

立德树人教育目标下融合化学史的教学设计 ——以“解密阿司匹林”为例

王富龙

(上海师范大学附属中学 上海 200124)

摘要:化学史融入课堂教学是提升学生科学素养和人文素养的有效途径。以“解密阿司匹林”为例,通过将化学史融入教学设计,创设情境,激发学生学习的兴趣,感悟科学家的探索精神和科学方法,从而全方位促进学生核心素养发展,落实立德树人根本任务。

关键词:立德树人;化学史;阿司匹林;学科核心素养

文章编号:1002-2201(2025)04-0032-05

中图分类号:G632.4

文献标识码:B

普通高中化学课程是落实立德树人根本任务、提升学生核心素养的重要载体。我国著名化学家傅鹰曾说:“化学给人以知识,化学史给人以智慧。”《普通高中化学课程标准(2017年版)》课程内容情境素材建议板块多处提到运用化学史进行教学。笔者通过解读阿司匹林发现史中蕴含的化学知识并将其融入课堂教学,为落实立德树人根本任务进行探索与实践。

本单元教学任务分为3个课时。第1课时:解密阿司匹林的“身世”,通过阿司匹林的发现历程,使学生掌握有机物合成的一般方法。第2课时:实验室合成阿司匹林,通过分析实验操作过程中的具体问题,归纳总结出有机合成及提纯的基本流程。第3课时:探秘阿司匹林的有效成分,通过官能团的检测与阿司匹林有效成分含量的测定,学会科学探究的方法。上述单元任务的教学设计包含实验探究、证据推理、应用创新等,指向化学学科核心素养的实现,目的在于引导学生在问题解决过程中充分体会化学学科的社会价值,强化立德树人的育人目标,培养学生的家国情怀和责任担当。

一、阿司匹林的发现历程

1. 从水杨酸到阿司匹林

创设情境:早在公元前1550年,古埃及的文献上就记载了用白柳的叶子缓解伤痛。中国人很早就发现了柳树的药用价值。据《神农本草经》记载:柳之根、皮、枝、叶均可入药,有祛痰明目、清热解毒、利尿防风之效,外敷可治牙痛。1829年,法国人第一次从柳树皮里分离提取出了可以治病的活性物质“柳

苷”——水杨酸()。

植物体内的水杨酸含量并不是很高,从自然界中提取水杨酸费时费力,且不利于环保。1859年,德国化学家科尔贝第一次由苯酚人工合成了水杨酸。

设计意图:从天然提取到人工合成渗透学科育人价值,培养学生科学态度与社会责任核心素养。

科尔贝合成水杨酸的路线如图1所示。

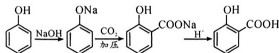
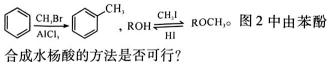


图1 科尔贝合成水杨酸的路线(方案1)

[教师]科尔贝合成水杨酸为什么选择苯酚为原料?

[学生]两者都有苯酚的结构,只需要引入羧基就可以。

[教师]从原料到目标产物需要考虑碳骨架构建、官能团引入和转化等。已知

 图2中由苯酚合成水杨酸的方法是否可行?

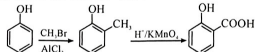


图2 合成水杨酸的方案

学生思考后认为不可行,酚羟基能被酸性高锰酸钾溶液氧化。

[教师]在有机合成中除需要考虑碳骨架构建、官能团引入和转化外,还需要考虑官能团的保护。

[学生]以苯酚为原料,设计合成水杨酸的路线(见图3)。

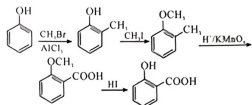


图3 合成水杨酸的路线(方案2)

[教师]评价上述两种合成水杨酸的方案。

[学生]第1种方案:原料常见易得,步骤少产率高;不足之处是条件为加压,成本高。第2种方案:步骤多,过程复杂,成本较高且使用有机溶剂氯代烃有污染。

[教师]有机合成尽可能步骤少,副反应少,反应产率高;原料、溶剂和催化剂尽可能价廉易得、低毒;反应条件温和,操作简便,产物易于分离提纯;污染排放少,在有机合成时,要贯彻“绿色化学”理念等。

设计意图:学会有机合成的基本思路,知道从哪些方面对方案进行评价。

由于水杨酸口感苦涩且对胃刺激性较强,不适合口服。1897年,化学家霍夫曼将水杨酸的羟基乙酰化合成了乙酰水杨酸。1899年,乙酰水杨酸以阿司匹林为药名进行注册。至今,阿司匹林已被应用超过百年,成为医药史上最经典的药物之一^[1]。

1971年,英国科学家约翰·范恩研究发表阿司匹林的镇痛和退热机理,发现阿司匹林能预防血小板的凝结,可以减轻血栓带来的危险。这一成果使其获得了1982年诺贝尔生理学或医学奖。但长期使用阿司匹林会造成不良反应,可引起胃炎、消化道出血等。这主要是阿司匹林中羧基的酸性对肠胃刺激的结果。于是科学家引入含有羟基的物质与阿司匹林中的羧基发生取代反应,合成了贝诺酯。

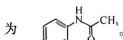
2. 贝诺酯

1965年,科学家基于乙酰水杨酸和对乙酰氨基酚制备贝诺酯。贝诺酯既有较强的镇痛作用,又具有抗炎作用。由于分子中没有游离的羧基,因此对胃肠道的刺激性下降,副作用较小,适合老人和孩子服药。

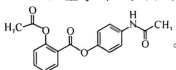
[教师]阿司匹林(乙酰水杨酸)结构简式为



对乙酰氨基酚结构简式



[学生]书写贝诺酯的结构简式:

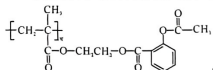


设计意图:理解贝诺酯的合成原理,旨在让学生能根据已知羧基和羟基的性质进行官能团的转化,实现药物性能的改变,体验化学对社会的贡献与价值。

3. 阿司匹林的长效缓释

科学家对阿司匹林作用机理的不断认识,促使人们不断改进阿司匹林的生产工艺,研制出适合人类服用且副作用小的产品。1982年,德国拜耳公司以高分子为载体,将阿司匹林与聚甲基丙烯酸羟乙酯反应,得到缓释阿司匹林,长效缓释阿司匹林能缓慢水解,解决了阿司匹林代谢快、药效不够持久的问题,减少了每天吃药的次数。

[教师]阿司匹林缓释片结构式为



[学生]找出合成阿司匹林缓释片的原料(见图4)。

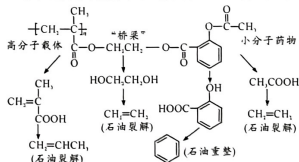
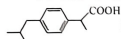


图4 逆合成分析法分析合成阿司匹林缓释片的原料

设计意图:让学生体验逆合成分析法,从目标产物的结构入手,通过切断化学键等方式逆推可能的中间体,继而再进行分析,直至推得合适的起始原料,发展学生证据推理与模型认知核心素养。

4. 超级阿司匹林——布洛芬的合成

[学生]布洛芬(对异丁基苯异丙酸)



的合成方法如图5.6所示,试对

这两种方案进行评价。

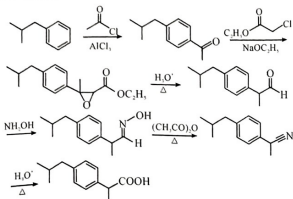


图5 Boots法合成布洛芬的路线

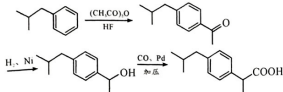


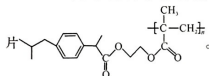
图6 BHC法合成布洛芬的路线

[学生] Boots法:步骤多产率低。BHC法步骤少,产率高;多步加成原子利用高;不足之处是加压条件对设备要求、高成本低。

设计意图:让学生懂得科技进步与创新不是一蹴而就的,是几代人不懈努力的结果,有助于培养学生持之以恒、艰苦奋斗的人生态度和批判创新精神。

5. 缓释布洛芬

1991年,中国科学家合成了缓释布洛芬



[学生]找出缓释布洛芬片的单体,写出其合成路线(见图7)。

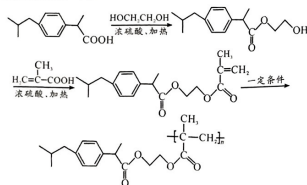


图7 合成缓释布洛芬的路线

设计意图:通过展现中国科学家药物合成方面的巨大贡献,唤起学生的民族自豪感,培养学生的责任

担当意识。

科学家对阿司匹林研究的脚步从未停止,赖氨酸阿司匹林、布洛芬吡甲酯、精氨酸布洛芬都是对阿司匹林或布洛芬进行局部的改造和修饰,以完善其性能。从水杨酸的提取到乙酰水杨酸的人工合成,再到阿司匹林以及布洛芬药物结构的修饰,是化学家认识物质、合成物质、改造物质的科学研究,凸显化学学科的社会价值。

二、阿司匹林的实验室合成

水杨酸(邻羟基苯甲酸)是一种具有酚羟基和羧基双官能团的化合物。乙酰水杨酸是用水杨酸与乙酸酐进行酯化反应制备的。

1. 反应原理

[学生]书写合成阿司匹林的反应路线(见图8)。

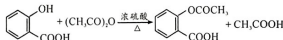


图8 合成阿司匹林的路线

[教师]浓硫酸的作用是什么?

[学生]催化剂。

学科知识:水杨酸中的羧基、羟基能形成分子内氢键,阻碍酚羟基酯化。在没有催化剂存在时,水杨酸与乙酸酐直接作用须加热至150~160℃才能生成乙酰水杨酸,而温度过高,会导致副产物较多。如果加入浓硫酸可以破坏水杨酸分子内氢键,那么酯化作用可在较低温度下(85~90℃)进行。

[教师]实验时能否先加水杨酸和浓硫酸,再加醋酸酐?

[学生]不能,因为水杨酸具有还原性,易被浓硫酸氧化产生副产物。

阿司匹林合成过程中可能发生多个副反应,写出其中的缩聚反应(见图9)。

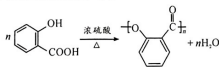


图9 合成阿司匹林过程中的缩聚反应

[教师]得到的粗产品中有哪些成分?

[学生]乙酰水杨酸、水杨酸、乙酸酐、乙酸、少量聚合物等。

[教师]阿司匹林合成后得到的粗品需要进一步提纯。表1为合成阿司匹林时相关物质的物理性质。

表1 合成阿司匹林时相关物质的物理性质

名称	性状	熔、沸点/℃	溶解性	
			水	醇
水杨酸	白色针状晶体	熔点 158	微溶	易溶
乙酸酐	无色透明液体	沸点 139	与水反应生成乙酸	易溶
乙酰水杨酸	白色晶体	熔点 135~136	微溶	易溶
水杨酸聚合物	白色晶体	—	难溶	微溶

[教师]乙酰水杨酸微溶于水,水杨酸聚合物难溶于水,两者如何分离?

知识迁移:常温下苯酚微溶于水,苯酚钠溶于水。

[学生]加入饱和碳酸氢钠溶液,将微溶于水的乙酰水杨酸转化为可溶性的钠盐,进入水层,而水杨酸聚合物不溶于碳酸氢钠溶液,从而与水杨酸钠盐分离。

[教师]水杨酸微溶于水,如何检验产品中是否仍含有水杨酸?

知识迁移:苯酚遇氯化铁溶液显紫色。同样,水杨酸可与氯化铁形成深紫色配合物,而阿司匹林没有酚羟基,不能与氯化铁发生显色反应。

[学生]取少量乙酰水杨酸晶体,加入少量水和乙醇(为增加水杨酸和乙酰水杨酸在水中的溶解度)溶解,再滴加几滴氯化铁溶液,观察颜色,若溶液显深紫色则含有水杨酸,反之则无。

[教师]若产品中仍含有水杨酸,该如何进一步提纯?

[学生]重结晶。

2. 实验方案选择依据

[学生]探究合成乙酰水杨酸的实验方案,建构有机物合成方案设计的模型(见图10)。

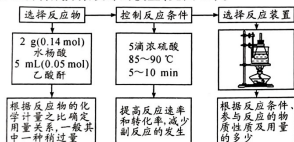


图10 合成乙酰水杨酸的实验方案

3. 实验操作

乙酰水杨酸的合成^[2]:向150 mL干燥的锥形瓶中加入2 g水杨酸、5 mL乙酸酐和5滴浓硫酸,振荡

待其溶解后置于85~90℃水浴中加热5~10 min取出,冷却至室温,有乙酰水杨酸晶体析出。

得到粗产品^[2]:减压抽滤,用滤液淋洗锥形瓶,确保粘在内壁上的所有晶体都被收集到布氏漏斗中。抽滤时用冷水洗涤晶体几次,再抽滤。最后将粗产品转移至蒸发皿上,在空气中风干。

乙酰水杨酸的提纯^[2]:将粗产品置于烧杯中,搅拌并加入25 mL饱和碳酸氢钠溶液,继续搅拌2~3 min至完全没有气体产生。过滤,少量水杨酸聚合物留在沉淀中,用蒸馏水洗涤沉淀,合并滤液,不断搅拌,再加入15 mL 4 mol·L⁻¹盐酸,将烧杯置于冰水中冷却,有晶体析出,抽滤后用冰水洗涤1~2次,再抽干水分,将晶体移至表面皿干燥。

设计意图:通过上述单元任务的学习,培养学生知识迁移运用的能力,培养学生有机合成方案设计的一般思路,懂得有机合成的一般方法,培养学生证据推理与模型认知核心素养。通过合成具有特定性质的有机物,以满足人类的特殊需要,培养学生科学态度与社会责任核心素养。

三、探秘阿司匹林的有效成分

1. 阿司匹林药片中有效成分的检测

阿司匹林药片中一般都添加一定量的辅料,如硬脂酸镁、淀粉等不溶物。实验前需将阿司匹林药片研碎,溶于适量水,配成浊液,静置后取清液。

[学生]设计实验检验阿司匹林中的官能团,写出实验方案以及对应的实验现象和结论(见表2)。

表2 实验方案及对应的实验现象和结论

序号	实验操作	实验现象	实验结论
1	取1号试管加入2 mL阿司匹林溶液,滴入2~3滴紫色石蕊溶液	溶液变红色	有羧基
2	取2号试管加入2 mL阿司匹林溶液,滴入3~4滴饱和FeCl ₃ 溶液,振荡	溶液不变色	无酚羟基
3	取3号试管加入2 mL阿司匹林溶液,再加入2 mL 1 mol·L ⁻¹ NaOH溶液,热水浴加热30 s,再加入2 mL 2 mol·L ⁻¹ 盐酸,滴入3~4滴饱和FeCl ₃ 溶液,振荡	溶液变深紫色	水解后有酚羟基,说明有酯基

设计意图:通过上述单元任务的学习,培养学生

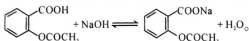


能根据官能团的性质设计实验,根据宏观现象分析微观原因,培养学生宏观辨识与微观探析核心素养。

2. 阿司匹林药片中有效成分的含量测定

(1) 直接滴定法。

测定原理:乙酰水杨酸分子结构中含有羧基,在溶液中可电离出 H^+ ($K_a = 3.2 \times 10^{-4}$),故可用酚酞作指示剂,用碱标准溶液直接滴定,其滴定反应为



操作步骤:称取 1 片药片,加适量中性乙醇,溶解后,加酚酞指示液 3 滴,在不超过 10°C 的情况下,用一定浓度标准氢氧化钠溶液滴定,滴定至溶液显粉红色,记录消耗氢氧化钠溶液的体积。

数据处理: $w\% = \frac{c \times V \times 10^{-3} \times M}{m_s} \times 100\%$, 其中, $w\%$ 为乙酰水杨酸的百分含量; c 为已知氢氧化钠的浓度(单位: $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$); V 为消耗氢氧化钠溶液的体积(单位: mL); m_s 为药片样品的质量(单位: g); M 为乙酰水杨酸的摩尔质量(单位: $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)。

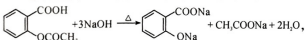
【思考】为了防止乙酰水杨酸分子中的酯基水解而使测定结果偏高,应采取什么措施?

【学生】滴定在中性乙醇溶液中进行,滴定时应保持温度在 10°C 以下,并在振荡下快速滴定。

(2) 返滴定法。

返滴定法是取一定量的样品先加入已知量且过量的氢氧化钠标准溶液,使乙酰水杨酸充分水解,再用盐酸标准溶液滴定过量的氢氧化钠进行测定的一种方法。

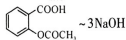
【学生】书写返滴定法测定涉及的方程式:



【学生】设计具体实验操作步骤:称取阿司匹林样品 $m_s \text{ g}$ 放在锥形瓶中,加入 $V_1 \text{ mL}$ $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氢氧化钠溶液(过量),加热一段时间使其所含乙酰水杨酸完全水解,除去辅料等不溶物,将所得溶液移入锥形瓶;向锥形瓶中滴加 2 滴酚酞,用浓度为 $b \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的标准盐酸返滴未反应的氢氧化钠溶液,至溶液由红色恰好变为无色且 30 s 后不恢复原来颜色即为滴定终点,记录消耗盐酸的体积为 $V_2 \text{ mL}$ 。

【学生】写出计算乙酰水杨酸百分含量($w\%$)的过程。

$$n(\text{HCl})_{\text{消耗}} = n(\text{NaOH})_{\text{过量}}$$



$$180 \text{ g} \quad 3 \text{ mol}$$

$$w\% = \frac{[(aV_1 \times 10^{-3} - bV_2 \times 10^{-3})/3] \times 180}{m_s} \times 100\% = \frac{6(aV_1 - bV_2)}{m_s}\%$$

设计意图:通过多种实验方案的比较、定量实验的具体操作,培养学生科学探究精神、创新意识和严谨求实的科学精神。

四、化学史融入教学的思考

立德树人注重实践教育,通过实践活动提升自身的认知和行为。收集化学史料,构建一个或多个教学情境,激发学生的好奇心和探究欲。在每个情境中设计相关的学习活动,以促进学生的参与和理解。沿循化学史料提出问题、进行假设和实验验证,培养学生的科学探究能力和创新思维。

立德树人强调培养能够担当民族复兴大任的时代新人,教育不仅要传授知识,更要注重学生创新精神和实践能力的培养。化学史融入教学中,为学生提供一个真实有教育意义的学习情境,鼓励学生通过实验探究活动,亲身体验科学探索的过程,学会运用观察、假设、实验、分析等科学方法,培养学生解决问题的能力,发展核心素养。

立德树人的内涵体现了中国特色社会主义教育的价值追求,旨在通过教育培养出有良好道德品质又具备专业能力的社会主义建设者和接班人。通过把化学史、学科知识、道德教育融为一体进行教学设计,感悟科学发展的本质,领悟科学态度、科学方法及科学精神,培养学生的责任感,落实立德树人根本任务。

综上,通过将化学史融入教学设计,让学生感悟科学家不断钻研探索的精神,让学生意识到科技创新对人类健康和社会发展的贡献,进一步培养学生的社会责任感和使命感。

参考文献

- [1] 徐建中,马海云.化学简史[M].北京:科学出版社,2020:198-199.
- [2] 兰州大学化学系有机化学教研室,复旦大学化学系有机化学教研室.有机化学实验[M].2版.北京:高等教育出版社,1994:164-165.

(本文编辑:阳木)