效果。坚持学科中心原则，以本学科知识体系为主导，结合其他领域的知识与方法，以克服过分强调过程参与却轻视知识习得的弊端，实现学习成果与能力发展的同频共振，基于学科定位厘清实施主体，降低跨学科主题教学的实施门槛，也更贴近义务教育阶段学生的认知特点，学科间的交叉融合是这类学习的本质特点，因此在目标设定、内容筛选、路径设计及质量评估等环节均需体现跨学科特性，显示跨学科融合特点[5]。开展跨学科学习活动时，教师既要表现出学科之间学习内容之间的关联性，又要实现教学方法的变化，从而达成以学生为中心的课堂。因此，在规划课程安排时，教师既需要把握数学学科与相跨学科概念之间的关系，又要组织好与教学内容相匹配的教学方式方法，注重多样化的学习方法，帮助学生在自己探索的过程中达成目标，提升素养。

2. 国内外研究现状

2.1. 国内研究现状

国内学术界目前针对食材解冻及温度曲线的研究主要是针对解冻工艺/流程的优化、减少汁液流失率、保证食品品质等多个方面。近几年国内研究针对各种新型解冻技术的应用也取得了较为突出的成果。

李娅迪，温馨，张世同，等(2025)在研究中指出，常温解冻虽然方便，但是发现微生物滋生和蛋白质氧化的概率更高，进而对食品安全和品质产生影响[6]。尚佳宇，徐祥，徐大伦，等(2024)在研究中则认为，炆蟹由于本身的产品特质，在自然解冻的时候很容易发生蛋白质降解和肌纤维断裂。而微波解冻虽然缩短了解冻时间，减少了蛋白质降解，保持了食品本身更多的水分和风味。超声波解冻则是借助超声波技术实现空化效应，以此来加速热量传导。但是在实际应用该方法的时候，要主观上规避局部过热的情况[5]。张柔佳(2018)研发 915 MHz 单模微波系统，通过稳定电场分布提高解冻均匀性，减少冷冻鱼糜的汁液流失，但工业应用仍需解决“热失控”问题[4]。

2.2. 国外研究现状

国外研究更侧重于解冻动力学建模、高精度控温技术及跨学科融合(如高压、抗冻蛋白等),部分成果已实现工业化应用。

牛顿冷却定律修正: Quang Tuan Pham (新南威尔士大学)综述指出,传统热传导模型(如傅里叶方程)难以准确预测相变区温度变化,需结合介电特性修正[1]。

高压解冻(HPT): 美国 USDA 研究表明,高压(200~400 MPa)可加速冰晶融化,减少汁液流失,但设备成本高,仅适用于高端食品加工[2]。

抗冻蛋白(AFP)辅助解冻: 日本学者 Sakamoto (2020)发现 AFP 可抑制冰晶再生长,使解冻曲线更平滑,但成本限制其大规模应用[3]。

3. 跨学科教学案例——探究猪肉在常温下的最佳解冻时间

3.1. 教学过程

3.1.1. 学生分组

在此次跨学科教学课程中,为了能够让学生更全面、深入的了解变量对于实验结果产生的影响,本文在正式教学之前组织一场和生活实践紧密结合的分组活动,核心内容包括变量分析和实验设计。通过分组,不仅可以让学生之间建立起良好的沟通合作关系,强化团结协作意识在科学研究中的应用,同时对于学生逻辑思维能力的提升也具备一定积极作用。

通过按照学生的学习能力进行分组,保证每一个小组都能够从多个小组对问题进行分析。每一个小组的人数控制在 4~6 人。这是因为,4~6 人的小组不仅能够保证小组成员之间的观点和思路进行相互碰撞,也不会因为人数过多导致沟通效率降低。分组完成之后,教师需要明确小组成员各自的职责,如记录数据、实验操作、构建模型等,保证小组分工明确。这样的分组安排不仅可以大大提高实验效率,还能够让学生在合作中互相配合和学习,将自己的优势和想法充分发挥出来。

在每个小组内,成员们需要紧密合作,共同讨论并详细列出所有可能影响猪肉解冻时间的变量。例如,室温是一个非常关键的外部因素,较高的室温通常会使猪肉解冻速度加快;而猪肉厚度则属于内部因素,较厚的猪肉解冻所需的时间会明显更长。此外,像猪肉的初始温度、环境的通风情况、猪肉的包装材料等也都可能对解冻时间产生影响。小组成员们需要全面考虑各种可能的因素,尽可能多地找出相关变量。

3.1.2. 问题引入

冷冻是运输和贮藏肉类的主要方式,猪肉解冻时间的长短在烹饪时会对猪肉的品质造成影响,因此本节课将通过实验来探究猪肉在常温下的最佳解冻时间。

实验前我们需要确定在整个实验过程中有哪些变量?室温、猪肉的大小、猪肉的品种、脂肪含量、厚度、部位和含水量、冷冻的时间、猪肉解冻时的初始温度等这些因素都可以影响。但是联系物理中常用的控制变量法可以发现,此次实验中影响实验结果的因素过多,需要先减少变量。所以此次实验将提供初始的冷冻猪肉,将关于猪肉本身的所有变量都进行固定,且安排在同一环境同一时间进行实验以尽可能降低外部环境对实验结果的影响。

为了提高试验的准确性,我们还需要考虑测量冷冻猪肉温度的仪器、测温的方式以及测温的间隔,最终选择在室温 25℃对初始温度为-18℃的冷冻猪肉使用冷冻肉类食品温度计每隔半小时进行测温实验。此次实验获得了如下表 1 的数据:

Table 1. Thawing time at different temperatures
表 1. 不同温度的解冻时间

解冻时间/h	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
温度/℃	-18	-12.7	-7.8	-4.7	-3.9	-3.2	-2.6	-2.0	-1.7

对于这些数据，对学生提出一些问题：

问题 1：随着时间的增加，冷冻肉的温度是如何进行变化的？

问题 2：时间与温度这两个变量之间是否存在对应关系？如果存在，是一对一还是一对多？

问题 3：从已经学习过的数学知识出发，有哪种数学结构可以表示这种关系？

当学生指出可以用函数来表示时间与温度之间的关系时，进一步让他们回顾研究函数的方法，即列表、描点、连线。

3.1.3. 函数模型的选择

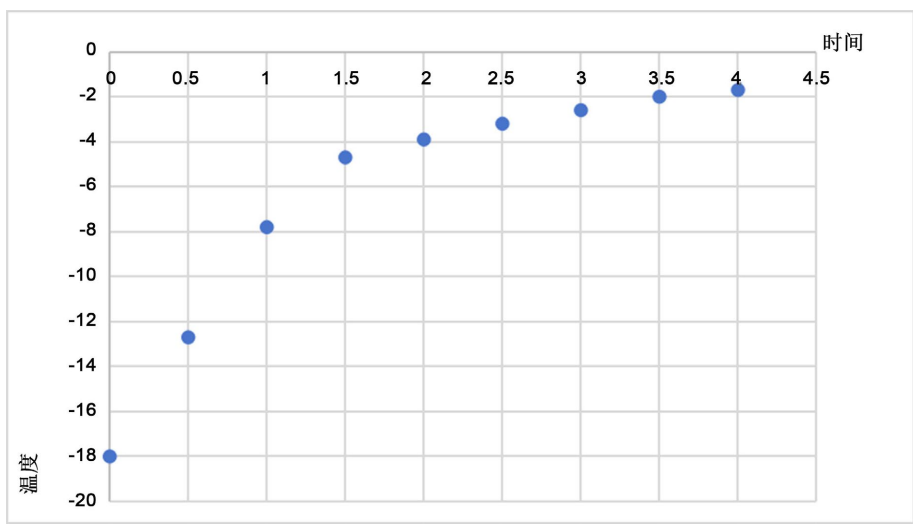


Figure 1. Scatter plot
图 1. 散点图

根据表 1 画出上图 1，我们发现散点的分布是具有某些规律的。

根据物理中热力学第二定律，即两个物体发生热传递，当温度相同时不再热传递。可知冷冻猪肉随着时间的不断推移，最终温度将和室温一致。而在这个温度的变化过程中，根据热传导定律，即热传导是通过物质内部的分子、原子或电子的相互碰撞和振动来传递热量的，当存在温差时，高温区域的分子或原子具有较高的动能，通过碰撞将能量传递给低温区域的分子或原子。温差越大，高温区域和低温区域之间的能量差越大，分子或原子的碰撞和振动越剧烈，热量传递的速度也就越快。可知，散点图中越靠近 y 轴的点，相邻点之间温度的差值越大，越远离 y 轴的点，相邻点之间温度的差值越小，并且随着时间的增加温度最终和室温相同。

回顾已经学过的函数和函数的图像特点，思考如何刻画上述散点图的图像？用哪个函数来刻画这一图像比较合适？

一次函数 $y = kx + b$ ($k \neq 0$) 的图像特点——一条直线没有弯曲，从左到右或从右到左延伸。斜率 k 决定了直线的倾斜度， $k > 0$ 时，直线从左下角向右上角倾斜； $k < 0$ 时，直线从左上角向右下角倾斜。截距

b 决定了直线在 y 轴上的位置, 如果 $b > 0$, 直线在 y 轴上方; 如果 $b < 0$, 直线在 y 轴下方; 如果 $b = 0$, 直线通过原点 $(0, 0)$ 。

二次函数 $y = ax^2 + bx + c$ ($a \neq 0$) 的图像特点——一个抛物线, 开口方向由系数 a 决定。如果 $a > 0$, 抛物线向上开口; 如果 $a < 0$, 抛物线向下开口。它的顶点是其最高点或最低点, 其坐标可以通过公式 $(-\frac{b}{2a}, f(-\frac{b}{2a}))$ 计算得出, 其中 $f(x)$ 是二次函数的表达式。并且抛物线关于其顶点的垂直线对称, 这条线也称为抛物线的对称轴。

反比例函数 $y = \frac{k}{x}$ ($k \neq 0$) 的图像特点——两条分开的曲线, 每一条都是一个双曲线的一部分。当 x 接近于 0 时, y 的值会变得非常大或非常小, 但图像永远不会触及 x 轴或 y 轴。这意味着图像会在 x 轴和 y 轴附近无限延伸, 但永远不会与它们相交。它的图像还关于原点对称, 即如果点 (x, y) 在图像上, 那么点 $(-x, -y)$ 也在图像上。并且如果 $k > 0$, 图像位于第一象限和第三象限; 如果 $k < 0$, 图像位于第二象限和第四象限。

指数函数 $y = a^x$ ($a > 0, a \neq 1$) 的图像特点——一条在 y 轴上方的曲线, 但曲线的趋势受 a 的影响较大, 值域都为 $(0, +\infty)$, 从增长的速度和渐近线的角度来看, 如果 $a > 1$, 随着 x 的增加, y 的值会迅速增加, 此时 y 轴是该图像的水平渐近线; 如果 $0 < a < 1$, 随着 x 的增加, y 的值会逐渐减小, 此时 y 轴也是该图像的水平渐近线。

对数函数 $y = \log_a x$ ($a > 0, a \neq 1, b \neq 0$) 的图像特点——一条在 y 轴右侧的曲线, 它的定义域是 $(0, +\infty)$ 但它的值域是全体实数。当 $a > 1$ 时, 图像向右上方延伸, a 越大, 增长越慢, 图像在 x 轴上方的部分越靠近 x 轴; 当 $0 < a < 1$ 时, 图像向右下方延伸, a 越小, 图像在 x 轴下方的部分越靠近 x 轴。

幂函数 $y = x^n$ 的图像特点——图像受 n 的影响较大, 当 $n = 1$ 时, 它的图像是一条通过原点的直线, 斜率为 1。当 $n = 2$ 时, 它的图像是一个向上开口的抛物线。当 $n < 0$ 时, 它的图像在 x 轴的正半轴上呈现递减趋势, 且在 x 轴的负半轴上呈现递增趋势。图像永远不会触及 x 轴, 除非 $x = 0$ 时。当 $0 < n < 1$ 时, 图像从原点开始, 随着 x 的增加, y 的值增加得越来越慢。当 $n > 1$ 时, 图像从原点开始, 随着 x 的增加, y 的值增加得越来越快。

三角函数 $y = a \sin(\omega x + \phi) + b$ 的图像特点——图像最大的特征就是具有周期性。

将基本函数图像特点与散点图的变化规律进行比较, 我们发现对数函数和指数函数表面上看起来都符合这一散点图的变化规律, 对数函数的一般形式是 $y = b \log_a x + c$ ($a > 0, a \neq 1, b \neq 0$), 指数函数的一般形式是 $y = ba^x + c$ ($a > 0, a \neq 1, b \neq 0$)。但是在实际探索过程中可以知道, 散点图中的点随着时间的推移会无限逼近室温, 在对数函数中, 它的值域是全体实数是不满足我们散点图中这一无限趋近的渐近线的。表面上来看之前学习的基本指数函数的图像和上述散点图是不一样的, 但是我们可以通过对参数的控制, 让基本指数函数的图像关于 x 轴对称再向上平移, 进而符合散点图中从左下向右上且无限趋于室温的这一特点。

3.1.4. 函数模型的确定

学生通过代入数据求方程的方法进一步算出指数函数一般解析式中的各个参数, 也可以通过计算机进行曲线的拟合最终发现拟合出来模型的解析式为 $y = -14.84e^{-0.59t}$, 具体如下图 2 所示。

但是这样的模型并不符合无限趋近于室温的要求, 因此我们需要将模型向上移动, 但此时并不能直接在上述得到的解析式后加上 25 而需要进一步地修改。改进后的模型仍有参数, 我们可以写成 $f(t) = -be^{-kt} + c$ 。此时 c 指室温 25, b 指初始温度与室温的差, 即 43, 那么此时上述的模型中仅剩下一个参数 k , 那么我们可以将一开始的实验数据代入进行求解, 在求解的过程中会发现 k 的值不唯一, 那么我们只需要取所有算出来的 k 的值的平均数即可。

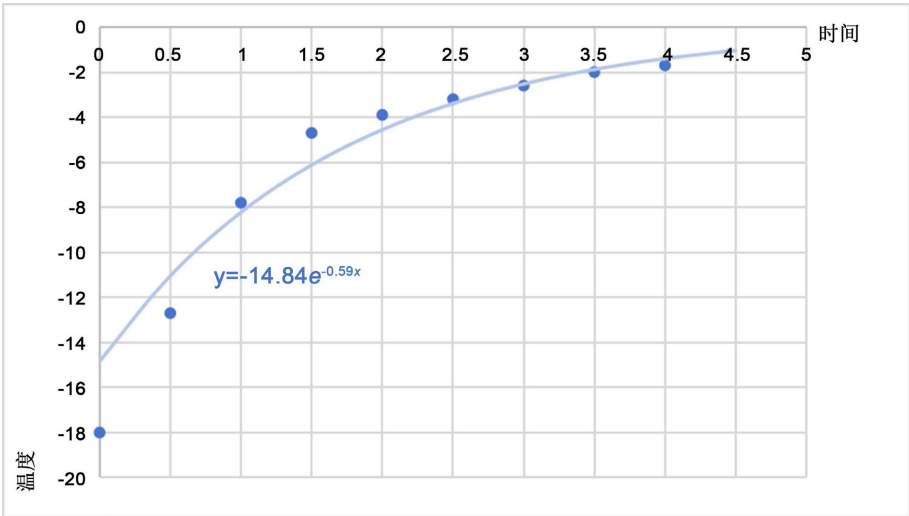


Figure 2. The final confirmed model
图 2. 最终确认的模型

3.1.5. 函数模型的缺点分析及检验方式

实验数据对于 k 的值的影响较大，随着实验数据的增多， k 的值将不再稳定，那么我们需要对模型进一步进行优化改进。对于模型的检验，可以采取图像拟合直观感受模型建立的正确性，也可以在参数确定之后通过实际的实验数据进行检验。

3.2. 评价量规

为了能够对每一个小组在此次跨学科教学活动中的表现进行客观公正的评价，此次实践教学也制定出了一个详细的评价量规，具体可分为三个等级。

第一个等级，优秀。若是小组可罗列出 5 个及以上可能会对猪肉解冻时间产生影响的变量，并根据变量的性质进行分类，如划分为内部变量(猪肉原本的温度、肥瘦比例等)和外部变量(室内温度、湿度等)两种，那么该小组就可以获得“优秀”等级的评价。这说明该小组的成员综合表现出来的观察能力、分析能力和归纳总结的能力比较强，能够较为系统、全面的思考问题。

第二个等级：良好。若是小组可罗列出 3~4 个可能会对猪肉解冻时间产生影响的变量，同时对不同的变量对猪肉解冻时间具体产生的影响进行说明，如室内温度越高，热量传播速度越快，猪肉解冻的时间就会越短。猪肉厚度、空气湿度等要素也同理。获得“良好”评级的小组，说明小组成员对猪肉解冻的变量有一定的深度认知，且能够结合学习的知识进行初步分析。

第三个等级：需提升。若是小组可罗列出 1~2 个可能会对猪肉解冻时间产生影响的变量，且无法对这些变量进行分析，和说明变量如何对猪肉解冻时间产生的影响，那么该小组的表现需要持续改进。这也意味着该小组成员在思考问题的时候不是很全面，对变量的理解和把握也比较浅薄，未来需要在学习和活动中强化锻炼。

3.3. 学习成效实例

在此次跨学科教学实践中，某小组成员之间积极讨论并主动开展实验操作，成功找到了多个对猪肉解冻时间产生影响的的关键变量，并对这些变量进行了分类。该小组除了关注到了室内温度、湿度等外部环境因素之外，还对猪肉的厚度、肥瘦具体情况等实际产生的作用进行深度分析。在分析过程中发现，该小组的成员可将物理学科的热传导定律和数学学科的建模方法结合在一起，对每一个变量的影响机制

进行全面、清晰的阐述。如，室温较高的时候，热量传递会加速，解冻时间就会更短。而猪肉越厚的话，猪肉内部的热量传递路径更长，解冻的时间也会更长。因此，该小组最终在该课程中获得了“优秀”的评价。

另外一个小组虽然只列出了三个主要变量，但是却能够对列出的这些变量实际作用进行详细说明。如大猪肉冷冻的时间越长，说明初始温度越低，解冻所需的时间就会越长。与此同时，他们还发现通风的环境相较于密闭的环境，也可以有效提高热量传递。虽然在分析深度上存在一定不足，但是却可以将理论知识和时间结合在一起，因此最终评级为“良好”。

相比之下，还有一些小组的变现则还有比较大的提升空间。这些小组一般只关注到 1~2 个较为常见的变量，比如室内温度、猪肉的厚度，没有能够挖掘出其他的因素，且无法对这些变量之间的相互作用和关系进行分析。这些小组在未来的学习中还需要持续强化思维训练，进而提高问题分析的全面性和精准有效性。

在这样的跨学科教学活动中，不仅让学生对数学建模的理解有深刻的认知，同时在团队合作中也有效锻炼了沟通能力、强化了责任意识。教师在课后总结时候需要进行调查，科学研究需要采用更加严谨的态度和系统化的思考方式，只有考虑各种各样的可能性，并不断对模型进行优化，才能够得出更贴近实际的科研成果。

4. 总结

数学建模的一般过程是：首先从具体的情境中提炼问题，其次进行数据的搜集，然后建立模型，并对模型中的参数进行求解，最后进行模型的检验和迁移应用。在这完整的过程中，模型的求解是最为困难的，首先要确立初始模型，初始模型是根据数据形成的散点图的特点综合我们已学过的基本函数的图像而进行确定的，初始模型的确立之后，我们再将其与实际图像进行对比，不断地进行优化最终才能获得最终模型。

参考文献

- [1] 教育部. 教育部关于印发义务教育课程方案和课程标准(2022 年版)的通知[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/2022-04/22/content_5686606.htm, 2022-04-22.
- [2] 郭洪瑞, 张紫红, 崔允灏. 试论核心素养导向的综合学习[J]. 全球教育展望, 2022(5): 36-48.
- [3] 教育部. 教育部关于印发《基础教育课程改革纲要(试行)》的通知[EB/OL]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2002/content_61386.htm, 2001-06-08.
- [4] 张柔佳. 冷冻鱼糜在 915MHz 单模微波加热系统中的温度变化规律及解冻机理研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 上海海洋大学, 2018.
- [5] 尚佳宇, 徐祥, 徐大伦, 等. 解冻方式对炆蟹食用品质的影响[J]. 食品科学, 2024, 45(6): 192-198.
- [6] 李娅迪, 温馨, 张世同, 等. 不同冻结速率对贮藏期间河鲈鱼片品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2025, 51(4): 288-294.