

2025-2026 学年全国青少年科学探究建模能力大赛

基础科学探究创想建模（系统科学专题）赛项

一、赛项背景

我们身处的世界是一个由无数相互关联、相互作用的要素构成的复杂系统。从早高峰车流无端地走走停停，到节假日景区人潮的聚散；从蚂蚁群落无师自通的寻路本领，到城市热岛效应的加剧——这些看似毫无关联的现象背后，都隐藏着系统科学的共同密码：局部个体的简单行为，可能在宏观层面“涌现”出纷繁复杂的集体模式？

系统科学，正是这样一门探索整体与部分关系，探究系统结构、环境与功能普适关系、演化和调控的一般规律的交叉学科。它不将世界看作孤立零件的堆砌，而是视作动态演化的有机整体，探究各组成部分和要素之间的反馈、适应、突变与自组织以及和环境的互动。这一视角，为我们理解气候变化、公共安全、生态平衡、信息传播等全球性挑战，提供了一种超越传统学科边界的思维利器。

本赛项旨在引导同学们跳出机械记忆，从简单的个体规则出发，走进系统科学研究的新范式；用探究建模解析涌现现象，用仿真实验揭示演化过程，用系统思维理解整体与局部的关系，在实践中体悟系统科学的综合性、交叉性与普适性，直面社会重大需求和科学前沿，树立系统观念，探寻优化复杂系统的解决方案。

二、竞赛目标

赛事立足生活中的真实问题，不求复杂公式，带领学生在“观察—抽象—建模—验证—优化”的完整探究循环中，亲身感受系统科学独特的思维方式：从整体出发，理解要素间的相互关联如何塑造系统的行为；在动态中观察，发现反馈回路如何驱动系统的演化；从简单中洞见复杂，体会局部规则如何涌现出令人惊叹的全局模式；从渐变中识别突变，把握临界阈值附近的非线性效应。通过经历

从定义简单规则到模拟复杂现象再到预测与优化系统行为的完整过程，学生将逐步建立起看待世界的新眼光——不再将事物视为孤立零件的堆砌，而是视作相互依存、动态演化的有机整体。赛事期望在青少年心中播下系统观念的种子，引导他们理解“多即不同、整体大于部分之和”，欣赏“复杂世界，普适规律”的科学之美，成长为具有系统观念，以相互联系的眼光审视真实挑战、以动态演化的思维探寻可持续方案、以谦逊审慎的态度践行人与自然和谐共生的新时代创造者。

三、竞赛内容

本赛项以“探究复杂世界，创想人与自然的和谐”为核心导向。要求参赛队伍采用团队协作与项目式学习模式，聚焦真实世界问题开展系统性研究，按照不同的组别要求，分设 ABCD 赛题。A 组为小学高年级/初中普通（1-5 题）；B 组为小学高年级/初中拔尖（6-10 题）；C 组为高中普通（11-16 题）；D 组为高中拔尖（17-23 题）。

A 组（小学高年级/初中普通）赛题

题目 1：滴水能生电？——复现开尔文的神奇静电装置

核心挑战：用易拉罐、塑料瓶、金属环、导线等常见材料进行精巧搭配，浮现开尔文滴水起电机机。让两股细水流通过交叉连接的金属环落入下方集水罐，观察放电球之间能否产生电火花，或使一个金属小球在两电极间来回摆动形成“静电钟摆”。需调试水流速度、金属环间距等参数，成功时可见明显放电现象。

深度思考：为什么这个装置没有任何电池或电源，只凭几滴流下来的水，就能从偶然极微弱的“种子电荷”开始，持续累积放大出上万伏特的电压并啪啪放电？请找出从初始电荷到强烈火花之间的“正反馈”循环链条，并思考驱动这个高压过程的能量最终来自哪里（是凭空产生的吗）。为什么左右两侧的感应环必须“交叉”连接到对面的集水桶？如果改成同侧连接，装置还能工作吗？

泛化能力：这种正反馈“滚雪球”机制普遍存在：生态系统种群暴发（食物充足→繁殖加快→更多个体）；经济泡沫（价格上涨→买入增加→价格再涨）；班级学习（表扬→自信→更努力→更好，或批评→沮丧→退步→更差）；家庭矛盾（小误会无人解释→不满积累→大争吵）。你能想到自己身边还有哪些“小事被越放越大”的例子吗？在这些正反馈系统中，初始的那一点点“种子”力量，为什么会带来如此巨大的结果差异？

题目 2：很多人说工资被平均了，这是真的吗？——统计数字的分布秘密

核心挑战：在同年级多个班级测量男生身高、体重，匿名收集家庭月收入范围（如 5000 以下、5000-10000 等）。用 Excel、SPSS 等工具或 Python、Matlab 等编程语言画直方图，比较不同班级的分布形状。计算各班级平均值和中位数，比较差异并尝试解释原因。

深度思考：因受大量微小的遗传和环境因素叠加影响，身高体重常呈钟形的正态分布，这是为什么（可以了解下中心极限定理）。而收入往往呈长尾（多数中低收入、少数极高收入），这又是为什么？这种分布能说明网络上火热的“工资被平均”舆情吗？若两个班级平均身高相同但分布形状一个“瘦高”（方差小）一个“矮胖”（方差大），哪个班级的同学升高均衡一些？服装厂要生产一批服装，他们事先并不知道谁会买，如何决定 S/M/XL 各生产多少件？

泛化能力：直方图能识破数字骗局：某校平均分 85 分若直方图双峰（60 分和 100 分），实际是两极分化，中位数更能反映真实。公司“平均年薪 30 万”若分布左高右低（多数 10 万，少数高管数百万），多数人被平均。班长向老师反映学习情况时，除平均分外应展示中位数、分布形状（是否两极分化）等。

题目 3：经济终将走向何处？——“蛛网”里的稳定、循环与崩溃

核心挑战：模拟农产品市场，画出需求曲线（价高量少）和供给曲线（价高量多）。从初始价格开始迭代：前一年价格→农民决定当年产量→产量决定当年价格。画出价格-产量轨迹（呈蜘蛛网状）。改变需求曲线和供给曲线的斜率，观察系统走向稳定、崩溃还是周期振荡。

深度思考：系统稳定性取决于两条曲线斜率的关系。若供给曲线斜率小于需求曲线斜率（绝对值），则震荡收敛趋于稳定；若供给曲线斜率大于需求曲线斜率，则发散崩溃；若相等则等幅循环。政府收储（价格低时收购）相当于增加需求（需求曲线右移），补贴则降低生产成本（供给曲线右移）。农民对价格越敏感（供给曲线越陡），越容易引发崩溃。如果供给需求曲线不是直线呢？

泛化能力：蛛网模型思想远超经济学，反馈的机制存在与很多地方，如气候科学（冰盖融化→反照率降低→更吸热→加速融化，崩溃型）；生态学（狐狸-兔子种群循环）；血糖调节（糖尿病时调节失效走向崩溃）；班级学习（表扬→更努力→更好，或骄傲→下滑）；人际关系（你对我好我就对你好，形成互惠循环，可能走向稳定友谊或忽冷忽热）。这里面哪个或者哪些和蛛网模型的反馈机制比较一致。你能举出生活中类似的其他例子吗？

题目 4：空调开太低，为啥反而更热？——目标与反馈的震荡

核心挑战：用不断加（固定温度的）热水和冷水到一个容器（如 1000 毫升）模拟房间温度控制。设置目标 50℃。策略一：每次加少量的水（<49℃加热水 20ml，>51℃加冷水 20ml）。策略二：比例控制（按温差加水量，每差 1℃加 10ml 水，如 5℃加 50ml，热了加冷水，冷

了加热水)。策略三：每次加大量水 ($<49^{\circ}\text{C}$ 加热水 200 ml, $>51^{\circ}\text{C}$ 加冷水 200ml)。每 3 分钟测量一次水温，测量完成后将多余的水放掉，保持容器内 500 毫升的水。然后过 3 分钟再进行前面的操作。参考前面的建议自行设计实验并完成操作，记录温度变化曲线，比较三种策略的稳定性和震荡情况。

深度思考：为什么不同的操作会得到不同的结果。你会发现第一种温度调整很慢；而第三种温度震荡最剧烈。智能空调采用比例控制甚至 PID 控制，根据温差连续调节冷气量，使温度平滑趋近目标。如果比例增益太大（如差 1°C 加 10ml），仍会超调震荡；增益太小则响应过慢。类似用力过猛现象：开车猛打方向盘走 S 形、淋浴时猛拧水龙头忽冷忽热。

泛化能力：反馈控制广泛应用于生活：老司机轻轻修正方向，新手易“画龙”；淋浴时轻轻微调比猛拧更快找到舒适温度；人际关系中冷静沟通比激烈反驳更易解决问题；班级管理中根据问题严重程度采取不同力度批评比一刀切更有效。同学们可以设计自动浇花系统应采用比例控制（根据土壤湿度差决定浇水量），避免旱涝交替。

题目 5：夏天走马路，为啥深色沥青比浅色地砖烫脚？——城市热岛效应探秘

核心挑战：用温度计或红外测温枪测量沥青、水泥、草地、水面、树荫等地面温度。同一时段多点测量取平均值。选择 2-3 种代表性地面从早到晚每隔 1-2 小时测量一次，画出“时间-温度”曲线。比较不同地面的升温和降温速度，分析“吸热快、散热快”或“吸热慢、保温久”的原因。

深度思考：如果给深色路面刷一层白漆，中午能凉快多少？晚上会不会更冷？草地的温度变化为什么和水泥地完全不同？（提示：草会“出汗”吗？）城市里到处都是深色路面和深色屋顶，这会不会让整个城市比郊区更热？如果屋顶都铺上太阳能光伏发电板对城市气温有什么影响？

泛化能力：这种测量方法能用来比较不同颜色屋顶的隔热效果吗？如果要给学校操场做降温改造，你推荐刷白漆还是种草坪？为什么？你可以设计一个实验，比较不同颜色屋顶模型的温度变化吗？（比如用不同颜色的纸板搭小房子，放在阳光下测量内部温度。）

B 组（小学高年级/初中拔尖）赛题

题目 6：物以类聚人以群分——个体的小小偏好会导致大尺度的位置隔离

核心挑战：召集 10-40 人模拟谢林模型，每个人领取红蓝两色标志，先随机站在打好网格的地面上。每人关注自己周围上下左右（或包括斜角）邻居，计算同色比例。设定满意度（同色比例）阈值（如 40%），任何人发现周边和自己占整个附近人群的比例低于该阈值则移动到附近的空位。重复至无人想搬家。观察最终形成混合还是聚居区。用计算机模拟更大规模、更多种群甚至三维空间。

深度思考：即便每人只要求不太高的邻居同色比例，最终也会形成高度隔离的聚居区。因为

局部小扰动通过迁移正反馈放大：少数同色聚集会吸引更多同色迁入，导致清晰边界。改变满意度阈值：什么时候仍会隔离但边界模糊；什么时候隔离更严重。若扩大邻居观察范围（如 5 步内）会使人们更易找到满意位置，结果是否更混合？由此还可以讨论打破自动隔离的方式：采取强制混合居住、扩大人们关注的“邻居”范围、提升多样性意识。

泛化能力：谢林模型解释信息茧房（只关注相似观点）、社区贫富分区、办公室座位选择（倾向坐同部门旁边）、班级小团体形成。作为班长，可通过重新分组、组织跨团体活动、树立多样性价值等方式促进融合。你能用模型解释班级里“玩游戏的扎堆、学习的扎堆”现象吗？

题目 7：平底锅里的“蜂巢”——粥面为什么会自己画画？

核心挑战：用平底锅加热薄层液体（水/牛奶/蜂蜜），液面撒示踪粉末（可可粉/铝粉）。从底部缓慢均匀加热。观察粉末从静止到突然出现规则六边形或条状蜂窝花纹，粉末聚集在六边形边缘（上升区）或中心（下降区）。改变火力和液层厚度，记录花纹出现时机、尺寸和规整程度。

深度思考：为什么静止的液体加热到一定程度，会突然“动起来”并自动排列成规则的图案？为什么形成的图案常常是近似六边形的？大自然中还有哪些地方能见到这种“最省材料”的六边形排列？如果把火开得很大，六边形花纹会变成什么样？是否进入了湍流状态？

泛化能力：气象学中天空中的“云街”是大气中的贝纳德对流；地质学中北爱尔兰“巨人堤道”六边形玄武岩石柱是岩浆冷却对流形成；你能举出另一个自组织斑图的例子吗？工程师如何利用或抑制这种对流不稳定性？（例如：晶体生长、涂层干燥）

题目 8：越着急越做不好？——压力与表现的“倒 U 形”曲线

核心挑战：设计简单任务（30 秒内夹豆子）和复杂任务（解多步数学题）。设置四种压力条件：无压力（随便玩）、轻微压力（计时不公开）、中等压力（正式记录成绩）、高压（排名，输了的要表演节目）。同一批人随机顺序完成所有条件，记录表现，画出“压力-表现”关系图，寻找最佳压力点。

深度思考：你的数据里，压力和表现是直线关系吗？还是先升后降的“倒 U 形”？不同的人、不同的任务，最佳压力点一样吗？这个规律背后可能的生理原因是什么？。

泛化能力：教练如何利用这个规律帮运动员调整赛前状态？如果你是老师，如何设计一场让学生既重视又不至于崩溃的考试？你能给自己设计一个考试前找到“黄金压力点”的方案吗以及如何将自己保持在那个地方？

题目 9：复习时如何分配时间和精力？——基于“知识之碗”的系统优化策略

核心挑战：用计算机模拟知识之碗模型。设计多层知识结构（基础→中级→高级），设定初

始连接强度（确保基础牢固）。设定遗忘过程（每时间步衰减比例或固定值），复习可增强连接。模拟不同策略（全复习、只复习基础、只复习易忘、间隔复习、考前突击），记录一段时间后剩余知识块数量和结构，找出最优策略。

深度思考：若只复习高级知识而不顾基础，基础连接衰减导致脱落，上层知识无论复习多牢也会随之滑落（白复习）。若只复习基础，高级知识因久不用而慢慢脱落。因此需平衡基础与高级的复习比例。加上横向连接（同层知识互相关联）后，复习一个可能带动多个，可能实现“学得更多复习更轻松”。最优策略应该是怎么样的？

泛化能力：数学中加减法不熟则分数、方程难学；英语单词忘则阅读、作文吃力；物理中力学基础不牢则电学、热学中的力学模型难以理解；化学中元素周期表不熟则化学反应推断困难。建房子地基不稳上层再漂亮也会塌。你能举一个自己学习或生活中的例子，说明“基础的东西丢了，上面依赖它的东西也跟着完蛋”吗？班级和谐需要稳固相互尊重、信任等基础，你从这个模型可以得到什么启发吗？

题目 10：量不完的海岸线与花椰菜——尺子越短，长度越长？

核心挑战：选择海岸线卫星图或花椰菜高清照片。放大打印出来，用不同尺子（跨度从大到小）沿海岸线测量长度，或用不同大小方格网覆盖花椰菜表面估算面积。记录尺子大小与测得长度的关系。这个操作也可以在电脑上利用编程语言设计适当的程序进行。在双对数坐标纸上画图，若呈直线则具有分形特征，计算斜率（分形维数）。观察花椰菜局部放大后与整体形态的相似性。

深度思考：你觉得“海岸线的真实长度”存在吗？尺子越小，能捕捉到的海湾、岬角等细节越多，测得长度越大。理论上当尺子趋近无穷小时，长度对趋于多少？花椰菜、雪花、闪电、血管网络，它们的复杂形态为什么都能用简单的分形规则生成？这给你什么启示？（提示：大自然可能用简单的重复规则，就能生成复杂的结构。烹饪中拍碎的黄瓜为什么比用刀切开的黄瓜更入味？

泛化能力：分形用于医学估算肺膜面积（支气管分支）、通讯中的分形天线（小空间接收宽频段）、电影特效生成山脉云彩。艺术设计中伊斯兰几何图案、现代建筑常运用分形。在我们的生活中，还有哪些“自相似”的例子？比如一棵树的树枝和整棵树的结构、一片雪花的分支形状、你手上的指纹？你可以利用分形的思想来设计吸音剧场的墙壁吗？。

C 组（高中普通）赛题

题目 11：家族中的“关键人物”是谁？——三种力量大比拼

核心挑战：构建一个全联通的家族网络（ ≥ 20 人， ≥ 30 连线），按血缘、联系紧密程度等赋权。计算三种中心度：①度数（直接影响力，谁朋友最多）；②接近中心性（到所有其他人距离的和最小，能快速传播信息）；③介数（位于多少对节点最短路径上，控制信息传递）。

找出三项得分最高的人，可能相同或不同。更大规模的可以找一个公开数据集(≥ 100 节点)来分析。

深度思考：度最大者是社交中心（如兄弟姐妹多），接近中心性最大者是“信息广播塔”（能快速通知全家族），介数最大者是“桥梁”或“守门人”（调解矛盾、跨团体沟通）。这三个人是同一个人吗？如果不是，他们各自有什么不同的特点？如果你有一个紧急的事情需要家族所有人尽快知道，应该找谁，是这些人中的一个吗？如果社会上发生了严重的传染病，这个传染病可以有疫苗，应该先给谁注射，是这三种人中的某一个吗？

泛化能力：微信群中，谁离开对群影响最大？可能是连接小群的人（高介数）而非发消息最多的人。新班长应先认识连接不同圈子的“桥梁”同学，而非仅认识最多的社交中心。传染病中“超级传播者”往往度数高或介数高。你能指出班级中哪三位同学分别属于这三种类型吗？他们适合帮你什么忙？

题目 12：如何制造一个小世界？——如何让朋友圈既“抱团”又“通达”

核心挑战：用计算机模拟网络演化。从规则网络（环形，每个人与左右各 K 个邻居相连）开始，以概率 p 对每条边进行随机重连（断开一端并连接到远处的人）。观察随着 p 增加，“抱团程度”（集聚系数）和“通达程度”（平均最短路径长度）的变化，找到适中的 p 值，使集聚系数仍保持较高，而平均最短路径已明显缩短，即“小世界”区域。反过来，如果从随机网络逐步增加近邻边（即让每个人都更多地与身边人连接），比较两条路径的差异。

深度思考：（1）为什么从规则网络开始“随机化”和随机网络开始“规则化”结果不一样？（2）在断边重连的过程中，如果重连的概率太小（ p 接近 0）或太大（ p 接近 1），分别会得到什么类型的网络？是“只抱团不通达”还是“只通达不抱团”？（3）现实中的社交网络（比如你的班级朋友圈）最初更像规则网络还是随机网络的起点？它现在比最初更加像“小世界”吗？

泛化能力：一种有趣的小世界生成方式是“朋友介绍朋友”。这样一来，你既增加了自己的社交圈（更“通达”），又可能让新认识的朋友与你原来的朋友逐渐熟悉起来（更“抱团”）。这种“介绍机制”是不是很像规则网络中添加少量随机连接的过程？你能想到其他例子吗？这个模型对城市交通规划、社交媒体运营、甚至病毒传播防控有什么启示？

题目 13：鸟群如何跳出壮观的舞蹈？——三条简单规则造就的群体默契

核心挑战：编程实现 Boids 模型中的三条基本规则——分离（避免碰撞）、对齐（保持运动方向一致）和靠近（向邻居聚集），让一群“虚拟鸟”仅依靠局部信息进行决策，观察有序群体队形如何从个体行为中自发涌现。通过改变各规则的权重以及个体的感知范围，记录并分析群体整齐度和疏密分布。进一步引入“老鹰”等捕食者作为外部扰动，并为个体设定避险规则（发现老鹰后加速远离）。观察危险信息如何在群体中逐级传播，以及群体如何通过局部互动形成协同避险行为，研究信息传递速度与群体结构之间的关系。

深度思考：仅靠局部规则，每只鸟只感知附近同伴，却能涌现出全局有序的队形，这是自组织的典型。这儿得“局部感知”与“全局有序”之间如何建立联系？如果改变三条规则中的参数（比如把“分离”的临界值调得很低或者很高），群体可能会变成什么样？会不会出现“鸟群散开”“挤成一团”或者“排成直线”的情况？在集群中加入少数“知情个体”（比如知道食物在哪里或知道危险来自哪里的鸟），它们能否引导整个群体？需要几个？

泛化能力：班级排队做操，每个同学自动调整间距、对齐行列，即使没有口令，也能保持整体整齐。无人机编队中，每架只根据周围几架位置调整，即可自发形成队形，避免中央控制的计算瓶颈。班级小组合作：一个高效的小组，成员之间是不是也遵循类似的规则？比如“别互相干扰（分离）”“目标一致（对齐）”“互相帮助（靠近）”？你还能想到生活中还有哪些“局部规则产生全局秩序”的例子吗？

题目 14：从有序到混沌的阶梯——Logistic 映射的倍周期分岔

核心挑战：编程实现 Logistic 映射迭代 $x_{n+1} = \lambda x_n (1 - x_n)$ ，参数 λ 从 2.5 到 4.0 步进 0.01。对每个 λ ，迭代数百步后舍弃暂态，记录稳态值（或周期值）。画出以 λ 为横坐标、稳态值为纵坐标的分岔图。观察从单支→两支→四支→…→混沌的倍周期分岔序列，并在混沌区找到周期 3 窗口及后续倍周期。

深度思考：简单方程能产生如此复杂行为，是因为非线性迭代具有丰富的动力学。 $\lambda=4$ 时系统看似随机，但有人说不是真随机，你支持哪一方？如果此时做两个迭代，二者的初始值只相差 0.0000001，这两个系统的状态差异如何变化？随着 λ 的增加，这个“倍周期分岔”的位置序列有什么规律吗？。

泛化能力：水滴龙头：水流小时规律滴水，加快→大小交替（周期 2），再快→四种水滴循环（周期 4），极快→完全乱滴（混沌）。心脏节律：正常→二联律→三联律→纤颤。一个班级从“每个人都安安静静”（稳定），到“偶尔有人说小话”（小幅波动），到“几个角落都在说话”（周期？），最后到“完全失控”（混沌）。这个过程是否也像倍周期分岔？如果要想稳定在好的环境，应该怎么做？你能举出一个生活中的例子，描述它从“有序”走向“混沌”的过程吗？

题目 15：揉面里的混沌哲学——为何拉长折叠往往比搅拌更高效？

核心挑战：用双色橡皮泥反复拉长、折叠，观察颜色从分明到交错，最终形成细密大理石花纹。追踪一小块色点位置变化。比较简单揉搓、碾压、拉长折叠的混合效率。用真人和计算机模拟也可以做类似的实验：拉伸→堆叠，跟踪两个相近点的距离随迭代次数的变化，判断服从什么样的规律。

深度思考：拉伸使物质分散，折叠使不同区域物质重新分布，远胜于线性混合的搅拌。这个

揉面过程在数学上展示了混沌的一个重要性质——一个点经过反复拉伸折叠，可以跑到几乎整个区域内的任何地方。这对理解长期天气预报的极限有什么启发？如果每次折叠的方向不是完全对齐的（比如旋转一定角度再折叠），混合效率会更高还是更低？为什么？

泛化能力：海洋涡流通过拉伸-折叠-剪切混合营养盐和污染物；工业静态混合器内部螺旋结构使流体自动拉伸折叠，省电高效；冲咖啡上下翻动+旋转比单向搅拌混合更快更均匀。在小组合作中，如果只是让每个人做自己擅长的部分（不“混合”），可能产生不了新思路。但通过“头脑风暴”（相当于“拉伸”想法）和“互相讨论”（相当于“折叠”想法），可能会产生意想不到的创新。这是不是也是一种“思想混合”的混沌过程？你能想到生活中有哪些“拉伸+折叠”原理的应用？

题目 16：蚁群算法实验室——信息素挥发与探索-利用平衡

核心挑战：编程实现蚁群算法求解迷宫或旅行商问题。设置信息素挥发率（0 到 1）和启发式参数。记录蚁群找到最短路线的时间和路线质量。找出参数区域：挥发率过低导致过早收敛于次优解（死守旧路），挥发率过高导致永远无法收敛（随机乱走）。

深度思考：信息素挥发得快或慢，如何影响蚁群在“走已知的好路”和“探索可能的新路”之间的选择？为什么真实蚂蚁的信息素会慢慢消失？这对整个蚁群的生存有什么好处？这种依靠简单个体和间接交流（气味）来协同工作的方式，与我们常见的集中控制方式相比，各有什么优缺点？

泛化能力：蚁群算法用于快递路径规划、芯片布线、网络路由。班级“热门路线”：食堂窗口或社团招新因正反馈而越来越挤，若无人尝试其他选项可能错过更好选择。小组分工中，若一直让某人做同一部分（利用）可能错过更高效分工，而每次都重新随机分工（探索过度）又浪费精力。如何平衡？能否设计一个针对校园快递柜布局优化的蚁群模型？“无中心协同”的思想，对设计未来的无人系统集群有何价值？

D 组（高中拔尖）赛题

题目 17：沙堆的雪崩——小事件和大灾难遵循同样的规律？

核心挑战：编程构建二维沙堆模型（随机加沙，某一个地方沙的高度超过周边 4 粒则向四邻崩塌 1 单位）。模拟足够长时间（加数万粒沙）至临界状态，然后记录每次崩塌的沙粒数（规模）。统计不同规模崩塌的发生次数，在双对数坐标上绘图，若呈直线则满足幂律分布（自组织临界性）。改变崩塌的规则，观察幂律指数变化。

深度思考：为什么沙堆模型不需要人为调整任何参数，自己就会演化到“随时可能发生大崩塌”的状态？在这种系统中，为什么一个微小的扰动（加一粒沙）有时能引发巨大的连锁反应，有时却几乎没有影响？“某次大崩塌何时发生无法预测”与“大小崩塌发生的整体比例有规律”，这两者矛盾吗？这给地震研究带来了什么启示？

泛化能力：你能在身边找到可能遵循幂律分布的现象吗（如：城市规模、词语使用频率、地震震级、森林火灾规模）？班级生活中，一次小小的争论，有时很快平息，有时却引发全班范围的大争吵。这跟沙堆模型有什么相似之处？有没有办法提前“释放”小矛盾，避免大爆发？理解自组织临界性，对设计更鲁棒的电网、互联网有什么启发？

题目 18：谣言跑得比真相快？——信息传播的模型实验

核心挑战：构建社交网络（如班级好友图）。设定传播规则：当个体仅从 1 位朋友处接收到信息时，其相信并转发的概率为 p ；当从多位朋友处接收到信息时，其相信并转发的概率提升。比较真相与谣言的传播速度。假若谣言和平常消息引发大家的转发概率有差异。比较它们在网络上的传播差异。改变网络结构（加入大 V 节点）情况有什么不同。

深度思考：为什么“大家都这么说”会让人更容易相信？这在数学上如何建模？如果在网络里安排几个“辟谣员”，放在什么位置效果最好？（提示：是放在连接不同小团体的“桥”位置，还是放在朋友最多的“中心”位置？或者其他位置？）你的模型里，什么情况下谣言会自己停下来？

泛化能力：这个模型能用来研究很多类似的现象，如新产品口碑传播：一个新产品如何通过用户的口碑“病毒式”传播，这儿哪些用户是关键？如何让更多人接受健康的生活方式（比如勤洗手、戴口罩）？应该先影响哪些人？网络水军与虚假评论：电商平台上的一些虚假好评，为什么能“刷”上去？这和谣言传播的机制有什么相似之处？作为普通人，从模型结果看，怎样做最能阻止谣言传播？

题目 19：幽灵堵车为何发生？——一个不留意的刹车如何引发几公里外的停滞

核心挑战：在计算机里搭建一条环形马路，放上一些“小车”，给每辆车定几条简单规则（前面空就加速、太近就减速、偶尔走神慢一下）。改变司机平均反应时间、加入几辆“反应超快”的自动驾驶车，观察堵车何时消失。画出车流的时空图，找到让畅通变拥堵的“临界点”。

深度思考：为什么前面司机不留神轻轻点一下刹车，后面几公里外的车却要完全停下来？假如加 10% 的自动驾驶车，为什么效果可能不是改善 10%，而是畅通了一倍？在这个模型中，“不留意的刹车概率”和“最短车距要求”两个参数分别代表了什么现实含义？如果增大最短车距要求（即要求车与车之间留出更多空间），对交通流会产生什么影响？是让拥堵更容易发生还是更难发生？这与我们直觉上“保持车距能提高安全”是否一致？

泛化能力：这个方法能用来研究超市收银台排队、景区游客流动吗？如果你是交通局长，除了加自动驾驶车，还有什么办法能缓解幽灵堵车？在“学生集体跑步”的情境下（比如课间操跑步或体育课集体训练），如果队伍太密集，一个同学不留神减速或摔倒，也可能引发后面同学的连锁反应，造成推挤甚至受伤。你能用这个模型的思路，提出一些增加跑步安全性的措施吗？

题目 20：柱子是如何救人的？——反直觉的人群疏散与踩踏风险

核心挑战：阅读了解 Helbing 提出的社会力模型以及相关工作，并在计算机上设计一个简单的房间疏散模拟程序模拟恐慌状况下人群通过一个出口的疏散过程。改变人群密度、期望速度、出口宽度，观察出口前是否形成“拱形堵塞”及“走走停停波”。障碍物优化：在出口前不同位置放置不同形状（圆柱、方柱、三角柱）的柱子，记录所有人疏散完毕所需时间，找到最快（魔法障碍物）的配置。

深度思考：为什么出口前放一根柱子，疏散时间反而可能比没有任何障碍时更短？这与你直觉上“障碍物会挡路”的想法矛盾吗？如果放置多个障碍物呢？效果会更好还是更差？障碍物的存在除了影响疏散效率，还会对房屋的容积、建筑成本、日常使用便利性等方面产生哪些影响？在设计一个大型场馆时，工程师需要在“应急疏散效率”和“日常运营成本”之间如何权衡？如果大家都遵守规则（比如排队有序撤离，不推挤、不抢行），疏散效率会发生什么变化？其实，规则的遵守就相当于有一个“看不见的障碍物”——它虽然没有物理实体，却在维持秩序、防止拥堵。这与前面讨论的物理柱子有什么异同？

泛化能力：类似的机制存在于现实中：网络拥塞控制（适当限速反而提高整体吞吐量）；十字路口让行规则（礼让防止死锁）。如果让你优化学校食堂的打饭窗口排队区，你会如何利用这个原理来减少拥堵？规则的遵守实际上相当于有一个看不见的障碍物在维持秩序。我们日常生活中的班级规则、校规等，也起着类似的作用——它们看似“限制”了我们的自由，但实际上是不是反而让整个集体运转得更顺畅？你能举出一个班级里“守规则反而让大家更高效”的例子吗？

题目 21：从绝缘到导电的惊天一跃——渗流的秘密

核心挑战：用金属球（导电）和玻璃球（不导电）混合，金属占比从 0%到 100%逐步增加，每次随机混匀后倒入两端有金属片的盒子，接上电池和小灯泡。对每个比例重复 10 次，记录灯泡亮的次数，画“占比-导电概率”图，找出临界阈值（约 25-35%）。计算机模拟更大规模的实验，改变导电格子占比概率，判断是否形成从左到右连通路径。

深度思考：为什么刚开始加金属球几乎完全没用（不导电），而加到一定数量后，只是再加一点点，导电概率就“跳”上去了？你能不能估计一下，这个“临界占比”大概是多少？它和你用的盒子形状、球的颗粒大小、盒子的宽窄有关系吗？如果把金属球换成更小的铁粉，临界占比会变高还是变低？

泛化能力：森林火灾：一片森林中，容易着火的木材的比例超过某个“临界值”，火势就会从“能自己熄灭”变成“横扫整个森林”。谣言传播：在社交网络中，相信某个谣言的人数比例超过某个阈值，谣言就会从“没人信”变成“刷屏式传播”。班级学习氛围：一个班级里，认真学习的同学比例超过某个临界值，学习氛围可能就会从“没人学”变成“大家都跟着学”。你觉得这个临界值大概是多少？你还能想到其他类似的现象吗？比如：一个新产品在市场上的占有率、一种新习惯在班级中的流行程度——是不是都存在这样一个“过了某个点就自动加速”的临界比例？

题目 22：差若毫厘，何以谬以千里？——混沌摆的蝴蝶效应

核心挑战：动手搭建双摆，从几乎相同（相差 1 毫米或 1 度）的位置释放，用手机拍摄轨迹，观察两摆如何从几乎重合到迅速分道扬镳。用计算机模拟双摆动力学，精确控制初始差异，计算两条轨迹的差距随时间的变化（指数增长），绘制相图（双摆上的某个基准点在不同时刻的位置）并进行比较。

深度思考：这个系统的运行是“完全随机”的吗？它与抛硬币的随机性有何本质区别？既然混沌不可长期预测，为什么我们还能做短期天气预报？这与双摆的“短期可预测、长期不可预测”有什么联系？蝴蝶效应说“一只蝴蝶在巴西扇动翅膀，可能引发德克萨斯州的一场龙卷风”。你觉得这个说法在科学上严谨吗？它想表达的核心思想是什么？你可以查阅爱德华·洛伦兹的原论文或相关讨论。洛伦兹系统与这儿的双摆系统有什么关系？

泛化能力：这种“差之毫厘，谬以千里”的特性，在很多领域都有体现：股票市场：微小的消息变化可能引发股价的巨大波动，所以股市很难精准预测；一场比赛的结果可能取决于一个球的微小偏差（比如足球射门偏了 1 厘米），这就是比赛的“不可预测性”。一次班级活动的结果，可能取决于一开始的一个小小决定（比如选谁当组长）。你有没有遇到过“一开始的小差别，最后导致完全不同的结果”的经历？两个基础差不多的同学，可能因为一次考试的微小差距（比如一个考了 85 分被表扬，另一个考了 79 分被批评），之后的学习状态和成绩差距越拉越大。这是不是也是一种“蝴蝶效应”？你能想到自己生活中的“蝴蝶效应”例子吗？比如一个小小的习惯改变，如何影响了你后来的发展？

题目 23：世界局势能量化吗？——用投票数据看国家关系冷暖

核心挑战：从联合国大会投票数据库获取各国历年投票记录。计算任意两国在所有议题上投票一致的比例作为“政治距离”。分析特定国家（如中美俄）与世界平均距离的变化趋势，找出历史事件（冷战结束、911 等）前后的突变。用热力图或网络图可视化，找出社团结构（抱团投票的国家群）并观察其演变（如东欧国家从东方阵营转向西方）。

深度思考：两个国家在联合国投票的一致性，能否完全代表它们真实的“友好程度”？会不会存在“口头争执激烈，投票却站在一起”或者“表面上友好，投票却各唱各调”的情况？这说明这种分析方法有什么优点和局限性？利用网络分析的方法，根据国家之间的“投票一致性”构建关系网络，然后找出网络中的社团结构（即哪些国家经常抱团投票）。观察这些社团结构如何随时间演变——冷战时期的“东西方阵营”是否清晰可见？苏联解体后，东欧国家是否从“东方社团”转移到了“西方社团”？近年来有没有新的社团形成（比如“一带一路”国家群体）？

泛化能力：这种“找不到直接数据，就找一个能拿到手的代替数据”的思路，在生活中特别有用，如食堂最受欢迎的菜，老师的教学效果等。你能想到一个你自己感兴趣的问题，但是似乎没有直接可用的数据。然后给它找一个“代理数据”吗？比如：怎么测量“班级凝聚力”？怎么测量“某位同学的人缘好坏”？

四、比赛形式

本赛项参赛对象分 ABCD 四组：A 组为小学高年级拔尖/初中普通；B 组为小学高年级拔尖/初中拔尖；C 组为高中普通；D 组为高中拔尖。学段分别为：小学高年级（4-6 年级）；初中（7-9 年级）；高中（含中职）（10-12 年级）。

比赛形式为团队赛，每队 2-3 人。采用“初赛—复赛—国赛”阶梯式晋级模式。

初赛：统一组织线上能力答题测试，考察系统科学基本知识、简单逻辑推理与建模常识；按测试成绩择优晋级复赛。

复赛：参赛队伍从赛题中任选一个，线上提交建模项目成果材料。根据实际情况，线上或线下进行作品展示与答辩，经综合评审后择优晋级国赛。

国赛：参赛队伍线上提交项目成果材料，线下举办展评活动与答辩，通过项目汇报、队伍间展示互评、现场问辩答辩等环节进行综合评审，最终确定奖项等次。

五、提交作品要求

参赛作品需围绕项目开展，包括但不限于：研究报告、科学日志、模型原型、项目展板、展示视频等。

六、评审标准

评审以参赛作品材料提交为核心，结合展示与答辩环节同步开展，涵盖书面材料评审、现场成果展示、项目汇报、专家问答，以及总决赛专属的队伍互评等环节，全面考察参赛团队的专业素养、实践能力及综合协作能力。具体评分标准

及要求如下表：

评价 维度	权重 占比	评价细则	内容	占 比
科学 探究	50%	问题与任务 明确具体性	考察问题是否紧扣主题、任务表述是否清晰可探究，是否能结合真实场景精准提炼核心问题	10
		设计规划可 行性	考察方案规划设计是否合理，是否具有可实施性	10
		实践实施完 整性	考察操作是否按方案完成，实验设计是否科学，数据记录是否真实、完整、规范，是否进行了必要的重复验证	10
		解释论证合 理性	考察推导结论的逻辑性，是否能基于实验数据或科学原理进行合理分析与论证，解释是否准确、全面	10
		过程反思与 改进性	考察过程中对问题/方案的调整、反思与改进是否及时、有效，是否能从失败中总结经验，持续优化项目	10
成果 （工 程模 型/研 究报 告） 质量	30%	成果创新性	考察成果的设计规划、实践实施的创新性，是否提出了新的思路、方法或技术，成果对创新逻辑的呈现效果是否清晰	20
		科学日志/ 报告质量	考查科学日志的内容完整性、表述合理性、记录规范性；研究报告的结构完整性、逻辑严谨性、数据支撑力度、语言表达准确性	10
团队 协作 与答 辩表 现	20%	团队分工协 作	分工合理性、成员配合流畅度、全员参与度，是否能充分发挥每个成员的优势，高效完成项目任务	5
		展示与答辩	项目展示清晰度，答辩流畅度、核心内容传递精准度、阐述的通俗易懂理解性	15

七、器材要求

鼓励使用生活中常见的、低成本、方便易得的材料，以及免费、开源的软件工具。所有器材需符合环保、安全要求。

八、其他事项

参赛作品须为原创，不得抄袭；引用他人成果需注明出处；使用 AI 需说明范围；户外探究须有成人陪同；其余事项同大赛统一规定。