

联系生活展望科技——界面化学教学一点思考

夏昌坤, 陈敏, 殷秀莲

江苏大学 化学化工学院, 江苏 镇江 212013

DOI:10.61369/EDTR.2026090035

摘 要 : 《物理化学》是化学、材料、环境、药学专业重要的专业基础课程, 在学生专业知识与能培养中起着承上启下的枢纽作用, 表面化学是“物理化学”的重要分支, 内容密切联系日常, 并与很多当代科技紧密相连, 深入浅出、寓教于乐培养学生热爱生活观察自然师法自然, 做好突破和创新, 并对学生做好团队协作课程思政教育。

关 键 词 : 物理化学; 表面化学; 润湿不润湿; 毛细效应; 新相生成

Connecting Life and Prospecting Science and Technology – Thoughts on Interface Chemistry Teaching

Xia Changkun, Chen Min, Yin Xiulian

School of Chemistry and Chemical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013

Abstract : Physical Chemistry is an essential basic professional course for majors in chemistry, materials science, environmental science and pharmacy, serving as a pivotal link in the cultivation of students' professional knowledge and comprehensive abilities. As an important branch of Physical Chemistry, surface chemistry is closely associated with daily life and contemporary science and technology. Adopting an easy-to-understand and enjoyable teaching method, surface chemistry teaching can cultivate students' awareness of loving life, observing and learning from nature, and encourage them to pursue breakthroughs and innovations. Meanwhile, it can integrate curriculum ideological and political education to foster students' team cooperation spirit.

Keywords : physical chemistry; surface chemistry; wetting and non-wetting; capillary effect; new phase formation

引言

表面物理化学是“物理化学”的重要分支, 主要研究固、液表面或相界面的物理化学原理及其在化学、材料、药学等领域的重要应用。表面化学专业知识是热力学延伸与应用, 是我们“物理化学”课程的教学重点。界面现象源于自然, 引导很多当前科技, 在教学中发现学生不会分析问题解决问题, 看不到事物的联系, 不能分析相关现象更不会对界面化学有目的的应用到分析问题解决问题, 更不能做好热爱生活热爱自然热爱祖国的润物无声的教育。

一、界面化学教学面临的挑战

首先, 界面化学内容来源于热力学, 又直接面对真实界面现象, 学生常常能记住表面张力、表面功和表面吉布斯函数等概念, 却难以把这些概念放在同一逻辑中理解。液滴收缩、固体吸附、润湿现象和溶液表面吸附都和吉布斯函数变化有关, 学生若只停留在公式层面, 就很难判断现象发生的方向, 也很难解释生活中常见的界面变化^[1]。教学仍需进一步把热力学判据和可观察现象联系起来, 使学生形成稳定的分析思路。

其次, 新相生成内容涉及过饱和和蒸气、过热液体、过冷液体和过饱和溶液等介稳状态, 概念之间联系紧密, 学生理解时容易停留在名词记忆上。新相从无到有需要克服表面吉布斯函数增加

带来的阻力, 颗粒大小、附加压力和化学势变化又会影响相变过程。学生若缺少生活经验支撑, 就难以理解沸石防暴沸、人工降雨和晶体陈化等现象背后的共同原因。教学仍需进一步把新相难成与实际场景联系起来, 帮助学生理解相变过程中的能量变化。

再次, 界面化学现象广泛存在于生活中, 教材知识和日常经验之间仍有较大转化难度。学生熟悉肥皂去污、土壤保墒、药物研磨和荷叶不沾水等现象, 却未必能主动联系润湿、毛细效应、吸附和分散度等知识^[2]。生活经验若不能进入课堂分析, 学生容易把课程内容看成孤立知识点, 学习兴趣和理解深度都会受到限制。教学仍需进一步利用生活现象引出概念, 让学生在熟悉场景中理解界面化学原理。

最后, 界面化学和现代科技联系紧密, 学生面对仿生材料、

表面改性和超疏水应用时，常常觉得这些内容离基础课程较远。事实上，防水材料、防霜表面、药用容器改性和船舶减阻等技术都离不开润湿调控和表面能调控。学生若缺少从基础原理走向科技应用的训练，就难以认识界面化学的现实价值。教学仍需进一步把科技案例纳入课程内容，使学生看到基础知识在实际研发中的作用。

二、联系生活开展界面化学教学的方向

（一）一切表面化学问题都是热力学问题

表面张力、单位面积表面功、单位面积表面吉布斯函数三个物理量环环相扣，但着力点不一样，表面张力在两相（特别是气-液）界面上，它可看成是引起液体表面收缩的单位长度上的力，指向液体方向并与表面相切，用 γ 表示，单位是 $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ 。表面功是温度、压力和组成恒定时，可逆使表面积增加 dA 所需要体系作的功， $\delta W' = \gamma dA$ 或 $\gamma = \delta W' / dA$ ， γ 数值上等于恒温、恒压及组成恒定的条件下，增加单位表面对体系做的可逆非膨胀功，单位为 $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ 。表面功是非膨胀功，可逆的表面功就是表面吉布斯函数的改变， $dG = \gamma dA$ ，所以当系统内有多个界面，总界面吉布斯函数减少是很多界面现象产生的热力学原因。

现实情况下不仅面积可能改变，单位面积吉布斯函数也因为条件改变或相互作用而改变，则 $dG = d\gamma \cdot A$ ，最终吉布斯函数减小是界面现象热力学原因，分析界面现象都可以通过吉布斯函数进行简单探讨。小液滴和空气接触，界面张力不变，单位面积表面吉布斯函数不变，通过收缩成球形，使相同体积下表面吉布斯函数最小。固体吸附固体表面面积不能变，固体表面通过吸附降低受力不对称，降低界面张力，从而达到降低吉布斯函数的最终目标。液体在固体表面铺展，消除气固界面产生液固界面和液气界面， $\Delta G = \gamma^{l-s} + \gamma^{l-g} - \gamma^{s-g}$ ，如果吉布斯函数减小，液体展开，接触角小于 90° ，液体对固体润湿，在毛细管中液面高于外面水平面。反之如果铺展开来吉布斯函数增大，则逆过程是自发自过程，液体收缩成球形，接触角大于 90° ，液体对固体不润湿，在毛细管中液面低于水平面。对溶液表面吸附，有正吸附与负吸附，都是在现有溶液默认的平均化基础上减少吉布斯函数，表面活性物质在表面正吸附进一步降低吉布斯函数，无机盐、硫酸、盐酸则溶液表面负吸附，尽量不升高吉布斯函数。

常见现象	原因及强调因素
小液滴收缩成球形	表面吉布斯能（体积相同球形表面积最小）弯曲液面附加压力（指向球心）
固体表面（对气体）	吸附（减小受力不对称，减小吉布斯函数，均为放热过程）
固体液体界面	润湿、不润湿（默认有个气固界面，铺展产生液固、液气两个界面，消除气固界面）
溶液表面吸附	正负吸附均有可能，表面活性剂亲水、疏水基团产生定向排列与胶束

相对宏观的界面，毛细现象可以说是一个可见的桥梁，在毛细管中凹面液面高于外面水平面，如薄层层析直接用毛细管沾液体，喝牛奶的细吸管可以发现下面吸了少量牛奶。而毛细管中凸

面则低于外界水平面，如水银、液体石蜡不能用毛细管沾上来。不管高于还是低于相应水平面都是附加压力的直接结果，附加压力指向球心，对凹面球心是空气，液体在固体上方向是铺展。对凸面球心是液体，液体收缩不能在固体表面铺展，两者高度统一，日常生活常见的小液滴收缩成球形，附加力直接原因，收缩成球形减小表面积减小吉布斯函数，原因结果高度统一。

（二）新相难以生成仍然是吉布斯函数问题

高分散体系比表面增大，导致出现过饱和蒸气、过热液体、过冷液体、过饱和溶液四种介稳状态。这些介稳状态产生的原因是因为新相从无到有从小到难以生成，即通常所说的“新相难成”。很显然颗粒越小表面能越大，液体高度分散后，表面积增大，表面吉布斯函数增大，产生蒸汽吉布斯函数水涨船高，产生蒸气压增大，高于平时没有界面能产生的饱和蒸气压，形成过饱和和蒸汽，其实相对微小液滴是饱和的，平衡的，如果有凝结中心则该过饱和和蒸汽迅速凝结，从而有人工降雨的科技，前提是天空有过饱和和蒸汽。对于从无到有产生的气泡，由于附加压力大，爆不开，能量不能释放，继续加热能量积累温度升高产生过热液体，实验室回流药品为了避免过热液体产生，加入沸石分子筛，其吸附大量气体，加热下体积变大爆开，产生正常沸腾。同样固体颗粒如果非常小，其表面吉布斯函数增大，产生蒸气压比平时高，在更低的温度与液体达到平衡，形成过冷液体。固体颗粒小吉布斯函数高，其溶解在液体中溶质化学势应该随之增大，最终结果是浓度高于甚至远远高于平时饱和浓度，形成过饱和溶液，可以想象如果粒径不一样溶解度有差异，对小颗粒饱和甚至没有达到饱和，对大颗粒已经过饱和了，溶液中溶质将在大颗粒上结晶，最终小颗粒溶解。大颗粒生成，这就是陈化原理，实践上可用于大晶体生长，大尺寸人工晶体都是通过这一微小的导向产生。

（三）课本知识与寓教于乐

界面现象渗透在日常生活的每个角落，中国古人很在就造出了肥皂，勤劳的民族天气干旱时，农民经常去锄地，通过锄地把毛细管切断，阻止水分上升到地表，保证了土壤的湿度，即保墒的目的，中国古代医药，很多固体要磨得非常细，最终目的是增大溶解度，很早就发现了通过提分散度达到提高药效的目的，通过使用桐油把木头、布等亲水性物质改性成高度疏水，以制备防水材料，文人墨客更是把界面现象写的尽善尽美，大家耳熟能详的可怜九月初三夜，露似真珠月似弓，既能联系相变知识，又能联系表面化学知识，《昭君怨·咏荷上雨》、《爱莲说》花中君子，荷花效应自洁作用，往前走一点就是所学知识^[9]。电影《终结者》中合金机器人中的界面现象，非常有趣，都可以作为题材寓教于乐，在不侵犯版权的前提下，制作视频，可以让学生在轻松地刷屏中就可以把课程知识的引子学好，增强学习兴趣。

（四）科技与日常生活联系很紧密

荷叶的超疏水带来“雨过圆荷万点星，珍珠零落难收拾”的日常美景；花中君子出淤泥而不染，濯清涟而不妖源于超疏水自洁作用。超疏水仿生材料是优良的防水材料，用于冰箱容器可以除霜，用于电路板可以防潮湿引起短路，用于船舶表面可以减小

行驶过程的阻力；用于安瓿瓶和针剂管能提高药物利用率并减少环境污染从而带来科技革新。在物质表面改性中表面活性剂是常用物质，普通的棉布因纤维中有醇羟基团而呈亲水性，所以很易被水沾湿，若采用季胺盐类活性剂与含氟表面活性剂混合处理后，憎水基朝向空气，棉布表面从润湿变为不润湿，继而制成雨衣或防水布。反之，非极性固体表面，因为选择性吸附形成亲水基向外的吸附层则可使疏水表面变为亲水表面。尽管物质疏水、亲水常见，但超疏水、超亲水却不多。研究表明荷叶超疏水因为表面凹凸不平，具有微米级的乳突，乳突上有纳米级的蜡晶物质，实际表面积比肉眼可见大的多，如果液滴铺展开来将会产生非常大的表面吉布斯函数，导致水滴自动收缩，这种微-纳米级的粗糙结构可以大幅度提高水滴在其上的接触角最终使得接触角远远大于 90° ，水滴不能在荷叶表面铺展而极易滚落，并在滚动时会带走表面的污染物或灰尘，超疏水表面产生自清洁效果^[4]。现实中疏水到超疏水，亲水到超亲水都应用了纳米工程增加实际表面积，相关原理可以从吉布斯函数予以说明。

三、联系生活开展界面化学教学的注意事项

（一）建好案例资源库

教师应提前整理生活案例资源，把案例来源、对应知识点、课堂使用位置写清楚，使案例服务于教学内容。案例选择要贴近学生经验，也要能回到界面化学原理，如小液滴成球可对应表面吉布斯函数降低，肥皂去污可对应表面活性剂吸附，锄地保墒可对应毛细效应，荷叶自洁可对应润湿调控。教师在备课时要控制案例数量，让每个案例承担清楚的教学任务。此外，在将案例导入课堂前，教师也要核查表述是否科。

（二）理清概念主线

界面化学内容较多，教学应先建立清楚主线，再安排生活现象。教师可围绕吉布斯函数变化组织内容，让学生用同一思路分

析液滴收缩、固体吸附、润湿现象、溶液表面吸附等内容^[5]。新相生成部分也应接续这条主线，引导学生从表面积增大、表面吉布斯函数升高、介稳状态形成等环节理解过饱和蒸气、过热液体等现象。课堂讲解要减少跳跃式解释，概念出现后要及时回到现象，使学生知道公式服务于判断，现象也能反向说明公式。

（三）设计课堂任务

教师应把生活案例转化为课堂任务，让学生在分析中使用界面化学知识。任务设计要短小清楚，题干可来自日常场景，如雨滴为何容易滚落，细管为何能吸上液体，沸石为何能减少暴沸。学生回答时应说明现象、相关概念、判断依据。教师可安排课堂讨论，也可设置课后简短说明，让学生用自己的语言解释生活现象。

（四）衔接科技应用

教学中应把科技案例安排在基础知识之后，使学生先掌握原理，再理解应用。超疏水材料、防水布、药用容器表面改性、船舶减阻等内容都可放在润湿教学后展开。教师讲科技案例时要控制深度，紧扣接触角、表面能、表面改性等基础内容。课堂还可布置简短资料查阅任务，让学生选择生活中可见的界面现象，说明其科学依据及应用方向。相关成果可用于平时成绩，促使学生把课程学习延伸到真实生活。

四、结束语

界面化学是热力学内容的延伸与应用，利用热力学吉布斯函数变化判断方向，分析变化可能性，是对热力学知识的巩固与升华，界面化学知识渗透在生活每个角落，很多习以为常的现象都有其科学道理，深入研究推陈出新就是当今科技前沿，师法自然解决现实问题必将事半功倍。而在实施过程中，教师也要做好案例资源库建设，围绕概念主线设计课堂任务，并提高学生的迁移应用能力。

参考文献

- [1] 鲁聪颖, 仲非, 袁振宇, 等. 表面活性剂界面化学实验改进: 实验与模拟融合的综合设计 [J]. 大学化学, 2024, 39(03): 283-293.
- [2] 陈蔚燕, 颜世海, 宋祖伟, 等. 界面与胶体化学课程教学探索与实践 [J]. 化工高等教育, 2023, 40(02): 108-113.
- [3] 陈钰, 梁红莲, 李忠, 等. 基于新时代环境法治理念的物理化学教学探讨 [J]. 广州化工, 2021, 49(21): 144-145.
- [4] 王刚, 谭华, 谭梦秋. 基于目标问题导向的“胶体与界面化学”教学改革与实践 [J]. 科技风, 2022(29): 101-103.
- [5] 白瑞英. 《界面物理化学》课程教学改革的实践与探索 [J]. 当代教育实践与教学研究, 2023(7): 92-94.