1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体的低温热容研究

周彩滨^{1*}, 战德松¹, 杨家振^{2*}

1. 中国医科大学附属口腔医院, 沈阳 110002

2. 辽宁大学化学学院, 沈阳 110036

*通讯作者, E-mail: rainbow_wret@163.com; jzyanglnu@sina.com

收稿日期: 2018-10-14; 接受日期: 2018-12-13; 网络版发表日期: 2019-02-26

国家自然科学基金(编号: 21673107)和辽宁省百千万人才项目(2017)资助项目

摘要 本文合成了1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体, 并通过核磁共振氢谱(¹H NMR)和差示扫描量热仪(DSC)对其进行了表征, 确定合成了目标产物. 热重分析(TGA)测试结果显示1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体的初始分解温度约为473.15 K, 说明该离子液体具有较好的热稳定性. 以低温绝热量热仪测试了该离子液体在80~400 K温区下的低温热容, 将实验热容值拟合处理, 得到了1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体固液相区的热容多项式方程, 并通过热容多项式计算了该离子液体在298.15~400 K的焓值、熵值以及吉布斯自由能.

关键词 热容, 热力学函数, 离子液体, 绝热量热, 丙氨酸

1 引言

离子液体具有极低的蒸汽压、高热容和良好的化学稳定性^[1~6], 目前在材料领域有着非常广泛的应用. 在生物材料方面, 离子液体作为反应介质、核心组分等方向是目前生物材料研究的热点. 我们曾以丙氨酸离子液体作为制备生物相容型齿科填充树脂的助剂, 对于该类树脂进行了一定的研究, 但研究中发现, 涉及树脂中有效成分的稳定性判据缺失严重, 特别是有关化学材料及添加剂的基础物理化学性质参数, 文献中报道很少.

而我国齿科新型材料的研究刚刚开始, 还没有完备的数据库, 更没有形成市场化产品. 为了满足广大

消费者的需求, 研制出性能优良、物美价廉的齿科填充树脂来代替进口产品具有重大的意义, 这就对于材料的基本属性的研究提出了更高要求.

对于各种类型的材料^[7]来说, 热容是其最重要的物理性质参数之一, 而目前获取物质热容数据最直接、最准确的实验方法就是绝热量热学, 通过所测得的实验热容数据可以计算出物质的焓值、熵值以及吉布斯自由能等基础热力学数据.

本文使用80~400 K温区精密自动低温绝热量热仪, 首先测量了国际量热学会推荐的标准物质 α -Al₂O₃ (SRM 720), 结果显示此低温绝热量热仪的精密度为 $\pm 0.19\%$, 准确度为 $\pm 0.17\%$. 然后在80~400 K温区测定了1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体([C₂mim]Ala)

引用格式: Zhou C, Zhan D, Yang J. Low-temperature heat capacity of 1-ethyl-3-methyl imidazolium alanine ionic liquid. *Sci Sin Chim*, 2019, 49: 1007–1013, doi: 10.1360/N032018-00224

的热容, 得到了1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体固液相区的热容多项式方程并计算了其他热力学函数, 为该类离子液体作为生物相容性材料提供了进一步的数据支撑, 同时, 丰富了离子液体物性参数数据库, 为工业生产提供了指导和有益借鉴。

2 实验部分

2.1 实验药品

实验所需药品列于表1。

2.2 1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体的制备

根据文献方法^[8,9], 将*N*-甲基咪唑和溴乙烷按照摩尔比为1:1.2的比例进行反应。首先用油浴锅将蒸馏提纯的*N*-甲基咪唑加热到30~35℃, 然后用恒压漏斗缓慢滴加溴乙烷。待溴乙烷全部滴加完, 将温度升高到60~65℃, 搅拌回流48 h。反应完成以后自然冷却至室温, 将样品重结晶, 得到白色产物^[10,11]。再用体积比为2:1的乙酸乙酯和乙腈溶解该白色产物, 在65℃下回流2 h, 重结晶两次。然后旋转蒸发除去有机溶剂, 真空干燥48 h除去水分, 得到无色[C₂mim]Br离子液体中间体, 置于保干器中保存^[12,13]。

将稀释好的[C₂mim]Br水溶液倒入用NaOH溶液浸泡过的离子交换柱^[14,15]中, 使其与离子交换树脂充分反应。然后将初液去除, 用pH试纸不断检测, 直到流出液显碱性, 开始接取流出液。同时, 用AgNO₃-HNO₃溶液对流出液不断检测, 直到流出液中出现溴离子, 停止接取流出液。在实验过程中, 为了防止流出液被氧化, 接取的流出液要用保鲜膜进行密封保存^[16,17]。

根据文献方法^[18~22], 利用已知浓度的盐酸对[C₂mim][OH]溶液进行滴定, 以获得其准确浓度。按照1:1.3的摩尔比将[C₂mim][OH]溶液逐滴加入到已经配好的丙氨酸溶液中, 磁力搅拌48 h。取出样品放入旋转蒸发仪中除去多余的水分。向旋蒸得到的溶液中加入体积比为9:1的无水甲醇和乙腈, 剧烈搅拌12 h使过量的氨基酸析出。经过过滤以后, 旋蒸除去甲醇/乙腈, 得到的[C₂mim]Ala在55℃下真空干燥2 d。重复上述步骤3次。得到的[C₂mim]Ala离子液体产率约为95%, 并将其密封后放置于盛有P₂O₅的保干器中保存。

2.3 1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体的表征

将合成的丙氨酸离子液体用核磁共振氢谱仪(¹H NMR, 图S1, 网络版补充材料)进行表征, 证实合成产物为目标产物, 然后通过差示扫描量热仪(DSC, 图S2)及TGA (图S3)检测丙氨酸离子液体的热稳定性。差示扫描量热仪的测量温度范围为173.15~423.15 K, 升温速率为10 K/min, 通过DSC数据可以看出1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体没有固定的熔点但是有一个明显的玻璃转化温度。TGA的测量温度范围为298.15~773.15 K, 测试是在氮气气氛下进行的, 升温速率为10℃/min。通过TGA图可以看出1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体开始失重的温度约发生在473.15 K, 到573.15 K时基本已经完全失重, 说明该离子液体具有良好的热稳定性。以离子色谱测定离子液体中残留的卤素离子, 其含量小于50 ppm。综上, 1-甲基-3-乙基咪唑丙氨酸盐离子液体[C₂mim]Ala纯度大于99%。

表 1 实验药品、纯度和来源

Table 1 The purities and sources of the reagents

名称	纯度	来源
<i>N</i> -甲基咪唑	化学纯	浙江双港化工厂
溴乙烷	分析纯	国药化学试剂有限责任公司
乙酸乙酯	分析纯	国药化学试剂有限责任公司
乙腈	分析纯	国药化学试剂有限责任公司
无水甲醇	分析纯	国药化学试剂有限责任公司
硝酸银	分析纯	国药化学试剂有限责任公司
丙氨酸	分析纯	国药化学试剂有限责任公司
硝酸	分析纯	国药化学试剂有限责任公司

2.4 1-甲基-3-乙基咪唑丙氨酸盐离子液体的热容测量

首先, 对低温绝热量热计的标称进行标定. 实验所用样品 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 从美国标准和技术研究院(National Institute of Standards and Technology, NIST)购买, 专门用来标定和检测量热计的标准参考样品. 将样品高温处理后, 用梅特勒天平称量 7.50325 g (物质的量为 0.073589 mol). 将样品加入样品池并用有机导热硅胶将样品池密封, 待胶体自然固化后, 通过样品池上的铜毛细管将样品池抽真空, 然后向其中充入定量的氦气, 密封毛细管, 并检查样品池的密封性. 在样品池底部插入铂温度计, 然后将其装入内绝热屏中, 内绝热屏再悬挂于外绝热屏, 保证样品池、内绝热屏和外绝热屏之间除热电偶导线连接外无任何接触. 将组装好的量热系统放入真空室内, 抽真空至真空度达到 $10^{-2}\sim 10^{-3}\text{ mbar}$ 后, 打开热容测试程序, 常温下进行预测试. 采用液氮将装置温度降至 78 K , 再次抽真空, 开始测量. 所得结果列于表S1 (网络版补充材料), 绘于图S4. 从测试曲线图中可知, 在 $80\sim 400\text{ K}$ 测试温区内, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 的实验摩尔热容随温度的升高而增大, 实验摩尔热容曲线随温度升高连续平滑递增, 无热异常现象发生.

在温区内, 参考物质 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 的摩尔热容值与国际量热学会公认的美国标准和技术研究院(NIST)的推荐值比较, 相对偏差均在 $\pm 0.6\%$ 以内, 且计算该量热仪的准确度为 $\pm 0.17\%$, 证明了本台仪器的准确性和专业性, 并且符合测试标准.

然后, 利用梅特勒天平称取质量为 0.04222 g 的 1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体, 将离子液体放入样品池进行密封、固化. 再将已经密封好且固化的样品池抽真空, 并向样品池中充入压力为 4 kPa 的氦气, 此氦气作为一种传热介质, 使样品池受热更加均匀. 按照程序对量热装置进行组装, 并将量热装置与热容采集系统进行连接. 连接好后将真空室抽真空到 $10^{-2}\sim 10^{-3}\text{ mbar}$. 然后充入一定量的氦气, 最后将量热系统浸没在液氮中直到温度下降到 78 K , 然后再将真空室抽真空到 $10^{-2}\sim 10^{-3}\text{ mbar}$, 此时开始进行测试. 在整个实验过程中, 测试温度区间为 $80\sim 400\text{ K}$, 在固液相时每升温 3 K 出一个测试点, 当出峰时 $0.2\sim 0.4\text{ K}$ 出一个测试点, 从而增加实验的准确性^[23]. 按照测试操作过程, 我们测试了 1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体的热容, 所得结果列于表2, 绘于图1.

3 结果与讨论

3.1 1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体的热容

图1展示了 1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体在 $80\sim 400\text{ K}$ 的实验热容曲线. 从图中可以看出在温度区间 $80\sim 234\text{ K}$ 和 $251\sim 400\text{ K}$, 热容随温度的升高连续稳定地增加, 这说明该离子液体在这两个温区内的热化学性质相对稳定. 而在 $234\sim 251\text{ K}$ 温区内出现了一个明显热异常现象, 这是由于试样的固液相变引起的, 该异常现象在 239.587 K 达到最大值.

将实验热容值拟合处理得到固液相的热容多项式方程:

对于固相($80\sim 234\text{ K}$)

$$\text{令 } x = [(T/\text{K}) - 157]/77$$

其中, x 为折合温度, T 为实验温度.

$$C_{p,m} (\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}) = 577.2 + 257.69x - 94.2x^2 + 18.12x^3 - 81.84x^4 + 60.07x^5 + 84.9x^6$$

多项式拟合相关系数 $R^2 = 0.99955$.

对于液相($251\sim 400\text{ K}$)

$$\text{令 } x = [(T/\text{K}) - 325.5]/74.5$$

$$C_{p,m} (\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}) = 1052.52 + 106.4x + 11.67x^2 - 0.866x^3 + 149.19x^4 + 3.05x^5 - 107.46x^6$$

多项式拟合相关系数 $R^2 = 0.9979$.

图1 1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体的热容实验测试曲线

Figure 1 The experimental molar heat capacities of 1-ethyl-3-methylimidazolium alanine ionic liquid.

表 2 1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体热容的实验测试结果^{a)}Table 2 The experimental molar heat capacities of 1-ethyl-3-methyl imidazolium alanine ionic liquid^{a)}

T (K)	$C_{p,m}$ ($J K^{-1} mol^{-1}$)	T (K)	$C_{p,m}$ ($J K^{-1} mol^{-1}$)	T (K)	$C_{p,m}$ ($J K^{-1} mol^{-1}$)
80.477	152.790	194.482	677.929	285.544	1011.403
83.275	176.564	197.520	685.471	288.556	1012.298
86.428	201.215	200.544	692.965	291.573	1013.147
88.217	223.415	203.554	701.402	294.597	1014.466
90.761	238.027	206.548	710.405	297.621	1016.870
93.644	256.032	209.533	718.983	300.642	1018.661
96.445	269.654	212.560	725.063	303.663	1020.735
99.265	295.059	215.635	732.369	306.677	1023.893
102.096	313.017	218.718	738.826	309.681	1027.098
104.898	329.279	220.956	745.284	312.675	1028.842
107.645	357.889	222.358	753.626	315.661	1033.838
110.341	377.450	223.766	761.545	318.644	1041.898
112.996	395.125	225.112	768.144	321.696	1047.460
115.608	404.080	226.423	773.767	324.813	1054.389
118.184	413.601	227.747	781.718	327.928	1059.479
120.726	432.926	229.046	788.977	331.036	1061.648
124.203	450.696	230.347	796.471	334.143	1068.529
127.854	465.779	231.673	804.343	337.249	1074.657
130.759	475.206	233.034	813.440	340.351	1077.532
133.652	483.737	234.385	1791.330	343.452	1082.764
136.558	494.059	235.720	2155.346	346.552	1086.911
139.473	505.560	237.047	2680.655	349.652	1089.739
142.398	521.727	238.340	3257.388	352.749	1093.180
145.340	532.426	239.587	3634.790	355.845	1097.375
148.289	546.142	241.139	2447.860	358.941	1102.560
151.254	562.356	243.284	1669.300	362.035	1110.950
154.193	568.390	245.794	1273.232	365.129	1120.471
157.151	577.062	248.874	1156.246	368.223	1127.588
160.127	588.987	251.884	1002.824	371.316	1140.597
163.074	601.996	254.966	999.478	374.428	1148.469
166.044	612.036	258.045	1000.797	377.540	1158.838
169.030	617.079	261.120	1002.966	380.655	1165.578
172.000	625.328	264.191	1004.238	383.767	1177.032
174.954	632.492	267.257	1005.087	386.885	1187.166
177.931	640.222	270.316	1006.171	390.011	1196.828
180.930	649.366	273.368	1007.161	393.141	1198.996
184.739	655.305	276.418	1008.103	396.277	1208.140
188.531	662.658	279.464	1009.187	399.421	1215.870
191.486	670.388	282.519	1009.942		

a) 标准不确定度(0.68置信水平): $u(T)=0.001$ K, $u(p)=\pm 0.001$ MPa. 拓展不确定度(0.95置信水平): $U_c(C_{p,m})\pm 0.005$

3.2 1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体的热力学函数

根据热容和热力学函数关系:

$$H_T - H_{298.15} = \int_{298.15}^T C_p dT$$

$$S_T - S_{298.15} = \int_{298.15}^T (C_p / T) dT$$

$$G_T - G_{298.15} = \int_{298.15}^T C_p dT - T \int_{298.15}^T (C_p / T) dT$$

计算得到该离子液体相对于298.15 K的热力学函数, 即在298.15~400 K每隔5 K的热力学函数值, 结果列于表3.

表 3 1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体的相对于298.15 K的热力学函数

Table 3 The calculated values of thermodynamic functions for 1-ethyl-3-methyl imidazolium alanine at 298.15 K

T (K)	$C_{p,m}$ ($\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$)	$H_T - H_{298.15}$ (kJ mol^{-1})	$S_T - S_{298.15}$ ($\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$)	$-(G_T - G_{298.15})$ (kJ mol^{-1})
298.15	1017.2			
300	1018.3	2.125	6.935	-0.045
305	1022.0	7.898	25.563	-0.102
310	1027.3	13.731	44.083	-0.065
315	1032.3	19.637	62.539	0.063
320	1044.5	25.623	80.957	0.283
325	1054.8	31.691	99.346	0.596
330	1060.7	37.842	117.705	1.000
335	1070.6	44.074	136.031	1.497
340	1077.1	50.385	154.321	2.085
345	1085.1	56.775	172.575	2.764
350	1090.1	63.246	190.798	3.534
355	1096.2	69.802	209.005	4.395
360	1105.0	76.450	227.215	5.348
365	1120.2	83.198	245.451	6.391
370	1135.1	90.059	263.742	7.526
375	1150.2	97.041	282.115	8.752
380	1164.0	104.155	300.594	10.071
385	1181.2	111.406	319.191	11.482
390	1196.8	118.795	337.903	12.987
395	1203.7	126.312	356.701	14.585
400	1215.8	133.933	375.525	16.277

4 结论

本文合成了1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体, 并通过 ^1H NMR和DSC对其进行了表征, 确定合成了目标产物且纯度大于99%. 通过TGA测试, 1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体在200~220℃时开始失重, 到300℃时完全失重, 说明该离子液体具有良好的热稳定性. 使用低温绝热量热仪测量了该离子液体在80~400 K温度区间下的低温热容, 其固液相转变温度和标准摩尔热容分别是236.788 K和1017.2 $\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$. 将实验热容值拟合处理, 得到了1-乙基-3-甲基咪唑丙氨酸盐离子液体固液相区的热容多项式方程. 并通过热容多项式计算了该离子液体在298.15~400 K的焓值、熵值以及吉布斯自由能.

补充材料

本文的补充材料见网络版<http://chemcn.scichina.com>. 补充材料为作者提供的原始数据, 作者对其学术质量和内容负责.

参考文献

- 1 Saikrishnan V, Jagadeesh PS, Jayasuriya KR. *Appl Mech Mater*, 2015, 766-767: 451-456
- 2 Su P, Wu W, Gao X, Dai S, Zhao W, Meng Z. *J Nanjing Normal Univ (Eng Technol Ed)*, 2016, 1: 53-60 (in Chinese) [苏鹏飞, 吴薇, 高旭娜, 戴苏洲, 赵文杰, 孟志军. 南京师范大学学报(工程技术版), 2016, 1: 53-60]
- 3 Öztürk HH. *Energy Convers Manage*, 2005, 46: 1523-1542
- 4 Paul TC, Morshed AKMM, Fox EB, Visser AE, Bridges NJ, Khan JA. *Exp Therm Fluid Sci*, 2014, 59: 88-95
- 5 Valkenburg MEV, Vaughn RL, Williams M, Wilkes JS. *Thermochim Acta*, 2005, 425: 181-188
- 6 Bai L, Zhu J, Chen B. *Fluid Phase Equilib*, 2011, 312: 7-13
- 7 Sharma A, Tyagi VV, Chen CR, Buddhi D. *Renew Sustain Energy Rev*, 2009, 13: 318-345
- 8 Zhang Q. Synthesis and study on the physico-chemical properties of the acetic acid and alanine series of ionic liquids. *Dissertation for the Master Degree*. Liaoning: Liaoning University, 2014 (in Chinese) [张秋波. 醋酸离子液体和丙氨酸离子液体的合成及物理化学性质的测定. 硕士学位论文. 辽宁: 辽宁大学, 2014]
- 9 Zhuo K, Ren H, Wei Y, Chen Y, Ma J. *J Chem Eng Data*, 2014, 59: 640-648
- 10 Li N, Du W, Huang Z, Zhao W, Wang S. *Chin J Catal*, 2013, 34: 769-780 (in Chinese) [李娜, 杜伟燕, 黄卓楠, 赵炜, 王寿江. 烷基咪唑离子液体对脂肪酶催化酯水解反应活性的影响. 催化学报, 2013, 34: 769-780]
- 11 Wang Z, Xi J, Kong L, Zuo Y. *J Mol Catal (China)*, 2016, 30: 354-362 (in Chinese) [王志成, 习海玲, 孔令策, 左言君. 分子催化, 2016, 30: 354-362]
- 12 Zhang S. Study on the thermodynamic properties of the interaction between ionic liquids and molecular solvents. *Dissertation for the Master Degree*. Xinxiang: Henan Normal University, 2006 (in Chinese) [张社利. 离子液体与分子溶剂相互作用的热力学研究. 硕士学位论文. 新乡: 河南师范大学, 2006]
- 13 Zhan C, Xi W, Wang H, Wang Y, Ruan H. *Appl Chem Ind*, 2016, 45: 1736-1738 (in Chinese) [詹长娟, 徐伟, 王华, 王翼, 阮浩强. 应用化工, 2016, 45: 1736-1738]
- 14 Guo YG, Huang BH, Shi N, Ma XZ, Huo YP, Zhou JH, Zhang K. *Appl Mech Mater*, 2013, 291-294: 379-382
- 15 Nishimura N, Ohno H. *6 DNA Ionic Liquid. Materials Science of DNA*. Boca Raton: CRC Press, 2011. 163-178
- 16 Wei J. Study on enthalpy of vaporization, polarity and molar surface gibbs free energy for ionic liquids. *Dissertation for the Doctoral Degree*. Liaoning: Liaoning University, 2006 (in Chinese) [魏杰. 离子液体汽化焓、极性和摩尔表面Gibbs自由能研究. 博士学位论文. 辽宁: 辽宁大学, 2016]
- 17 Gu ZG, Wang BX, Pang CY, Zhou W, Li Z. *Acta Chim Sin*, 2012, 70: 2501-2506 (in Chinese) [顾志国, 王宝祥, 庞春燕, 周文, 李在均. 化学学报, 2012, 70: 2501-2506]
- 18 Wei J, Chang C, Zhang Y, Hou S, Fang D, Guan W. *J Chem Thermodyn*, 2015, 90: 310-316
- 19 Fang DW, Guan W, Tong J, Wang ZW, Yang JZ. *J Phys Chem B*, 2008, 112: 7499-7505
- 20 Tong J, Sun YC, Fang DW, Yang J. *Chem J Chin Univ*, 2009, 30: 1210-1213 (in Chinese) [佟静, 孙迎春, 房大维, 杨家振. 高等学校化学学报, 2009, 30: 1210-1213]
- 21 Ben Ghanem O, Mutalib MIA, Lévêque JM, Gonfa G, Kait CF, El-Harbawi M. *J Chem Eng Data*, 2015, 60: 1756-1763
- 22 Xue WF. Environment-friendly material: study on the thermodynamic properties of amino acid ionic liquids. *Dissertation for the Master's Degree*. Liaoning: Liaoning University, 2009 [薛伟锋. 环境友好材料: 氨基酸离子液体的热力学性质研究. 硕士学位论文. 辽宁: 辽宁大学, 2009]
- 23 Shi Q. Study on the precise automatical adiabatic calorimetry in the temperature range from 80K-400K. *Dissertation for the Doctoral Degree*. Beijing: Graduate University of Chinese Academy of Sciences, 2008 [史全. 80-400 K温区精密自动绝热量热研究. 博士学位论文. 北京: 中国科学院研究生院, 2008]

Low-temperature heat capacity of 1-ethyl-3-methyl imidazolium alanine ionic liquid

Caibin Zhou^{1*}, Desong Zhan¹, Jiazhen Yang^{2*}

¹ School of Stomatology, China Medical University, Shenyang 110002, China

² College of Chemistry, Liaoning University, Shenyang 110036, China

*Corresponding authors (email: rainbow_wret@163.com; jzyanglnu@sina.com)

Abstract: The 1-ethyl-3-methyl imidazolium alanine ionic liquid was synthesized and characterized by nuclear magnetic resonance (¹H NMR) and differential scanning calorimetry (DSC). The TGA results showed the initial decomposition temperature of 1-ethyl-3-methyl imidazolium alanine ionic liquid was about 473.15 K, which indicated that the ionic liquid has relatively good thermal stability. The low-temperature heat capacity data of 1-ethyl-3-methyl imidazolium alanine ionic liquid were tested by a low-temperature adiabatic calorimeter at the temperature range from 80 to 400 K. The solid liquid phase polynomial equations of 1-ethyl-3-methyl imidazolium alanine ionic liquid were obtained by fitting experimental heat capacity data. And the thermodynamic functions of the compound in the experimental temperature range were also calculated.

Keywords: heat capacity, thermodynamic functions, ionic liquids, adiabatic calorimeter, alanine

doi: [10.1360/N032018-00224](https://doi.org/10.1360/N032018-00224)