



综合化学实验

主 编 王 碧 刘义武

副主编 刘 凯 阮尚全 廖立敏



科学出版社

综合化学实验

主 编 王 碧 刘义武

副主编 刘 凯 阮尚全 廖立敏



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以资源循环利用为重点,以提高学生实验技能、应用能力和创新意识为宗旨,共选编 15 个综合性实验、20 个废弃物资源化实验和 8 个设计性实验。综合性实验由多个学科实验或多项实验技术构成,内容涵盖化学专业的各项基础性实验操作;废弃物资源化实验包括工业废弃物资源化、农业和生活废弃物资源化,以适应地方经济发展的需要;设计性实验旨在培养学生运用所学知识分析和解决问题的能力。

本书可供高等学校化学类各专业和资源循环科学与工程专业的高年级本科生或研究生使用,也可供相关领域的研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

综合化学实验 / 王碧, 刘义武主编. —北京: 科学出版社, 2017.3
ISBN 978-7-03-051751-7

I. ①综… II. ①王… ②刘… III. ①化学实验-高等学校-教材
IV. ①O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 027060 号

责任编辑: 丁 里 / 责任校对: 张小霞
责任印制: 张 伟 / 封面设计: 迷底书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京九州迅驰传媒文化有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 3 月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2017 年 3 月第一次印刷 印张: 11

字数: 241 000

定价: 39.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《综合化学实验》编写委员会

主 编 王 碧 刘义武

副主编 刘 凯 阮尚全 廖立敏

编 委 (按姓名汉语拼音排序)

崔秋兵 黄文恒 兰子平 雷光东 李道华

李建凤 廖立敏 刘 凯 刘 勇 刘义武

邱 艳 阮尚全 沈王庆 孙绪兵 王 碧

翟好英 周文俊

前 言

随着化石资源的日益枯竭,绿色经济、循环经济已成为各国经济发展的必然选择。在这种背景下,固体废弃物资源化方面的研究已受到各国政府和研究机构的高度重视,我国已将资源循环与再生利用作为国家的战略新兴产业发展。另外,随着新反应、新技术的不断涌现以及现代分析测试手段在化学化工、材料、资源再利用等领域的广泛应用,社会对化学化工类专业人才的培养目标提出了新的要求。为适应社会发展的需要,多数高校对化学学科实验课程体系进行了改革,在一级学科的层面上对原有实验项目进行重组、优化、设计与创新,建立了基础化学实验、理化检测和有机合成实验、综合性实验等多层次实验教学体系。与此同时,国内近几年相继出版了一些综合化学实验教材,其编者为北京大学、浙江大学等“985”高校教师。这些教材主要依托编者所在高校的教学特点和科研成果,选择的实验项目和实验内容极少涉及废弃资源再生利用这一重要的国家战略新兴产业领域。针对上述情况,我们在内江师范学院教师原有的关于废弃物资源化科研成果转化的实验讲义的基础上,经过近5年的教学改革实践,并参阅了相关书籍,编写了本书。

本书以固体废弃物再生利用为重点,以提高学生的实验技能及综合应用所学知识制备新产品、分析及解决实际问题的能力,培养创新意识为宗旨,共选编了43个实验。具体由三部分组成,第一部分为综合性实验,有15个,内容涵盖物质的制备及物理常数的测定,功能材料的制备与结构表征及应用,电化学综合测试等实验;第二部分为废弃物资源化实验,有20个,其中工业废弃物提取金属、制备化工产品、新材料的实验有6个,农业和生活废弃物制备多糖、果胶、精油、蛋白质、新材料、肥皂和化肥等产品的实验有14个;第三部分为设计性实验,包括废弃物资源化利用、废弃物中物质含量的分析测定、废弃物的应用性能测试、有机物的绿色合成、功能材料的制备与表征等8个实验。

参与本书编写工作的教师共17位,他们的名字已在每个实验项目中注明,这里不再罗列。在此向各位教师的辛勤工作表示衷心的感谢,同时也感谢支持本书编写工作的王福海老师和由耀辉老师,并对科学出版社的丁里编辑、李欣老师表示真诚的谢意。最后要感谢四川省教育厅本科教学工程项目“再生资源科学与技术专业综合改革”对本项目的支持,感谢内江师范学院“本科教学工程”项目对

本书出版的资助。

本书虽经反复斟酌和修改，但疏漏和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

王 碧

2016 年 12 月

目 录

第一部分 综合性实验

实验 1-1	三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备及组成测定	3
实验 1-2	铁(Ⅲ)-钛铁试剂配合物的制备及稳定常数的测定	6
实验 1-3	无水乙醇的制备和摩尔气化焓及沸点的测定	9
实验 1-4	乙酸酯的制备及乙酸酯皂化反应速率常数的测定	14
实验 1-5	<i>N</i> -(5-邻菲咯啉基)戊二酸单酰胺的合成	19
实验 1-6	四氢键自组装双分子束的合成	23
实验 1-7	一种吡啶啉蓝色发光材料的合成	29
实验 1-8	电化学测试综合实验	33
实验 1-9	废胶片中银的综合分析	40
实验 1-10	铁交联果胶凝胶球的制备及其对磷酸根的吸附性能	43
实验 1-11	以胶原为模板制备铜掺杂纳米二氧化钛及光催化活性	46
实验 1-12	果胶负载钯的制备及应用	49
实验 1-13	硫氧化镧铽(铈)荧光粉的合成和发光性能测试	51
实验 1-14	乳液原位聚合法制备聚苯胺/氧化镓复合物	56
实验 1-15	$\text{La}(\text{Oxin})_3$ 纳米晶体的固相化学合成与表征	59

第二部分 废弃物资源化实验

实验 2-1	废弃线路板中金属元素的提取	65
实验 2-2	利用粉煤灰制备硫酸铝	72
实验 2-3	废旧报纸脱墨	75
实验 2-4	废旧锌锰电池的回收	78
实验 2-5	废旧聚苯乙烯合成胶黏剂	81
实验 2-6	废旧 PS 塑料/ SiO_2 熔融共混改性纳米复合材料的研究	85
实验 2-7	绿叶中色素的提取和分离	89
实验 2-8	纤维素酶法提取荸荠多糖	92
实验 2-9	荸荠多糖钙的制备	96

实验 2-10	柑橘类果皮渣粗多糖制备及抗氧化活性测试	98
实验 2-11	制革皮边角余料提取水解胶原蛋白	101
实验 2-12	酶法提取柑橘皮渣中的黄酮类化合物及测定	106
实验 2-13	柠檬皮挥发油的提取及 GC-MS 分析	110
实验 2-14	柑橘皮渣果胶的提取及纯度测定和果冻的制备	113
实验 2-15	生物质基可食性膜材料的制备及结构与性能	120
实验 2-16	柠檬渣硫酸活化法制取水处理剂	124
实验 2-17	稻壳粉的热解特性和热重分析与示差量热分析	126
实验 2-18	利用果皮等废弃物生产有机复合肥	129
实验 2-19	地沟油制备肥皂	133
实验 2-20	海带中碘的提取及分析	142

第三部分 设计性实验

实验 3-1	炼钢布袋灰中锌的回收	147
实验 3-2	工程塑料镀锌	150
实验 3-3	二次电池充放电性能测试	153
实验 3-4	鸡蛋壳中钙含量的测定	156
实验 3-5	己二酸的绿色合成	158
实验 3-6	原子吸收光谱法测定生物样品中矿物质元素含量	160
实验 3-7	粉煤灰中重金属含量的测定	162
实验 3-8	介孔分子筛的制备与表征	164

第一部分 综合性实验

综合性实验是学生在学习和掌握化学实验的基本知识、基本方法和基本操作技能的基础上,为了培养和提高其综合实验能力及应用技能所开设的一类专业实践课。它由化学、应用化学、材料制备、资源循环利用等多学科的理论知识、实验方法、实验技能构成,在化学化工类专业、资源循环科学与工程专业、材料类专业的高素质人才培养中具有无可替代的重要作用。

实验要求:学生应提前预习实验教材及相关参考资料,熟悉和掌握实验所涉及的综合知识与技能。按教材要求自主进行实验操作,观察实验现象,解决实验中出现的问题,分析和处理实验数据,得出实验结果。在书写实验报告时,除了一般实验报告的内容外,应重点突出对实验现象、问题和结果的分析,总结自己的收获、体会并给出建议。

实验 1-1 三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备及组成测定

一、实验目的

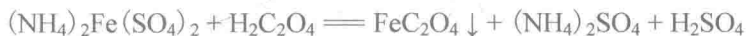
- (1) 了解三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备方法。
- (2) 掌握测定化合物化学式的基本原理。
- (3) 巩固减压抽滤等基本操作。
- (4) 掌握三草酸合铁(Ⅲ)酸钾组成测定的方法。

二、实验背景和原理

1. 三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备

三草酸合铁(Ⅲ)酸钾为亮绿色单斜晶体, 易溶于水而难溶于乙醇、丙酮等有机溶剂。受热时, 在 110 °C 下可失去结晶水, 到 230 °C 即分解。该配合物为光敏物质, 光照下易分解。

利用 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 和 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 反应制取 FeC_2O_4 :



在过量 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 存在下, 用 H_2O_2 氧化 FeC_2O_4 即可制得产物:



也可加入适量的 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 将反应中产生的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 转化为产物:



2. 三草酸合铁(Ⅲ)酸钾组成分析

1) 用重量分析法测定结晶水含量

将一定量 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$ 产物在 110 °C 下干燥, 根据失重情况可计算出结晶水的含量。

2) 用高锰酸钾法测定草酸根含量



用已知浓度的 KMnO_4 标准溶液滴定 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, 由所消耗的 KMnO_4 的量计算出 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 的含量。

3) 用高锰酸钾法测定铁含量



由消耗的 KMnO_4 的量计算出 Fe^{3+} 的含量。

4) 确定钾含量

钾含量由配合物总量减去结晶水、 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 和 Fe^{3+} 的含量得到。

三、仪器与试剂

1. 仪器

真空泵；布氏漏斗等。

2. 试剂

$6.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液；饱和 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液；饱和 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液；质量分数为 5% 的 H_2O_2 溶液；质量分数为 95% 和 50% 的乙醇溶液； $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 固体；丙酮； $3.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液； $0.020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KMnO_4 标准溶液；Zn 粉； $0.20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液。

四、实验方法

1. 三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备

将 5 g $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 固体溶于 20 mL 水中，加入 5 滴 $6.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液酸化，加热使其溶解。在不断搅拌下加入 25 mL 饱和 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液，然后将其加热至沸腾，静置。待黄色的 FeC_2O_4 完全沉降后，倾去上层清液，再用倾析法洗涤沉淀 2~3 次，每次用水约 15 mL。

在上述沉淀中加入 10 mL 饱和 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液，在水浴上加热至 40°C ，用滴管缓慢滴入 12 mL 质量分数为 5% 的 H_2O_2 溶液，边加边搅并维持温度在 40°C 左右，此时溶液中有棕色的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀产生。加完 H_2O_2 溶液后将溶液加热至沸腾，分两批共加入 8 mL 饱和 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液（先加入 5 mL，然后慢慢滴加 3 mL），这时体系应变成亮绿色透明溶液（体积控制在 30 mL 左右；如果体系浑浊可趁热过滤）。在所得溶液中加入 10 mL 质量分数为 95% 的乙醇，这时溶液如果浑浊，微热使其变清。放置暗处，让其冷却结晶。抽滤，用质量分数为 50% 的乙醇溶液洗涤晶体，再用少量的丙酮淋洗晶体两次，抽干，在空气中干燥。称量，计算产率。产物应避光保存。

2. 组成测定

1) 结晶水含量的测定

称量所制备的三草酸合铁(Ⅲ)酸钾晶体质量 m_1 ，将其在 110°C 下烘干 1 h 使

其结晶水全部失去后,再称量其质量 m_2 , 即得结晶水质量 $m = m_1 - m_2$ 。

2) 草酸根含量的测定

准确称取所制得的三草酸合铁(Ⅲ)酸钾 1.0000 g, 加入 25 mL $3.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液酸化且溶解后, 转移至 250 mL 容量瓶中, 稀释至刻度。移取 25 mL 试液于锥形瓶中(同时加入 20 mL $3.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液), 在 $70 \sim 80^\circ\text{C}$ 水浴中加热 5 min, 趁热用 $0.020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KMnO_4 标准溶液滴定至溶液呈浅红色, 且 30 s 不褪色即为终点。平行测定三次。

3) 三价铁离子含量的测定

往上述滴定后的每一份溶液中加入 1.0 g Zn 粉、5.0 mL $3.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液振荡, 加热至沸腾, 过滤除去过量的 Zn 粉得滤液。用 $0.020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液洗涤锥形瓶和沉淀, 然后用 KMnO_4 标准溶液滴定至溶液呈浅红色, 即为终点。

4) 钾离子含量的测定

由上述测得的 H_2O 、 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 、 Fe^{3+} 的含量计算得到。

五、结果与讨论

三草酸合铁(Ⅲ)酸钾晶体主要由结晶水、草酸根、三价铁离子和钾离子组成, 通过重量分析法可测得结晶水含量, 用氧化还原滴定法可分别测得草酸根和三价铁离子含量, 钾离子含量则由前三者含量计算得出。

六、思考题

(1) 合成过程中, 滴完 H_2O_2 溶液后为什么还要煮沸溶液?

(2) 合成产物的最后一步, 加入质量分数为 95% 的乙醇, 其作用是什么? 能否用蒸干溶液的方法来取得产物? 为什么?

(3) 产物为什么要经过多次洗涤? 洗涤不充分对其组成测定会产生怎样的影响?

(4) 测定三价铁离子含量时, 为什么用硫酸洗涤锥形瓶和沉淀而不用水洗涤?

参 考 文 献

- 华中师范大学, 东北师范大学, 陕西师范大学, 等. 2001. 分析化学实验[M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社: 75-76.
- 南京大学. 2006. 无机及分析化学实验[M]. 北京: 高等教育出版社: 173-175.

(编写: 翟好英; 审定: 王福海)

实验 1-2 铁(Ⅲ)-钛铁试剂配合物的制备及稳定常数的测定

一、实验目的

- (1)掌握铁(Ⅲ)-钛铁试剂配合物的制备原理。
- (2)掌握用分光光度法测定配合物稳定常数的基本原理和方法。
- (3)通过实验,掌握测量原理和分光光度计的使用方法。

二、实验背景和原理

在 pH 4.5~4.7 的缓冲溶液中, Fe(Ⅲ)与钛铁试剂 Tiron 在配位键的作用下形成蓝紫色配合物, 其反应式为



达到平衡时, 该配合物的稳定常数为

$$K_{\text{稳}} = \frac{[\text{Fe(Tiron)}_n]}{[\text{Fe(Ⅲ)}][\text{Tiron}]^n}$$

式中: $[\text{Fe(Tiron)}_n]$ 、 $[\text{Fe(Ⅲ)}]$ 及 $[\text{Tiron}]$ 分别为配位平衡时配合物、金属离子及配体的浓度。

若以 a_1 、 b_1 分别表示 Fe(Ⅲ)、Tiron 的起始浓度, X 表示平衡时配合物的浓度, 则上式可写为

$$K_{\text{稳}} = \frac{X}{(a_1 - X)(b_1 - nX)^n}$$

配制浓度相同的 Fe(Ⅲ)溶液及钛铁试剂溶液, 在保持总浓度不变的条件下, 制备一系列二者摩尔分数比值递变的溶液(a 组)。当溶液中两组分的成分比值相当于配合物组成时, 溶液中配合物浓度最大, 溶液颜色最深, 故测定此系列溶液的吸光度 A 。作吸光度 A 与摩尔分数 x 的曲线图。

若将 Fe(Ⅲ)溶液及钛铁试剂溶液分别稀释一倍后, 再配制等物质的量系列溶液(b 组), 按上述步骤分别测定其吸光度 ΔA , 在同一图上绘制 b 组的 ΔA 与摩尔分数 x 的曲线图, 即在同一张图上可得到两条曲线。选取等吸光度的两点, 两曲线对应的 Fe(Ⅲ)及钛铁试剂的起始浓度分别为 a_1 、 b_1 和 a_2 、 b_2 。

由于吸光度相等表示两种溶液中配合物浓度相等, 故

$$K_{\text{稳}} = \frac{X}{(a_1 - X)(b_1 - nX)^n} = \frac{X}{(a_2 - X)(b_2 - nX)^n}$$

将 a_1 、 b_1 、 a_2 、 b_2 和 n 代入上式, 即可求出 X , 进而求出配合物的稳定常数 $K_{\text{稳}}$ 。

三、仪器与试剂

1. 仪器

722 型分光光度计; pH 计。

2. 试剂

$0.020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铁铵溶液; $0.30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 钛铁试剂溶液(现用现配); pH 4.6 的 HAc-NaAc 缓冲溶液。

四、实验方法

1. 铁(Ⅲ)-钛铁试剂配合物的制备

分别移取 7.0 mL 硫酸铁铵溶液、10.0 mL 钛铁试剂溶液和 10.0 mL pH 4.6 的 HAc-NaAc 缓冲溶液于 100 mL 烧杯中, 水浴加热, 充分搅拌至反应完全后, 冷却至室温, 过滤, 烘干, 称量。

2. 铁(Ⅲ)-钛铁试剂配合物的稳定常数的测定

(1) 将 $0.020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铁铵溶液和 $0.30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 钛铁试剂溶液均稀释为 $5.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。然后将 $5.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铁铵溶液及 $5.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 钛铁试剂溶液按表 1-1 配成等物质的量系列溶液, 生成配合物并显色。通过 pH 计调节各溶液的 pH 约为 4.6。

表 1-1 配合物生成反应溶液系列的配制

溶液编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Fe(Ⅲ)溶液/mL	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
钛铁试剂/mL	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0
缓冲溶液/mL	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
加水后总体积/mL	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
吸光度 A											

(2) 将上述 $5.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铁铵溶液及 $5.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 钛铁试剂溶液各稀释一倍后, 按表 1-1 配制第二组等物质的量系列溶液, 并抽查其 pH。

(3) 选择实验用的最佳波长, 在所配溶液中选择一份颜色最深的溶液, 用 722 型分光光度计在 480~700 nm, 每隔 20 nm 测一次吸光度, 作吸收曲线, 以吸光度最大的波长作为测量波长。

(4)在选定的波长下,以水为参比溶液,测定两组溶液的吸光度。

五、结果与讨论

(1)作两组溶液的 A - x 图。对 A 进行校正,求出校正后的配合物的吸光度 ΔA 。

(2)作两组溶液的 ΔA - x 图。

(3)从图形上找出吸光度值相同的两组溶液各自对应的溶液组成,求出 a_1 、 b_1 、 a_2 、 b_2 , 计算平衡浓度 X 。

(4)求配合物的稳定常数。

(5)欲得到较好的结果须选择适宜的波长,其方法是通过测定不同波长时该配合物溶液的吸光度,作吸光度与波长的关系曲线,以吸光度最大的波长作为测量波长。

六、思考题

(1)本实验是以吸光度的大小来表示配合物的浓度,因此配合物浓度与吸光度的关系应遵从什么定律?为什么?

(2)实验中是否必须同时测定两组等物质的量系列溶液,方可求 $K_{\text{稳}}$? 怎样设法简化?

(3)为什么要控制溶液的 pH?

(4)应用 722 型分光光度计应注意哪些问题?

参 考 文 献

复旦大学. 2002. 物理化学实验[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社.

郭崇武. 2002. 钛铁试剂光度法测定碱性镀锌溶液中的铁杂质[J]. 电镀与精饰, 24(1): 29-30.

温欣荣. 2008. 钛铁试剂分光光度法测定土壤中铁[J]. 嘉应学院学报, 自然科学, 26(6): 57-59.

(编写: 翟好英; 审定: 王福海)

实验 1-3 无水乙醇的制备和摩尔气化焓及沸点的测定

一、实验目的

- (1) 了解氧化钙制备无水乙醇的原理和方法。
- (2) 熟练掌握回流、蒸馏装置的安装和使用方法。
- (3) 掌握纯液体饱和蒸气压与温度的关系。
- (4) 掌握用图解法求纯液体的平均摩尔气化焓和正常沸点。

二、实验背景和原理

1. 无水乙醇的合成

市售的无水乙醇一般只能达到 99.5% 的纯度，在许多反应中需要用纯度更高的绝对乙醇，因此通常需要自制。普通工业用的乙醇是 95.5% 乙醇和 4.5% 水的恒沸混合物，其沸点为 78.15 °C，用蒸馏的方法不能将乙醇中的水进一步除去。要制得无水乙醇，实验室中常用的制备方法是生石灰法，即利用生石灰与工业酒精中的水反应生成不挥发、一般加热不分解的熟石灰(氢氧化钙)，以得到无水乙醇。



这样得到的无水乙醇纯度高于 99.5%，纯度更高的绝对乙醇可用金属镁或金属钠处理得到。

2. 无水乙醇饱和蒸气压与温度的关系

在真空封闭容器中，一定温度下，液体很快和它的蒸气建立动态平衡，即蒸气分子向液面凝结和液体分子从表面逃逸的速率相等，此时液面上的蒸气压力就是液体在此温度下的饱和蒸气压。液体在外压为 101.325 kPa 时的沸腾温度称为正常沸点。液体的蒸气压与温度有关，温度升高时，液体分子平均动能增大，动能较大的分子数增加，容易挣脱束缚逃逸到气相中。温度降低时，分子平均动能降低，动能较小的分子增加，容易凝聚回液相。当两者的速率相等时达到平衡状态，此时的蒸气压称为该温度下的饱和蒸气压。定量描述纯液体饱和蒸气压与温度关系的是克劳修斯-克拉贝龙方程：

$$\frac{\mathrm{d}\ln(p/p_0)}{\mathrm{d}T} = \frac{\Delta_{\text{vap}}H_{\text{m}}}{RT^2} \quad (1-1)$$

式中： $\Delta_{\text{vap}}H_{\text{m}}$ 为摩尔气化焓 ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$)； R 为摩尔气体常量 ($8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)；