



REFERENCES

- Antonio, D.L., Pablo, C., and Juan, F.R. (1997). Ion exchange kinetics for the removal of potassium from crude polyols on strong acid resins. Separation Science and Technology, 32(11), 1805-1820.
- Atkins, M.H., and Lowe, J.F. (1979). Case study in pollution control measure in the textile dyeing and finishing industries. Pergamon Press.
- Baity, H.G. (1938). Textile wastes treatment, Am Dyestuff Repr, 27, 544.
- Carr C.M. (1995). Chemistry of the textiles industry. Blackie academic & professional.
- Chen, X., Li, W., Zhong, W., Lu, Y., and Yu, T. (1997). pH sensitive and ion sensitivity of hydrogels based on complex-forming chitosan/silk fibroin interpenetrating polymer network. Journal of Applied Polymer Science, 65, 2257-2262.
- Cha young Kim, Hyung-Min Choi, Hyeon Tae Cho. (1997). Effect of Deacetylation on Sorption of Dyes and Chromium on Chitin. Journal of Applied Polymer Science, 63, 725-736.
- Fleck R.D., Kirwan D.J. and Hall K.R. (1973). Mixed-Resistance diffuseion kinetics in fixed-bed Adsorption under constant pattern conditions. Ind.Eng. Chem., Vol.12, No.1, 95-99.
- Harland C.E. (1994). Ion Exchange Theory and Practice. 2nd ed. The Royal Society of Chemistry, 21-33.
- Huang, R.T., Chen, T.L., and Weng, H.S. (1995). Binary adsorption in a fixed-bed column packed with and ion exchange. Separation Science and Technology, 30(13), 2731-2746.
- Kaurek, R., *et al.* (1989). Processes and Apparatus for Decolorizing and/or Neutralizing Alkaline Wastewater, Especially for Purifying Effluents from the Textile Industry. Eur. Pat. Appl, No.331 783A1
- Manantapong M. (1997). Adsorption kinetics of an Ion Exchange Column. M.S. Thesis, Petroleum and Petrochemical College Chulalongkorn University, Bangkok.

- Maria, I.G., Carlos, A.V., and Alirio, E.R. (1992). Saturation and regeneration of ion exchange with volume change. Industrial and Engineering Chemistry, 31, 2564-2572.
- Marucca, R., Whiteman, J.P. and Suder, B.J. (1982). Interaction of heavy metals with chitin and chitosan. Journal of Applied Polymer Science, 27, 4827-4837.
- Muzzarelli, R.A.A., Weeks, M., Filippino, O. and Sigon, F. (1989). Removal of trace metal ions from industrial waters, nuclear effluents and drinking water. Carbohydrate. Poly., 11, 293-306.
- Shimizu, Y., Kono, K., Kim, I.S., and Takagishi, T. (1995). Effect of added metal ions on the interaction of chitin and partially deacetylated chitin with an azo dye carrying hydroxyl groups. Journal of Applied Polymer Science, 55, 255-261.
- Tresattayawed, A. (1999). Adsorption Kinetics of an Ion Exchange Column. M.S. Thesis, Petroleum and Petrochemical College Chulalongkorn University, Bangkok.
- Worasinchai A. (2000). Adsorption kinetics of an Ion Exchange Column. M.S. Thesis, Petroleum and Petrochemical College Chulalongkorn University, Bangkok.

APPENDIX A

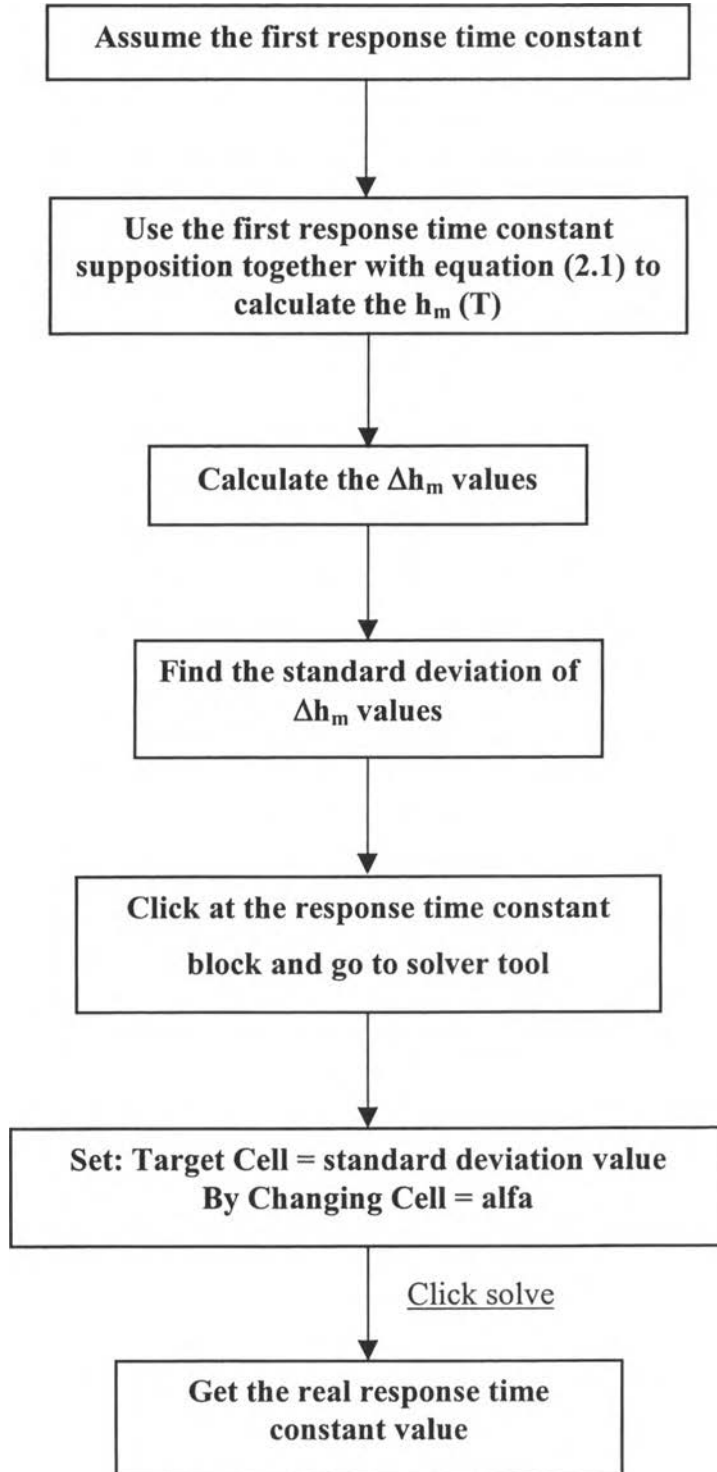


Figure A1 Diagram of response time constant determination

Table A1 The experimental and predicted hydrogen concentration for batch system at a flow rate of 750 rpm

Time is 12:57:51.67.

Date is 8-16-2001. Alpha = 0.02680 sec⁻¹

Time (sec)	Volt	pH	hm	hm (T)	Diff
0	2.5000	5.2957	5.06E-06	0.0000	0.0000
12	2.5049	5.2619	5.47E-06	0.0000	0.0000
24	1.2354	0.8847	1.30E-01	0.0573	0.0572
36	1.2061	0.8002	0.1584	0.0961	0.0343
48	1.2256	0.8002	0.1584	0.1224	0.0360
60	1.2061	0.8002	0.1584	0.1403	0.0181
72	1.2061	0.7833	0.1647	0.1524	0.0060
84	1.2158	0.8002	0.1584	0.1607	0.0040
96	1.2109	0.8002	0.1584	0.1663	0.0078
108	1.2256	0.8002	0.1584	0.1700	0.0116
120	1.1914	0.8002	0.1584	0.1726	0.0142
132	1.2109	0.8171	0.1524	0.1744	0.0159
144	1.2012	0.7495	0.1780	0.1755	0.0232
156	1.2012	0.834	0.1466	0.1763	0.0017
168	1.2109	0.7664	0.1712	0.1769	0.0303
180	1.1963	0.8171	0.1524	0.1773	0.0060
192	1.1914	0.7664	0.1712	0.1775	0.0251
204	1.2061	0.8002	0.1584	0.1777	0.0064
216	1.2012	0.8002	0.1584	0.1778	0.0194
228	1.1914	0.8002	0.1584	0.1779	0.0195
240	1.1963	0.7664	0.1712	0.1779	0.0195
252	1.2012	0.8002	0.1584	0.1780	0.0067
264	1.1963	0.8171	0.1524	0.1780	0.0196
276	1.1963	0.7833	0.1647	0.1780	0.0256

288	1.1865	0.8171	0.1524	0.1780	0.0133
300	1.1914	0.8171	0.1524	0.1780	0.0256
312	1.1963	0.7833	0.1647	0.1780	0.0257
324	1.1963	0.8002	0.1584	0.1780	0.0133
336	1.1914	0.8002	0.1584	0.1780	0.0196
348	1.2061	0.8171	0.1524	0.1780	0.0196
360	1.1865	0.8171	0.1524	0.1780	0.0257
372	1.1914	0.8002	0.1584	0.1780	0.0257
384	1.2158	0.7833	0.1647	0.1780	0.0196
396	1.2158	0.8002	0.1584	0.1780	0.0133
408	1.2109	0.8002	0.1584	0.1780	0.0196
420	1.2109	0.834	0.1466	0.1780	0.0196
432	1.1816	0.8678	0.1356	0.1780	0.0315
444	1.1914	0.8509	0.1410	0.1780	0.0425
456	1.1914	0.7664	0.1712	0.1780	0.0371
468	1.1963	0.7833	0.1647	0.1780	0.0068
480	1.1963	0.7495	0.1780	0.1780	0.0133
492	1.2061	0.8509	0.1410	0.1780	0.0000
504	1.1963	0.7664	0.1712	0.1780	0.0371
516	1.1963	0.7833	0.1647	0.1780	0.0068
528	1.2061	0.7833	0.1647	0.1780	0.0133
540	1.1865	0.7833	0.1647	0.1780	0.0133
552	1.1963	0.8509	0.1410	0.1780	0.0133
564	1.2012	0.8002	0.1584	0.1780	0.0371
576	1.1963	0.834	0.1466	0.1780	0.0196
588	1.2012	0.7664	0.1712	0.1780	0.0315
600	1.2109	0.7664	0.1712	0.1780	0.0068
612	1.2012	0.7833	0.1647	0.1780	0.0068
624	1.2061	0.7833	0.1647	0.1780	0.0133
636	1.2061	0.8002	0.1584	0.1780	0.0133
648	1.2012	0.8002	0.1584	0.1780	0.0196

660	1.1865	0.7157	0.1924	0.1780	0.0196
672	1.1865	0.7664	0.1712	0.1780	0.0144
684	1.1914	0.8171	0.1524	0.1780	0.0068
696	1.2012	0.8171	0.1524	0.1780	0.0257
708	1.1816	0.8171	0.1524	0.1780	0.0257
720	1.2012	0.8171	0.1524	0.1780	0.0257
732	1.2061	0.7833	0.1647	0.1780	0.0257
744	1.1865	0.7664	0.1712	0.1780	0.0133
756	1.2061	0.8002	0.1584	0.1780	0.0068
768	1.1865	0.8171	0.1524	0.1780	0.0196
780	1.2061	0.7495	0.1780	0.1780	0.0257
792	1.1914	0.8171	0.1524	0.1780	0.0000
804	1.2012	0.7833	0.1647	0.1780	0.0257
816	1.1963	0.7833	0.1647	0.1780	0.0133
828	1.1865	0.834	0.1466	0.1780	0.0133
840	1.1865	0.7833	0.1647	0.1780	0.0315
852	1.2012	0.7664	0.1712	0.1780	0.0133
864	1.2061	0.7157	0.1924	0.1780	0.0068
876	1.2012	0.7326	0.1851	0.1780	0.0144
888	1.1963	0.8002	0.1584	0.1780	0.0071
900	1.1865	0.834	0.1466	0.1780	0.0196
912	1.1963	0.7326	0.1851	0.1780	0.0315
924	1.1914	0.7664	0.1712	0.1780	0.0071
936	1.1914	0.7833	0.1647	0.1780	0.0068
948	1.2012	0.8002	0.1584	0.1780	0.0133
960	1.2012	0.8002	0.1584	0.1780	0.0196
972	1.1914	0.7495	0.1780	0.1780	0.0196
984	1.1914	0.7664	0.1712	0.1780	0.0000
996	1.2012	0.7833	0.1647	0.1780	0.0068
1008	1.1816	0.8002	0.1584	0.1780	0.0133
1020	1.2012	0.8002	0.1584	0.1780	0.0196

1032	1.2109	0.8002	0.1584	0.1780	0.0196
1044	1.1865	0.7833	0.1647	0.1780	0.0196
1056	1.1914	0.8171	0.1524	0.1780	0.0133
1068	1.1865	0.7326	0.1851	0.1780	0.0257
1080	1.2109	0.7326	0.1851	0.1780	0.0071
1092	1.1816	0.7157	0.1924	0.1780	0.0071
1104	1.1963	0.7664	0.1712	0.1780	0.0144
1116	1.1963	0.7157	0.1924	0.1780	0.0068
1128	1.1816	0.8002	0.1584	0.1780	0.0144
1140	1.1914	0.7833	0.1647	0.1780	0.0196
1152	1.1963	0.7833	0.1647	0.1780	0.0133
1164	1.1816	0.8002	0.1584	0.1780	0.0133
1176	1.1963	0.7326	0.1851	0.1780	0.0196
1188	1.1914	0.7833	0.1647	0.1780	0.0071
1200	1.1865	0.834	0.1466	0.1780	0.0133
1212	1.2012	0.7495	0.1780	0.1780	0.0315
1224	1.1816	0.8002	0.1584	0.1780	0.0000
1236	1.2012	0.7833	0.1647	0.1780	0.0196
1248	1.1865	0.8002	0.1584	0.1780	0.0133
1260	1.1768	0.7833	0.1647	0.1780	0.0196
1272	1.2061	0.7833	0.1647	0.1780	0.0133
1284	1.1914	0.7664	0.1712	0.1780	0.0133
1296	1.1865	0.7833	0.1647	0.1780	0.0068
1308	1.1865	0.7664	0.1712	0.1780	0.0133
1320	1.1768	0.7664	0.1712	0.1780	0.0068
1332	1.2012	0.7664	0.1712	0.1780	0.0068
1344	1.1768	0.834	0.1466	0.1780	0.0068
1356	1.1816	0.7326	0.1851	0.1780	0.0315
1368	1.2061	0.8171	0.1524	0.1780	0.0071
1380	1.1865	0.7664	0.1712	0.1780	0.0257
1392	1.2012	0.7157	0.1924	0.1780	0.0068

1404	1.2061	0.7664	0.1712	0.1780	0.0144
1416	1.1963	0.7833	0.1647	0.1780	0.0068
1428	1.1914	0.7495	0.1780	0.1780	0.0133
1440	1.2012	0.7833	0.1647	0.1780	0.0000
1452	1.1963	0.7157	0.1924	0.1780	0.0133
1464	1.1865	0.7495	0.1780	0.1780	0.0144
1476	1.1865	0.7664	0.1712	0.1780	0.0000
1488	1.1914	0.7495	0.1780	0.1780	0.0068
1500	1.2061	0.7664	0.1712	0.1780	0.0000
1512	1.1865	0.8171	0.1524	0.1780	0.0068
1524	1.2012	0.7495	0.1780	0.1780	0.0257
1536	1.1865	0.7664	0.1712	0.1780	0.0000
1548	1.1816	0.8002	0.1584	0.1780	0.0068
1560	1.2012	0.7664	0.1712	0.1780	0.0196
1572	1.1865	0.8171	0.1524	0.1780	0.0068
1584	1.1914	0.7664	0.1712	0.1780	0.0257
1596	1.2012	0.7495	0.1780	0.1780	0.0068
1608	1.2109	0.8171	0.1524	0.1780	0.0000
1620	1.1963	0.7495	0.1780	0.1780	0.0257
1632	1.1963	0.8171	0.1524	0.1780	0.0000
1644	1.1816	0.8171	0.1524	0.1780	0.0257
1656	1.1865	0.7495	0.1780	0.1780	0.0257
1668	1.1865	0.8171	0.1524	0.1780	0.0000
1680	1.1914	0.7833	0.1647	0.1780	0.0257
1692	1.1816	0.7664	0.1712	0.1780	0.0133
1704	1.2012	0.7833	0.1647	0.1780	0.0068
1716	1.2109	0.7157	0.1924	0.1780	0.0133
1728	1.1914	0.8171	0.1524	0.1780	0.0144
1740	1.1963	0.7833	0.1647	0.1780	0.0257
1752	1.1963	0.7833	0.1647	0.1780	0.0133
1764	1.2012	0.7833	0.1647	0.1780	0.0133

1776	1.1816	0.7664	0.1712	0.1780	0.0133
1788	1.1963	0.7833	0.1647	0.1780	0.0068
1800	1.1963	0.7326	0.1851	0.1780	0.0133
1812	1.2061	0.7833	0.1647	0.1780	0.0071
1824	1.2012	0.7833	0.1647	0.1780	0.0133
1836	1.2012	0.7157	0.1924	0.1780	0.0133
1848	1.1816	0.8171	0.1524	0.1780	0.0144
1860	1.1963	0.7326	0.1851	0.1780	0.0257
1872	1.1865	0.7833	0.1647	0.1780	0.0071
1884	1.1914	0.7664	0.1712	0.1780	0.0133
1896	1.1816	0.8171	0.1524	0.1780	0.0068
1908	1.1914	0.7326	0.1851	0.1780	0.0257
1920	1.2061	0.7833	0.1647	0.1780	0.0071
1932	1.1963	0.7495	0.1780	0.1780	0.0133
1944	1.1816	0.7326	0.1851	0.1780	0.0000
1956	1.1963	0.7833	0.1647	0.1780	0.0071
1968	1.2109	0.8002	0.1584	0.1780	0.0133
1980	1.1914	0.7495	0.1780	0.1780	0.0196
1992	1.2012	0.7326	0.1851	0.1780	0.0000
2004	1.1865	0.7495	0.1780	0.1780	0.0071
2016	1.1865	0.7495	0.1780	0.1780	0.0000
2028	1.1768	0.7157	0.1924	0.1780	0.0000
2040	1.1914	0.8171	0.1524	0.1780	0.0144
2052	1.1963	0.7833	0.1647	0.1780	0.0257
2064	1.1865	0.7833	0.1647	0.1780	0.0133
2076	1.1963	0.7157	0.1924	0.1780	0.0133
2088	1.2061	0.7326	0.1851	0.1780	0.0144
2100	1.1914	0.8002	0.1584	0.1780	0.0071
2112	1.2061	0.7833	0.1647	0.1780	0.0196
2124	1.1816	0.8002	0.1584	0.1780	0.0133
2136	1.2012	0.7495	0.1780	0.1780	0.0196

2148	1.2012	0.7326	0.1851	0.1780	0.0000
2160	1.1963	0.7495	0.1780	0.1780	0.0071
2172	1.1963	0.7833	0.1647	0.1780	0.0000
2184	1.1914	0.7326	0.1851	0.1780	0.0133
2196	1.1963	0.8002	0.1584	0.1780	0.0071
2208	1.1914	0.7833	0.1647	0.1780	0.0196
2220	1.1865	0.7495	0.1780	0.1780	0.0133
2232	1.1719	0.8002	0.1584	0.1780	0.0000
2244	1.1719	0.7326	0.1851	0.1780	0.0196
2256	1.1865	0.7495	0.1780	0.1780	0.0071
2268	1.1963	0.7833	0.1647	0.1780	0.0000
2280	1.1963	0.7833	0.1647	0.1780	0.0133
2292	1.1914	0.7157	0.1924	0.1780	0.0133
2304	1.1865	0.8171	0.1524	0.1780	0.0144
2316	1.1914	0.8002	0.1584	0.1780	0.0257
2328	1.1865	0.8002	0.1584	0.1780	0.0196
2340	1.2012	0.7833	0.1647	0.1780	0.0196
2352	1.2061	0.7833	0.1647	0.1780	0.0133
2364	1.1768	0.7326	0.1851	0.1780	0.0133
2376	1.2012	0.834	0.1466	0.1780	0.0071
2388	1.1963	0.7495	0.1780	0.1780	0.0315
2400	1.1914	0.7495	0.1780	0.1780	0.0000
2412	1.2061	0.8002	0.1584	0.1780	0.0000
2424	1.1963	0.8002	0.1584	0.1780	0.0196
2436	1.1963	0.7664	0.1712	0.1780	0.0196
2448	1.1963	0.7495	0.1780	0.1780	0.0068
2460	1.1963	0.8002	0.1584	0.1780	0.0000
2472	1.1914	0.6988	0.2001	0.1780	0.0196
2484	1.1816	0.8002	0.1584	0.1780	0.0220
2496	1.1963	0.7664	0.1712	0.1780	0.0196
2508	1.2109	0.8002	0.1584	0.1780	0.0068

2520	1.1914	0.8171	0.1524	0.1780	0.0196
2532	1.1768	0.6988	0.2001	0.1780	0.0257
2544	1.1963	0.8171	0.1524	0.1780	0.0220
2556	1.1816	0.8002	0.1584	0.1780	0.0257
2568	1.1963	0.7664	0.1712	0.1780	0.0196
2580	1.1865	0.7664	0.1712	0.1780	0.0068
2592	1.1914	0.7664	0.1712	0.1780	0.0068
2604	1.1914	0.8002	0.1584	0.1780	0.0068
2616	1.2012	0.7326	0.1851	0.1780	0.0196
2628	1.1963	0.7495	0.1780	0.1780	0.0071
2640	1.1816	0.7833	0.1647	0.1780	0.0000
2652	1.1768	0.7664	0.1712	0.1780	0.0133
2664	1.2012	0.7326	0.1851	0.1780	0.0068
2676	1.1963	0.7833	0.1647	0.1780	0.0071
2688	1.1865	0.7664	0.1712	0.1780	0.0133
2700	1.1865	0.8002	0.1584	0.1780	0.0068
2712	1.2061	0.7326	0.1851	0.1780	0.0196
2724	1.1865	0.8171	0.1524	0.1780	0.0071
2736	1.2061	0.7495	0.1780	0.1780	0.0257
STDEV =					0.0095

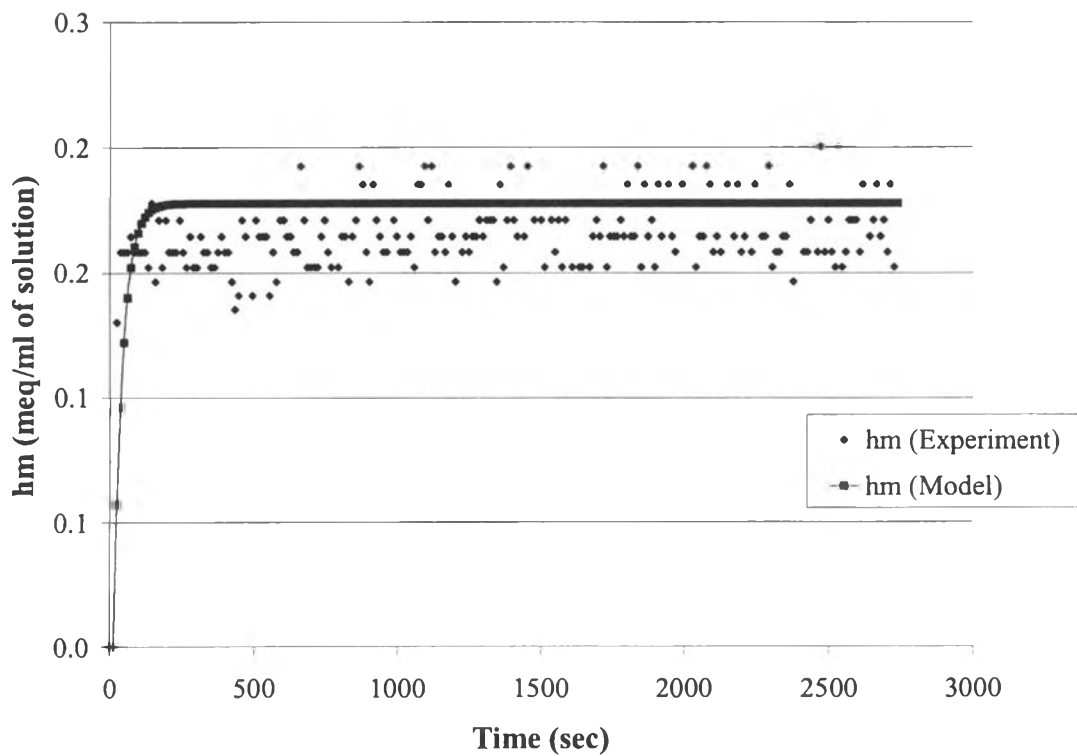


Figure A2 Comparison between the measured and theoretical hydrogen ion concentration versus time in batch operation at a mixing speed of 750 rpm

APPENDIX B

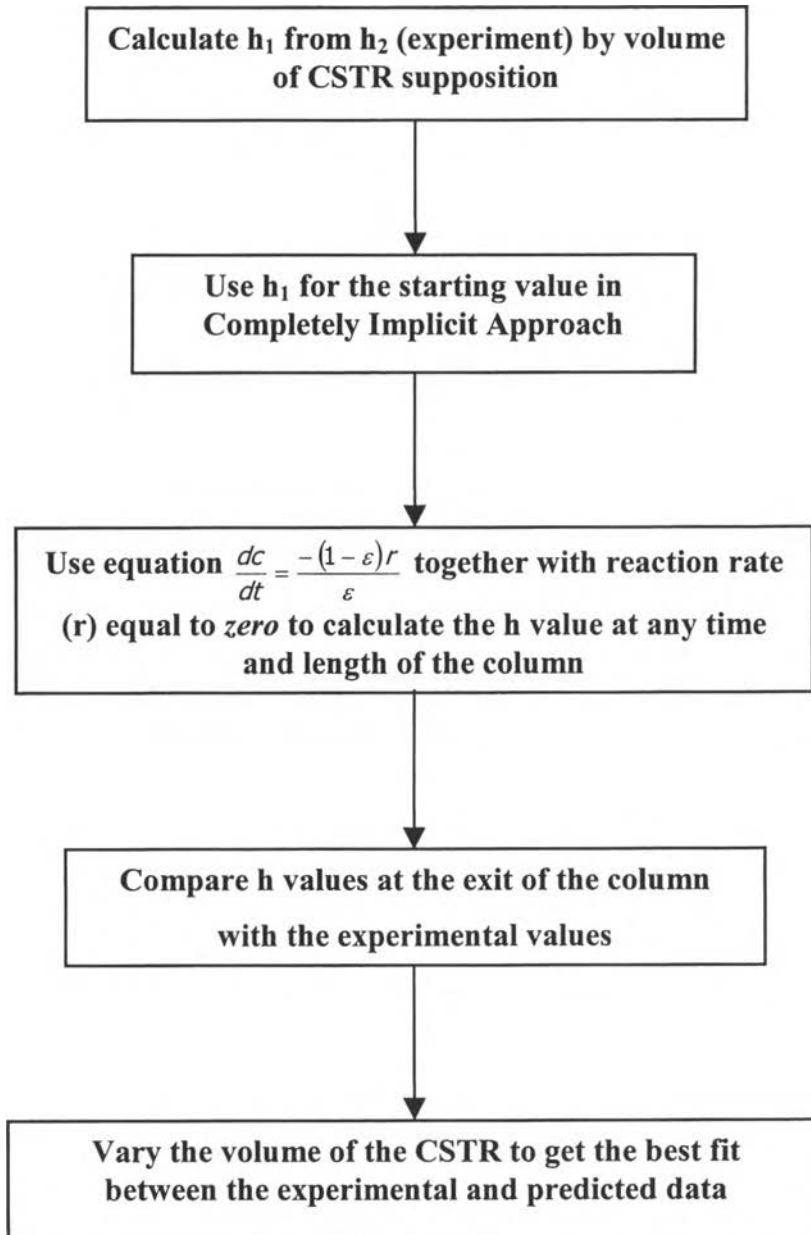


Figure B1 Diagram of volume of CSTR calculation in No-Adsorption Test

Table B1 The experiment and predicted hydrogen concentration of No- Adsorption Test

Volumetric velocity, v , =	0.833	ml/s
Volume of CSTR, V_1 , =	3.5	ml
initial Conc., h_0 , =	0.2	N
dt =	20	s
$\beta = (v \cdot dt / V_1)$	4.76	

Time (sec)	pH	h2 exp	h1	h2 pred
0	5.64	2.2909E-06	0.165278	0
20	5.37	4.2658E-06	0.193972	0
40	5.25	5.6234E-06	0.198953	0
60	3.90	0.00012589	0.199818	0
80	2.20	0.00630957	0.199968	0.179625
100	0.94	0.11481536	0.199995	0.193972
120	0.80	0.15848932	0.199999	0.198953
140	0.72	0.19054607	0.2	0.199818
160	0.70	0.19952623	0.2	0.199968
180	0.70	0.19952623	0.2	0.199995
200	0.70	0.19952623	0.2	0.199999
220	0.70	0.19952623	0.2	0.2
240	0.70	0.19952623	0.2	0.2
260	0.70	0.19952623	0.2	0.2
280	0.70	0.19952623	0.2	0.2
300	0.70	0.19952623	0.2	0.2
320	0.70	0.19952623	0.2	0.2
340	0.70	0.19952623	0.2	0.2
360	0.70	0.19952623	0.2	0.2
380	0.70	0.19952623	0.2	0.2
400	0.70	0.19952623	0.2	0.2
420	0.70	0.19952623	0.2	0.2
440	0.70	0.19952623	0.2	0.2
460	0.70	0.19952623	0.2	0.2
480	0.70	0.19952623	0.2	0.2
500	0.70	0.19952623	0.2	0.2
520	0.70	0.19952623	0.2	0.2
540	0.70	0.19952623	0.2	0.2
560	0.70	0.19952623	0.2	0.2
580	0.70	0.19952623	0.2	0.2
600	0.70	0.19952623	0.2	0.2
620	0.70	0.19952623	0.2	0.2
640	0.70	0.19952623	0.2	0.2

Table B2 Performance of No Asorption (The flow characteristic of the column) by using Completely Implicit Approach
Specific value of column

diameter = 2.85 cm u = 0.13 cm/s eps = 0.41
length = 24 cm dt = 10 s
h_in = 0.2 N dx = 3.17073 cm

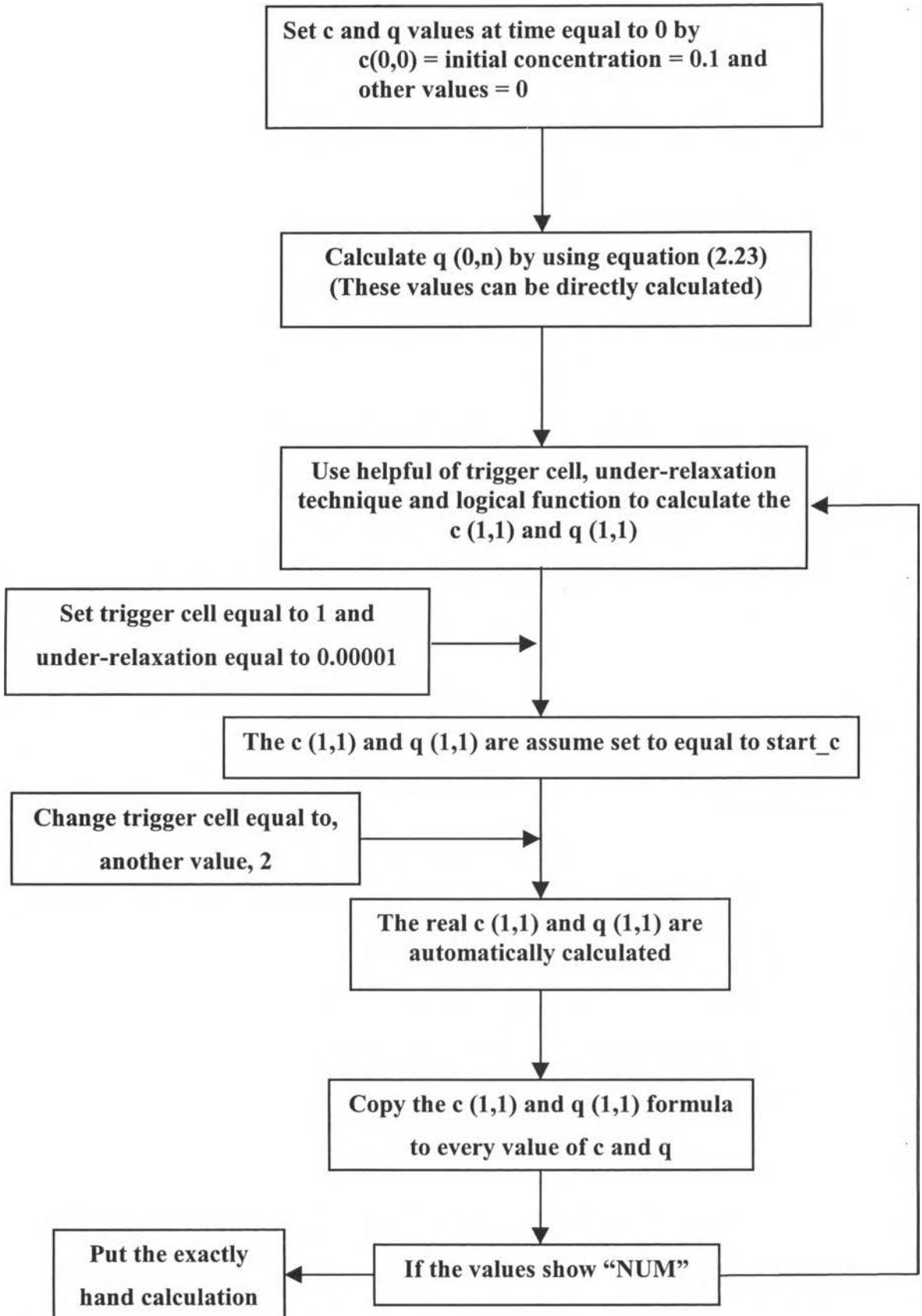
	i =	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	x(cm) =	0	3.17073	6.34146	9.51219	12.68292	15.85365	19.02438	22.19511	25.36584
n (t)										
0(0s)	h	0.1653	0	0	0	0	0	0	0	0
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1(10s)	h	0.1796	0.1796	0	0	0	0	0	0	0
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2(20s)	h	0.194	0.1796	0.1796	0	0	0	0	0	0
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3(30s)	h	0.1965	0.194	0.1796	0.1796	0	0	0	0	0
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4(40s)	h	0.199	0.1965	0.194	0.1796	0.1796	0	0	0	0
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5(50s)	h	0.1994	0.199	0.1965	0.194	0.1796	0.1796	0	0	0
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6(60s)	h	0.1998	0.1994	0.199	0.1965	0.194	0.1796	0.1796	0	0
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7(70s)	h	0.1999	0.1998	0.1994	0.199	0.1965	0.194	0.1796	0.1796	0
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8(80s)	h	0.2	0.1999	0.1998	0.1994	0.199	0.1965	0.194	0.1796	0.1796
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9(90s)	h	0.2	0.2	0.1999	0.1998	0.1994	0.199	0.1965	0.194	0.1796
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10(100s)	h	0.2	0.2	0.2	0.1999	0.1998	0.1994	0.199	0.1965	0.194
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11(110s)	h	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1999	0.1998	0.1994	0.199	0.1965
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12(120s)	h	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1999	0.1998	0.1994	0.199
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13(130s)	h	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1999	0.1998	0.1994
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14(140s)	h	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1999	0.1998

	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15(150s)	h	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1999
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16(160s)	h	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17(170s)	h	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18(180s)	h	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19(190s)	h	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20(200s)	h	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21(210s)	h	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22(220s)	h	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0

23(230s)	h	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24(240s)	h	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0

APPENDIX C



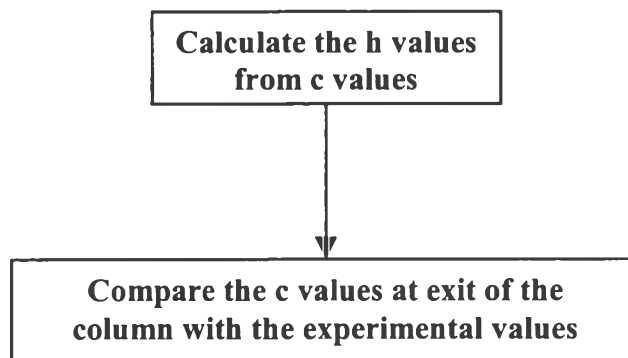


Figure C1 Diagram of c , q , and h calculation in fixed-bed operation

Table C1 The experimental and predicted hydrogen concentration of ion adsorption in fixed-bed operation

Volumetric velocity, v , = 1.67 ml/s (100 ml/min)
 Volume of CSTR, V_1 , = 3.5 ml
 Initial concentration, C_0 , = 0.1 N
 Height of column = 24 cm
 Diameter of column = 2.85 cm
 Volume of resin (completely packed), V_R , = 90.3322 ml
 Volume of liquid, V_L , = 62.773 ml
 Void fraction, ϵ , = 0.41

Time (sec)	Ca ²⁺ conc. exp. (meq/ml of solution)	Ca ²⁺ conc. pre. (meq/ml of solution)
0	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000
20	0.0000	0.0000
30	0.0000	0.0000
40	0.0000	0.0000
50	0.0010	0.0000
60	0.0010	0.0000
120	0.0020	0.0000
180	0.0030	0.0012
240	0.0090	0.0173
300	0.0230	0.0333
360	0.0410	0.0483
420	0.0540	0.0610
480	0.0680	0.0711
540	0.0750	0.0789
600	0.0800	0.0847
660	0.0850	0.0891

720	0.0900	0.0922
780	0.0920	0.0945
840	0.0940	0.0961
900	0.0970	0.0973
960	0.0980	0.0995
1020	0.0990	0.0997
1080	0.0990	0.0998
1140	0.0990	0.0998
1200	0.1000	0.0998
1260	0.1000	0.0999
1320	0.1000	0.0999
1380	0.1000	0.0999
1440	0.1000	0.0999
1500	0.1000	0.0999
1560	0.1000	0.0999
1620	0.1000	0.0999
1680	0.1000	0.0999
1740	0.1000	0.0999
1800	0.1000	0.0999

Table C2 Show the mixed-ion adsorption model with downflow or fixed-bed operation (completely implicit approach)

$dx = 3.1707$ cm	$flow\ rate = 100$ ml/min
$u = 0.26$ cm/s	$diameter\ of\ column = 2.85$ cm
$eps = 0.41$	$length\ of\ column = 24$ cm
$dt = 5$ s	$r = K(beta * c^{1/n} - q)$
$c_{in} = 0.1$ meq/ml	$K = 0.01$ s ⁻¹
$alpha = 0.072$ K*dt/eps	$beta = 2.32$
$gamma = 0.05$ K*dt/(1-eps)	$n = 2.1$
	$1/n (m) = 0.47619$
$trigger = 2$	
$start\ c = 0.1$	$under-relaxation = 0.00001$

	i =	0	1	2	3	4	5	6	7	8
n (t)	x (cm) =	0	3.170732	6.341463	9.512195	12.68293	15.85366	19.02439	22.195122	25.365854
0 (0 sec)	c	0.1000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	q	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1 (5 sec)	c	0.1000	0.0588	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	q	0.0369	0.0287	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	h	0.0000	0.0412	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2 (10 sec)	c	0.1000	0.0602	0.0292	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	q	0.0721	0.0563	0.0205	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	h	0.0000	0.0398	0.0708	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3 (15 sec)	c	0.1000	0.0617	0.0312	0.0108	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	q	0.1055	0.0829	0.0407	0.0128	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	h	0.0000	0.0383	0.0688	0.0892	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4 (20 sec)	c	0.1000	0.0630	0.0331	0.0124	0.0022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	q	0.1374	0.1086	0.0606	0.0258	0.0060	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	h	0.0000	0.0370	0.0669	0.0876	0.0978	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5 (25 sec)	c	0.1000	0.0644	0.0350	0.0140	0.0029	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
	q	0.1678	0.1333	0.0801	0.0391	0.0126	0.0014	0.0000	0.0000	0.0000
	h	0.0000	0.0356	0.0650	0.0860	0.0971	0.0999	0.0000	0.0000	0.0000
6 (30 sec)	c	0.1000	0.0657	0.0369	0.0157	0.0038	0.0002	2.350E-07	0.0000	0.0000
	q	0.1967	0.1572	0.0992	0.0525	0.0197	0.0033	7.703E-05	0.0000	0.0000
	h	0.0000	0.0343	0.0631	0.0843	0.0962	0.0998	0.1000	0.0000	0.0000
7 (35 sec)	c	0.1000	0.0669	0.0387	0.0174	0.0047	0.0004	9.336E-07	5.710E-13	0.0000
	q	0.2242	0.1802	0.1180	0.0660	0.0274	0.0057	0.0002	1.633E-07	0.0000
	h	0.0000	0.0331	0.0613	0.0826	0.0953	0.0996	0.1000	0.1000	0.0000
8 (40 sec)	c	0.1000	0.0681	0.0405	0.0191	0.0057	0.0006	2.940E-06	1.060E-11	9.250E-25
	q	0.2504	0.2024	0.1364	0.0797	0.0355	0.0086	0.0005	8.120E-07	3.968E-13
	h	0.0000	0.0319	0.0595	0.0809	0.0943	0.0994	0.1000	0.1000	0.1000
9 (45 sec)	c	0.1000	0.0693	0.0422	0.0208	0.0068	0.0008	7.792E-06	1.196E-10	4.290E-22
	q	0.2754	0.2237	0.1543	0.0933	0.0440	0.0119	0.0009	2.855E-06	7.761E-12
	h	0.0000	0.0307	0.0578	0.0792	0.0932	0.0992	0.1000	0.1000	0.1000
10 (50 sec)	c	0.1000	0.0704	0.0439	0.0225	0.0079	0.0012	1.804E-05	9.378E-10	7.037E-20

	q	0.2992	0.2443	0.1719	0.1070	0.0530	0.0158	0.0014	8.269E-06	9.114E-11
	h	0.0000	0.0296	0.0561	0.0775	0.0921	0.0988	0.1000	0.1000	0.1000
11 (55 sec)	c	0.1000	0.0715	0.0456	0.0242	0.0091	0.0016	3.742E-05	5.534E-09	5.303E-18
	q	0.3219	0.2641	0.1891	0.1207	0.0623	0.0202	0.0022	2.080E-05	7.427E-10
	h	0.0000	0.0285	0.0544	0.0758	0.0909	0.0984	0.1000	0.1000	0.1000
12 (60 sec)	c	0.1000	0.0725	0.0473	0.0260	0.0104	0.0021	7.092E-05	2.596E-08	2.220E-16
	q	0.3434	0.2832	0.2060	0.1344	0.0719	0.0251	0.0033	4.679E-05	4.590E-09
	h	0.0000	0.0275	0.0527	0.0740	0.0896	0.097902	0.0999	0.1000	0.1000
13 (65 sec)	c	0.1000	0.0735	0.0489	0.0277	0.0117	0.0027	0.0001	1.007E-07	5.730E-15
	q	0.3640	0.3016	0.2224	0.1480	0.0817	0.0305	0.0046	9.600E-05	2.263E-08
	h	0.0000	0.0265	0.0511	0.0723	0.0883	0.0973	0.0999	0.1000	0.1000
14 (70 sec)	c	0.1000	0.0745	0.0504	0.0294	0.0131	0.0033	0.0002	3.327E-07	9.930E-14
	q	0.3836	0.3193	0.2385	0.1616	0.0919	0.0363	0.0064	0.0002	9.256E-08
	h	0.0000	0.0255	0.0496	0.0706	0.0869	0.0967	0.0998	0.1000	0.1000
15 (75 sec)	c	0.1000	0.0754	0.0520	0.0311	0.0145	0.0041	0.0003	9.597E-07	1.232E-12
	q	0.4022	0.3364	0.2541	0.1750	0.1022	0.0426	0.0085	0.0003	3.237E-07
	h	0.0000	0.0246	0.0480	0.0689	0.0855	0.0959	0.0997	0.1000	0.1000
16 (80 sec)	c	0.1000	0.0763	0.0534	0.0327	0.0159	0.0049	0.0005	2.463E-06	1.150E-11
	q	0.4200	0.3528	0.2694	0.1884	0.1127	0.0493	0.0109	0.0005	9.907E-07
	h	0.0000	0.0237	0.0466	0.0673	0.0841	0.0951	0.0995	0.1000	0.1000
17 (85 sec)	c	0.1000	0.0772	0.0549	0.0344	0.0174	0.0057	0.0007	5.713E-06	8.397E-11
	q	0.4369	0.3686	0.2843	0.2016	0.1234	0.0564	0.0138	0.0009	2.702E-06
	h	0.0000	0.0228	0.0451	0.0656	0.0826	0.0943	0.0993	0.1000	0.1000
18 (90 sec)	c	0.1000	0.0781	0.0563	0.0360	0.0189	0.0066	0.0009	1.213E-05	4.962E-10
	q	0.4530	0.3839	0.2988	0.2147	0.1342	0.0639	0.0172	0.0013	6.672E-06
	h	0.0000	0.0219	0.0437	0.0640	0.0811	0.0934	0.0991	0.1000	0.1000
19 (95 sec)	c	0.1000	0.0789	0.0577	0.0377	0.0204	0.0076	0.0012	2.385E-05	2.438E-09
	q	0.4683	0.3986	0.3130	0.2277	0.1451	0.0717	0.0209	0.0020	1.510E-05
	h	0.0000	0.0211	0.0423	0.0623	0.0796	0.0924	0.0988	0.1000	0.1000
20 (100 sec)	c	0.1000	0.0797	0.0590	0.0393	0.0219	0.0087	0.0016	4.383E-05	1.019E-08
	q	0.4829	0.4127	0.3268	0.2405	0.1561	0.0798	0.0251	0.0028	3.167E-05
	h	0.0000	0.0203	0.0410	0.0607	0.0781	0.0913	0.0984	0.1000	0.1000
21 (105 sec)	c	0.1000	0.0804	0.0603	0.0408	0.0234	0.0098	0.0021	7.633E-05	3.701E-08
	q	0.4968	0.4263	0.3403	0.2531	0.1671	0.0882	0.0297	0.0039	6.210E-05
	h	0.0000	0.0196	0.0397	0.0592	0.0766	0.0902	0.0979	0.0999	0.1000
22 (110 sec)	c	0.1000	0.0811	0.0616	0.0424	0.0249	0.0109	0.0026	0.0001	1.200E-07
	q	0.5101	0.4394	0.3534	0.2656	0.1782	0.0969	0.0347	0.0052	0.0001
	h	0.0000	0.0189	0.0384	0.0576	0.0751	0.0891	0.0974	0.0999	0.1000
23 (115 sec)	c	0.1000	0.0818	0.0628	0.0439	0.0264	0.0121	0.0031	0.0002	3.628E-07
	q	0.5227	0.4520	0.3661	0.2779	0.1893	0.1057	0.0402	0.0070	0.0002
	h	0.0000	0.0182	0.0372	0.0561	0.0736	0.0879	0.0969	0.0998	0.1000
24 (120 sec)	c	0.1000	0.0825	0.0640	0.0454	0.0279	0.0133	0.0037	0.0003	1.055E-06
	q	0.5347	0.4642	0.3785	0.2900	0.2004	0.1148	0.0460	0.0091	0.0004
	h	0.0000	0.0175	0.0360	0.0546	0.0721	0.0867	0.0963	0.0997	0.1000
25 (125 sec)	c	0.1000	0.0832	0.0651	0.0468	0.0294	0.0146	0.0044	0.0005	2.937E-06

	q	0.5461	0.4759	0.3906	0.3019	0.2115	0.1241	0.0521	0.0117	0.0006
	h	0.0000	0.0168	0.0349	0.0532	0.0706	0.0854	0.0956	0.0995	0.1000
26 (130 sec)	c	0.1000	0.0838	0.0663	0.0483	0.0310	0.0159	0.0052	0.0008	7.657E-06
	q	0.5570	0.4871	0.4023	0.3136	0.2225	0.1336	0.0587	0.0148	0.0010
	h	0.0000	0.0162	0.0337	0.0517	0.0690	0.0841	0.0948	0.0992	0.1000
27 (135 sec)	c	0.1000	0.0844	0.0674	0.0497	0.0325	0.0172	0.0060	0.0011	1.849E-05
	q	0.5674	0.4980	0.4137	0.3251	0.2335	0.1431	0.0655	0.0185	0.0015
	h	0.0000	0.0156	0.0326	0.0503	0.0675	0.0828	0.0940	0.0989	0.1000
28 (140 sec)	c	0.1000	0.0850	0.0684	0.0511	0.0339	0.0185	0.0068	0.0015	4.114E-05
	q	0.5773	0.5084	0.4248	0.3364	0.2444	0.1529	0.0727	0.0226	0.0024
	h	0.0000	0.0150	0.0316	0.0489	0.0661	0.0815	0.0932	0.0985	0.1000
29 (145 sec)	c	0.1000	0.0855	0.0694	0.0524	0.0354	0.0198	0.0078	0.0020	8.298E-05
	q	0.5867	0.5185	0.4356	0.3475	0.2553	0.1627	0.0802	0.0273	0.0035
	h	0.0000	0.0145	0.0306	0.0476	0.0646	0.0802	0.0922	0.0980	0.0999
30 (150 sec)	c	0.1000	0.0861	0.0704	0.0537	0.0369	0.0212	0.0087	0.0026	0.0002
	q	0.5957	0.5281	0.4461	0.3585	0.2661	0.1725	0.0879	0.0324	0.0050
	h	0.0000	0.0139	0.0296	0.0463	0.0631	0.0788	0.0913	0.0974	0.0998
31 (155 sec)	c	0.1000	0.0866	0.0714	0.0550	0.0383	0.0226	0.0097	0.0032	0.0002
	q	0.6042	0.5375	0.4563	0.3692	0.2768	0.1825	0.0959	0.0380	0.0069
	h	0.0000	0.0134	0.0286	0.0450	0.0617	0.0774	0.0903	0.0968	0.0998
32 (160 sec)	c	0.1000	0.0871	0.0723	0.0563	0.0398	0.0240	0.0108	0.0039	0.0004
	q	0.6123	0.5464	0.4662	0.3797	0.2874	0.1925	0.1041	0.0441	0.0092
	h	0.0000	0.0129	0.0277	0.0437	0.0602	0.0760	0.0892	0.0961	0.0996
33 (165 sec)	c	0.1000	0.0876	0.0733	0.0575	0.0412	0.0253	0.0119	0.0046	0.0005
	q	0.6201	0.5551	0.4758	0.3899	0.2979	0.2025	0.1125	0.0505	0.0118
	h	0.0000	0.0124	0.0267	0.0425	0.0588	0.0747	0.0881	0.0954	0.0995
34 (170 sec)	c	0.1000	0.0881	0.0741	0.0588	0.0426	0.0267	0.0130	0.0055	0.0007
	q	0.6275	0.5634	0.4852	0.4000	0.3083	0.2126	0.1211	0.0574	0.0148
	h	0.0000	0.0119	0.0259	0.0412	0.0574	0.0733	0.0870	0.0945	0.0993
35 (175 sec)	c	0.1000	0.0885	0.0750	0.0599	0.0440	0.0281	0.0141	0.0063	0.0010
	q	0.6345	0.5713	0.4942	0.4099	0.3186	0.2226	0.1298	0.0646	0.0181
	h	0.0000	0.0115	0.0250	0.0401	0.0560	0.0719	0.0859	0.0937	0.0990
36 (180 sec)	c	0.1000	0.0889	0.0758	0.0611	0.0453	0.0295	0.0153	0.0073	0.0012
	q	0.6412	0.5790	0.5031	0.4196	0.3287	0.2327	0.1388	0.0721	0.0218
	h	0.0000	0.0111	0.0242	0.0389	0.0547	0.0705	0.0847	0.0927	0.0988
37 (185 sec)	c	0.1000	0.0893	0.0766	0.0622	0.0467	0.0309	0.0165	0.0083	0.0046
	q	0.6476	0.5864	0.5116	0.4290	0.3388	0.2427	0.1478	0.0799	0.0293
	h	0.0000	0.0107	0.0234	0.0378	0.0533	0.0691	0.0835	0.0917	0.0954
38 (190 sec)	c	0.1000	0.0897	0.0774	0.0633	0.0480	0.0323	0.0177	0.0093	0.0056
	q	0.6536	0.5936	0.5199	0.4383	0.3487	0.2527	0.1570	0.0880	0.0372
	h	0.0000	0.0103	0.0226	0.0367	0.0520	0.0677	0.0823	0.0907	0.0944
39 (195 sec)	c	0.1000	0.0901	0.0781	0.0644	0.0493	0.0337	0.0190	0.0104	0.0066
	q	0.6594	0.6004	0.5280	0.4473	0.3584	0.2626	0.1662	0.0964	0.0455
	h	0.0000	0.0099	0.0219	0.0356	0.0507	0.0663	0.0810	0.0896	0.0934
40 (200 sec)	c	0.1000	0.0905	0.0789	0.0654	0.0506	0.0350	0.0202	0.0115	0.0076

	q	0.6649	0.6070	0.5358	0.4562	0.3680	0.2725	0.1755	0.1049	0.0542
	h	0.0000	0.0095	0.0211	0.0346	0.0494	0.0650	0.0798	0.0885	0.0924
41 (205 sec)	c	0.1000	0.0909	0.0796	0.0664	0.0518	0.0364	0.0215	0.0126	0.0087
	q	0.6702	0.6134	0.5434	0.4648	0.3775	0.2823	0.1849	0.1137	0.0631
	h	0.0000	0.0091	0.0204	0.0336	0.0482	0.0636	0.0785	0.0874	0.0913
42 (210 sec)	c	0.1000	0.0912	0.0803	0.0674	0.0530	0.0378	0.0228	0.0138	0.0098
	q	0.6751	0.6195	0.5507	0.4733	0.3868	0.2921	0.1944	0.1227	0.0724
	h	0.0000	0.0088	0.0197	0.0326	0.0470	0.0622	0.0772	0.0862	0.0902
43 (215 sec)	c	0.1000	0.0915	0.0809	0.0684	0.0542	0.0391	0.0241	0.0150	0.0110
	q	0.6799	0.6254	0.5579	0.4815	0.3959	0.3018	0.2039	0.1318	0.0818
	h	0.0000	0.0085	0.0191	0.0316	0.0458	0.0609	0.0759	0.0850	0.0890
44 (220 sec)	c	0.1000	0.0919	0.0816	0.0693	0.0554	0.0404	0.0254	0.0162	0.0122
	q	0.6844	0.6310	0.5648	0.4896	0.4049	0.3114	0.2134	0.1410	0.0915
	h	0.0000	0.0081	0.0184	0.0307	0.0446	0.0596	0.0746	0.0838	0.0878
45 (225 sec)	c	0.1000	0.0922	0.0822	0.0702	0.0566	0.0417	0.0267	0.0174	0.0134
	q	0.6887	0.6365	0.5715	0.4975	0.4138	0.3209	0.2229	0.1503	0.1013
	h	0.0000	0.0078	0.0178	0.0298	0.0434	0.0583	0.0733	0.0826	0.0866
46 (230 sec)	c	0.1000	0.0925	0.0828	0.0711	0.0577	0.0430	0.0280	0.0187	0.0147
	q	0.6928	0.6417	0.5780	0.5052	0.4225	0.3303	0.2324	0.1598	0.1112
	h	0.0000	0.0075	0.0172	0.0289	0.0423	0.0570	0.0720	0.0813	0.0853
47 (235 sec)	c	0.1000	0.0927	0.0834	0.0720	0.0588	0.0443	0.0293	0.0200	0.0159
	q	0.6968	0.6468	0.5844	0.5127	0.4310	0.3396	0.2419	0.1693	0.1213
	h	0.0000	0.0073	0.0166	0.0280	0.0412	0.0557	0.0707	0.0800	0.0841
48 (240 sec)	c	0.1000	0.0930	0.0839	0.0728	0.0599	0.0456	0.0306	0.0213	0.0172
	q	0.7005	0.6516	0.5905	0.5200	0.4394	0.3488	0.2514	0.1789	0.1315
	h	0.0000	0.0070	0.0161	0.0272	0.0401	0.0544	0.0694	0.0787	0.0828
49 (245 sec)	c	0.1000	0.0933	0.0845	0.0737	0.0610	0.0468	0.0320	0.0226	0.0185
	q	0.7040	0.6563	0.5964	0.5271	0.4477	0.3579	0.2609	0.1885	0.1418
	h	0.0000	0.0067	0.0155	0.0263	0.0390	0.0532	0.0680	0.0774	0.0815
50 (250 sec)	c	0.1000	0.0935	0.0850	0.0744	0.0620	0.0480	0.0333	0.0239	0.0198
	q	0.7074	0.6608	0.6022	0.5341	0.4557	0.3669	0.2703	0.1982	0.1521
	h	0.0000	0.0065	0.0150	0.0256	0.0380	0.0520	0.0667	0.0761	0.0802
51 (255 sec)	c	0.1000	0.0938	0.0855	0.0752	0.0630	0.0493	0.0346	0.0252	0.0212
	q	0.7106	0.6651	0.6078	0.5409	0.4637	0.3758	0.2797	0.2079	0.1625
	h	0.0000	0.0062	0.0145	0.0248	0.0370	0.0507	0.0654	0.0748	0.0788
52 (260 sec)	c	0.1000	0.0940	0.0860	0.0760	0.0640	0.0505	0.0358	0.0265	0.0225
	q	0.7137	0.6693	0.6132	0.5475	0.4714	0.3846	0.2890	0.2176	0.1729
	h	0.0000	0.0060	0.0140	0.0240	0.0360	0.0495	0.0642	0.0735	0.7775
53 (265 sec)	c	0.1000	0.0942	0.0865	0.0767	0.0650	0.0516	0.0371	0.0278	0.0238
	q	0.7166	0.6733	0.6184	0.5540	0.4790	0.3932	0.2983	0.2273	0.1833
	h	0.0000	0.0058	0.0135	0.0233	0.0350	0.0484	0.0629	0.0722	0.0762
54 (270 sec)	c	0.1000	0.0945	0.0869	0.0774	0.0660	0.0528	0.0384	0.0291	0.0252
	q	0.7194	0.6771	0.6235	0.5603	0.4865	0.4017	0.3075	0.2370	0.1937
	h	0.0000	0.0055	0.0131	0.0226	0.0340	0.0472	0.0616	0.0709	0.0748
55 (275 sec)	c	0.1000	0.0947	0.0874	0.0781	0.0669	0.0539	0.0397	0.0304	0.0265

	q	0.7220	0.6808	0.6284	0.5664	0.4938	0.4101	0.3166	0.2466	0.2041
	h	0.0000	0.0053	0.0126	0.0219	0.0331	0.0461	0.0603	0.0696	0.0735
56 (280 sec)	c	0.1000	0.0949	0.0878	0.0788	0.0678	0.0550	0.0409	0.0317	0.0279
	q	0.7246	0.6844	0.6332	0.5724	0.5010	0.4183	0.3256	0.2563	0.2145
	h	0.0000	0.0051	0.0122	0.0212	0.0322	0.0450	0.0591	0.0683	0.0721
57 (285 sec)	c	0.1000	0.0951	0.0882	0.0794	0.0687	0.0561	0.0422	0.0330	0.0292
	q	0.7270	0.6878	0.6378	0.5782	0.5080	0.4264	0.3346	0.2658	0.2248
	h	0.0000	0.0049	0.0118	0.0206	0.0313	0.0439	0.0578	0.0670	0.0708
58 (290 sec)	c	0.1000	0.0952	0.0886	0.0801	0.0696	0.0572	0.0434	0.0343	0.0305
	q	0.7293	0.6912	0.6422	0.5838	0.5148	0.4344	0.3434	0.2753	0.2351
	h	0.0000	0.0048	0.0114	0.0199	0.0304	0.0428	0.0566	0.0657	0.0695
59 (295 sec)	c	0.1000	0.0954	0.0890	0.0807	0.0704	0.0583	0.0446	0.0356	0.0319
	q	0.7314	0.6943	0.6466	0.5894	0.5216	0.4422	0.3522	0.2848	0.2453
	h	0.0000	0.0046	0.0110	0.0193	0.0296	0.0417	0.0554	0.0644	0.0681
60 (300 sec)	c	0.1000	0.0956	0.0894	0.0813	0.0712	0.0593	0.0458	0.0369	0.0332
	q	0.7335	0.6974	0.6508	0.5947	0.5281	0.4500	0.3609	0.2942	0.2554
	h	0.0000	0.0044	0.0106	0.0187	0.0288	0.0407	0.0542	0.0631	0.0668
61 (305 sec)	c	0.1000	0.0958	0.0898	0.0819	0.0720	0.0603	0.0470	0.0382	0.0345
	q	0.7355	0.7003	0.6548	0.6000	0.5345	0.4575	0.3695	0.3035	0.2655
	h	0.0000	0.0042	0.0102	0.0181	0.0280	0.0397	0.0530	0.0618	0.0655
62 (310 sec)	c	0.1000	0.0959	0.0901	0.0824	0.0728	0.0613	0.0481	0.0394	0.0358
	q	0.7374	0.7032	0.6588	0.6050	0.5408	0.4650	0.3779	0.3128	0.2755
	h	0.0000	0.0041	0.0099	0.0176	0.0272	0.0387	0.0519	0.0606	0.0642
63 (315 sec)	c	0.1000	0.0961	0.0904	0.0830	0.0736	0.0623	0.0493	0.0407	0.0371
	q	0.7392	0.7059	0.6626	0.6100	0.5470	0.4723	0.3863	0.3219	0.2854
	h	0.0000	0.0039	0.0096	0.0170	0.0264	0.0377	0.0507	0.0593	0.0629
64 (320 sec)	c	0.1000	0.0962	0.0908	0.0835	0.0743	0.0633	0.0504	0.0419	0.0384
	q	0.7409	0.7085	0.6663	0.6148	0.5530	0.4795	0.3945	0.3310	0.2952
	h	0.0000	0.0038	0.0092	0.0165	0.0257	0.0367	0.0496	0.0581	0.0616
65 (325 sec)	c	0.1000	0.0964	0.0911	0.0840	0.0751	0.0642	0.0516	0.0431	0.0397
	q	0.7425	0.7110	0.6698	0.6195	0.5588	0.4865	0.4027	0.3399	0.3049
	h	0.0000	0.0036	0.0089	0.0160	0.0249	0.0358	0.0484	0.0569	0.0603
66 (330 sec)	c	0.1000	0.0965	0.0914	0.0845	0.0758	0.0651	0.0527	0.0444	0.0409
	q	0.7440	0.7135	0.6733	0.6241	0.5645	0.4935	0.4107	0.3488	0.3145
	h	0.0000	0.0035	0.0086	0.0155	0.0242	0.0349	0.0473	0.0556	0.0591
67 (335 sec)	c	0.1000	0.0966	0.0917	0.0850	0.0765	0.0660	0.0537	0.0455	0.0422
	q	0.7455	0.7158	0.6766	0.6285	0.5701	0.5002	0.4186	0.3576	0.3240
	h	0.0000	0.0034	0.0083	0.0150	0.0235	0.0340	0.0463	0.0545	0.0578
68 (340 sec)	c	0.1000	0.0968	0.0920	0.0855	0.0771	0.0669	0.0548	0.0467	0.0434
	q	0.7469	0.7180	0.6799	0.6328	0.5756	0.5069	0.4264	0.3662	0.3334
	h	0.0000	0.0032	0.0080	0.0145	0.0229	0.0331	0.0452	0.0533	0.0566
69 (345 sec)	c	0.1000	0.0969	0.0923	0.0859	0.0778	0.0678	0.0559	0.0479	0.0446
	q	0.7482	0.7202	0.6830	0.6370	0.5809	0.5134	0.4340	0.3748	0.3426
	h	0.0000	0.0031	0.0077	0.0141	0.0222	0.0322	0.0441	0.0521	0.0554
70 (350 sec)	c	0.1000	0.0970	0.0925	0.0864	0.0784	0.0686	0.0569	0.0490	0.0458

	q	0.7495	0.7223	0.6861	0.6411	0.5861	0.5198	0.4416	0.3832	0.3518
	h	0.0000	0.0030	0.0075	0.0136	0.0216	0.0314	0.0431	0.0510	0.0542
71(355 sec)	c	0.1000	0.0971	0.0928	0.0868	0.0791	0.0694	0.0579	0.0502	0.0470
	q	0.7507	0.7243	0.6890	0.6451	0.5912	0.5261	0.4490	0.3916	0.3608
	h	0.0000	0.0029	0.0072	0.0132	0.0209	0.0306	0.0421	0.0498	0.0530
72 (360 sec)	c	0.1000	0.0972	0.0930	0.0872	0.0797	0.0702	0.0589	0.0513	0.0482
	q	0.7519	0.7262	0.6919	0.6489	0.5962	0.5322	0.4563	0.3998	0.3697
	h	0.0000	0.0028	0.0070	0.0128	0.0203	0.0298	0.0411	0.0487	0.0518
73 (365 sec)	c	0.1000	0.0973	0.0933	0.0876	0.0803	0.0710	0.0599	0.0524	0.0494
	q	0.7530	0.7281	0.6946	0.6527	0.6010	0.5382	0.4635	0.4079	0.3784
	h	0.0000	0.0027	0.0067	0.0124	0.0197	0.0290	0.0401	0.0476	0.0506
74 (370 sec)	c	0.1000	0.0974	0.0935	0.0880	0.0808	0.0718	0.0609	0.0535	0.0505
	q	0.7540	0.7298	0.6973	0.6563	0.6058	0.5441	0.4705	0.4158	0.3871
	h	0.0000	0.0026	0.0065	0.0120	0.0192	0.0282	0.0391	0.0465	0.0495
75 (375 sec)	c	0.1000	0.0975	0.0937	0.0884	0.0814	0.0725	0.0618	0.0546	0.0516
	q	0.7550	0.7316	0.6999	0.6599	0.6104	0.5499	0.4775	0.4237	0.3956
	h	0.0000	0.0025	0.0063	0.0116	0.0186	0.0275	0.0382	0.0454	0.0484
76 (380 sec)	c	0.1000	0.0976	0.0939	0.0888	0.0819	0.0733	0.0627	0.0556	0.0527
	q	0.7560	0.7332	0.7023	0.6633	0.6149	0.5555	0.4843	0.4314	0.4040
	h	0.0000	0.0024	0.0061	0.0112	0.0181	0.0267	0.0373	0.0444	0.0473
77 (385 sec)	c	0.1000	0.0977	0.0942	0.0891	0.0825	0.0740	0.0636	0.0566	0.0538
	q	0.7569	0.7348	0.7048	0.6667	0.6193	0.5610	0.4910	0.4390	0.4122
	h	0.0000	0.0023	0.0058	0.0109	0.0175	0.0260	0.0364	0.0434	0.0462
78 (390 sec)	c	0.1000	0.0978	0.0944	0.0895	0.0830	0.0747	0.0645	0.0576	0.0549
	q	0.7578	0.7363	0.7071	0.6699	0.6235	0.5664	0.4976	0.4465	0.4203
	h	0.0000	0.0022	0.0056	0.0105	0.0170	0.0253	0.0355	0.0424	0.0451
79 (395 sec)	c	0.1000	0.0979	0.0945	0.0898	0.0835	0.0754	0.0654	0.0586	0.0559
	q	0.7586	0.7378	0.7094	0.6731	0.6277	0.5717	0.5040	0.4539	0.4283
	h	0.0000	0.0021	0.0055	0.0102	0.0165	0.0246	0.0346	0.0414	0.0441
80 (400 sec)	c	0.1000	0.0980	0.0947	0.0901	0.0840	0.0760	0.0663	0.0596	0.0570
	q	0.7594	0.7392	0.7115	0.6762	0.6318	0.5769	0.5104	0.4611	0.4361
	h	0.0000	0.0020	0.0053	0.0099	0.0160	0.0240	0.0337	0.0404	0.0430
81 (405 sec)	c	0.1000	0.0980	0.0949	0.0904	0.0844	0.0767	0.0671	0.0606	0.0580
	q	0.7601	0.7406	0.7137	0.6792	0.6357	0.5819	0.5166	0.4682	0.4438
	h	0.0000	0.0020	0.0051	0.0096	0.0156	0.0233	0.0329	0.0394	0.0420
82 (410 sec)	c	0.1000	0.0981	0.0951	0.0908	0.0849	0.0773	0.0679	0.0615	0.0590
	q	0.7608	0.7419	0.7157	0.6820	0.6396	0.5869	0.5227	0.4752	0.4514
	h	0.0000	0.0019	0.0049	0.0092	0.0151	0.0227	0.0321	0.0385	0.0410
83 415 sec)	c	0.1000	0.0982	0.0953	0.0910	0.0853	0.0779	0.0687	0.0624	0.0599
	q	0.7615	0.7431	0.7177	0.6849	0.6434	0.5917	0.5286	0.4821	0.4588
	h	0.0000	0.0018	0.0047	0.0090	0.0147	0.0221	0.0313	0.0376	0.0401
84 (420 sec)	c	0.1000	0.0983	0.0954	0.0913	0.0858	0.0785	0.0695	0.0634	0.0609
	q	0.7621	0.7443	0.7196	0.6876	0.6470	0.5964	0.5345	0.4888	0.4661
	h	0.0000	0.0017	0.0046	0.0087	0.0142	0.0215	0.0305	0.0366	0.0391
85 (425 sec)	c	0.1000	0.0983	0.0956	0.0916	0.0862	0.0791	0.0703	0.0642	0.0618

	q	0.7627	0.7455	0.7215	0.6902	0.6506	0.6010	0.5402	0.4954	0.4733
	h	0.0000	0.0017	0.0044	0.0084	0.0138	0.0209	0.0297	0.0358	0.0382
86 (430 sec)	c	0.1000	0.0984	0.0957	0.0919	0.0866	0.0797	0.0710	0.0651	0.7628
	q	0.7633	0.7466	0.7233	0.6928	0.6541	0.6055	0.5459	0.5019	0.4803
	h	0.0000	0.0016	0.0043	0.0081	0.0134	0.0203	0.0290	0.0349	0.0372
87 (435 sec)	c	0.1000	0.0984	0.0959	0.0921	0.0870	0.0803	0.0718	0.0660	0.0637
	q	0.7639	0.7477	0.7250	0.6953	0.6575	0.6099	0.5514	0.5083	0.4872
	h	0.0000	0.0016	0.0041	0.0079	0.0130	0.0197	0.0282	0.0340	0.0363
88 (440 sec)	c	0.1000	0.0985	0.0960	0.0924	0.0874	0.0808	0.0725	0.0668	0.0646
	q	0.7644	0.7487	0.7267	0.6978	0.6608	0.6142	0.5568	0.5145	0.4939
	h	0.0000	0.0015	0.0040	0.0076	0.0126	0.0192	0.0275	0.0332	0.0354
89 (445 sec)	c	0.1000	0.0986	0.0962	0.0926	0.0878	0.0813	0.0732	0.0676	0.0654
	q	0.7649	0.7497	0.7283	0.7001	0.6640	0.6184	0.5621	0.5207	0.5006
	h	0.0000	0.0014	0.0038	0.0074	0.0122	0.0187	0.0268	0.0324	0.0346
90 (450 sec)	c	0.1000	0.0986	0.0963	0.0929	0.0881	0.0819	0.0739	0.0684	0.0663
	q	0.7654	0.7507	0.7299	0.7024	0.6671	0.6225	0.5673	0.5267	0.5071
	h	0.0000	0.0014	0.0037	0.0071	0.0119	0.0181	0.0261	0.0316	0.0337
91 (455 sec)	c	0.1000	0.0987	0.0964	0.0931	0.0885	0.0824	0.0746	0.0692	0.0671
	q	0.7658	0.7516	0.7314	0.7046	0.6702	0.6265	0.5724	0.5326	0.5135
	h	0.0000	0.0013	0.0036	0.0069	0.0115	0.0176	0.0254	0.0308	0.0329
92 (460 sec)	c	0.1000	0.0987	0.0966	0.0933	0.0888	0.0829	0.0752	0.0700	0.0679
	q	0.7663	0.7525	0.7328	0.7068	0.6731	0.6305	0.5773	0.5383	0.5197
	h	0.0000	0.0013	0.0034	0.0067	0.0112	0.0171	0.0248	0.0300	0.0321
93 (465 sec)	c	0.1000	0.0988	0.0967	0.0935	0.0892	0.0833	0.0759	0.0707	0.0687
	q	0.7667	0.7534	0.7343	0.7089	0.6760	0.6343	0.5822	0.5440	0.5258
	h	0.0000	0.0012	0.0033	0.0065	0.0108	0.0167	0.0241	0.0293	0.0313
94 (470 sec)	c	0.1000	0.0988	0.0968	0.0938	0.0895	0.0838	0.0765	0.0715	0.0695
	q	0.7671	0.7542	0.7356	0.7109	0.6788	0.6380	0.5870	0.5496	0.5318
	h	0.0000	0.0012	0.0032	0.0062	0.0105	0.0162	0.0235	0.0285	0.0305
95 (475 sec)	c	0.1000	0.0989	0.0969	0.0940	0.0898	0.0843	0.0771	0.0722	0.0703
	q	0.7675	0.7550	0.7370	0.7129	0.6816	0.6416	0.5916	0.5550	0.5377
	h	0.0000	0.0011	0.0031	0.0060	0.0102	0.0157	0.0229	0.0278	0.0297
96 (480 sec)	c	0.1000	0.0989	0.0970	0.0942	0.0901	0.0847	0.0777	0.0729	0.0710
	q	0.7678	0.7557	0.7382	0.7148	0.6842	0.6452	0.5962	0.5603	0.5435
	h	0.0000	0.0011	0.0030	0.0058	0.0099	0.0153	0.0223	0.0271	0.0290
97 (485 sec)	c	0.1000	0.0989	0.0971	0.0943	0.0904	0.0851	0.0783	0.0736	0.0718
	q	0.7682	0.7565	0.7395	0.7167	0.6868	0.6486	0.6006	0.5655	0.5491
	h	0.0000	0.0011	0.0029	0.0057	0.0096	0.0149	0.0217	0.0264	0.0282
98 (490 sec)	c	0.1000	0.0990	0.0972	0.0945	0.0907	0.0856	0.0789	0.0743	0.0725
	q	0.7685	0.7572	0.7407	0.7185	0.6894	0.6520	0.6050	0.5706	0.5546
	h	0.0000	0.0010	0.0028	0.0055	0.0093	0.0144	0.0211	0.0257	0.2275
99 (495sec)	c	0.1000	0.0990	0.0973	0.0947	0.0910	0.0860	0.0794	0.0749	0.0732
	q	0.7688	0.7578	0.7418	0.7202	0.6918	0.6553	0.6092	0.5756	0.5600
	h	0.0000	0.0010	0.0027	0.0053	0.0090	0.0140	0.0206	0.0251	0.0268
100 (500 sec)	c	0.1000	0.0991	0.0974	0.0949	0.0913	0.0864	0.0800	0.0756	0.0739

	q	0.7691	0.7585	0.7430	0.7219	0.6942	0.6585	0.6134	0.5805	0.5653
	h	0.0000	0.0009	0.0026	0.0051	0.0087	0.0136	0.0200	0.0244	0.0261
101 (505 sec)	c	0.1000	0.0991	0.0975	0.0950	0.0915	0.0868	0.0805	0.0762	0.0745
	q	0.7694	0.7591	0.7440	0.7235	0.6965	0.6617	0.6175	0.5853	0.5704
	h	0.0000	0.0009	0.0025	0.0050	0.0085	0.0132	0.0195	0.0238	0.0255
102 (510 sec)	c	0.1000	0.0991	0.0976	0.0952	0.0918	0.0871	0.0810	0.0768	0.0752
	q	0.7696	0.7597	0.7451	0.7251	0.6988	0.6647	0.6215	0.5900	0.5755
	h	0.0000	0.0009	0.0024	0.0048	0.0082	0.0129	0.0190	0.0232	0.0248
103 (515sec)	c	0.1000	0.0992	0.0977	0.0954	0.0920	0.0875	0.0815	0.0774	0.0758
	q	0.7699	0.7603	0.7461	0.7267	0.7010	0.6677	0.6254	0.5945	0.5804
	h	0.0000	0.0008	0.0023	0.0046	0.0080	0.0125	0.0185	0.0226	0.0242
104 (520 sec)	c	0.1000	0.0992	0.0978	0.0955	0.0923	0.0879	0.0820	0.0780	0.0765
	q	0.7701	0.7609	0.7471	0.7282	0.7031	0.6706	0.6292	0.5990	0.5853
	h	0.0000	0.0008	0.0022	0.0045	0.0077	0.0121	0.0180	0.0220	0.0235
105 (525 sec)	c	0.1000	0.0992	0.0978	0.0957	0.0925	0.0882	0.0825	0.0786	0.0771
	q	0.7704	0.7614	0.7480	0.7297	0.7052	0.6734	0.6329	0.6034	0.5900
	h	0.0000	0.0008	0.0022	0.0043	0.0075	0.0118	0.0175	0.0214	0.0229
106(530 sec)	c	0.1000	0.0993	0.0979	0.0958	0.0927	0.0885	0.0830	0.0792	0.0777
	q	0.7706	0.7619	0.7489	0.7311	0.7072	0.6762	0.6365	0.6077	0.5946
	h	0.0000	0.0007	0.0021	0.0042	0.0073	0.0115	0.0170	0.0208	0.0223
107 (535 sec)	c	0.1000	0.0993	0.0980	0.0959	0.0930	0.0889	0.0834	0.0797	0.0783
	q	0.7708	0.7624	0.7498	0.7324	0.7092	0.6789	0.6401	0.6119	0.5992
	h	0.0000	0.0007	0.0020	0.0041	0.0070	0.0111	0.0166	0.0203	0.0217
108 (540 sec)	c	0.1000	0.0993	0.0981	0.0961	0.0932	0.0892	0.0839	0.0802	0.0788
	q	0.7710	0.7629	0.7507	0.7338	0.7111	0.6815	0.6435	0.6160	0.6036
	h	0.0000	0.0007	0.0019	0.0039	0.0068	0.0108	0.0161	0.0198	0.0212
109 (545sec)	c	0.1000	0.0993	0.0981	0.0962	0.0934	0.0895	0.0843	0.0808	0.0794
	q	0.7712	0.7633	0.7515	0.7351	0.7130	0.6840	0.6469	0.6200	0.6079
	h	0.0000	0.0007	0.0019	0.0038	0.0066	0.0105	0.0157	0.0192	0.0206
110 (550 sec)	c	0.1000	0.0994	0.0982	0.0963	0.0936	0.0898	0.0848	0.0813	0.0799
	q	0.7714	0.7638	0.7523	0.7363	0.7148	0.6865	0.6502	0.6239	0.6121
	h	0.0000	0.0006	0.0018	0.0037	0.0064	0.0102	0.0152	0.0187	0.0201
111(555 sec)	c	0.1000	0.0994	0.0983	0.0964	0.0938	0.0901	0.0852	0.0818	0.0805
	q	0.7715	0.7642	0.7531	0.7375	0.7165	0.6890	0.6534	0.6277	0.6162
	h	0.0000	0.0006	0.0017	0.0036	0.0062	0.0099	0.0148	0.0182	0.0195
112 (560 sec)	c	0.1000	0.0994	0.0983	0.0966	0.0940	0.0904	0.0856	0.0823	0.0810
	q	0.7717	0.7646	0.7538	0.7387	0.7183	0.6913	0.6566	0.6314	0.6203
	h	0.0000	0.0006	0.0017	0.0034	0.0060	0.0096	0.0144	0.0177	0.0190
113 (565 sec)	c	0.1000	0.0994	0.0984	0.0967	0.0942	0.0907	0.0860	0.0827	0.0815
	q	0.7719	0.7650	0.7545	0.7398	0.7199	0.6936	0.6597	0.6351	0.6242
	h	0.0000	0.0006	0.0016	0.0033	0.0058	0.0093	0.0140	0.0173	0.0185
114 (570 sec)	c	0.1000	0.0995	0.0984	0.0968	0.0944	0.0909	0.0864	0.0832	0.0820
	q	0.7720	0.7654	0.7552	0.7409	0.7215	0.6959	0.6627	0.6387	0.6281
	h	0.0000	0.0005	0.0016	0.0032	0.0056	0.0091	0.0136	0.0168	0.0180
115 (575 sec)	c	0.1000	0.0995	0.0985	0.0969	0.0945	0.0912	0.0867	0.0836	0.0825

	q	0.7722	0.7658	0.7559	0.7420	0.7231	0.6981	0.6656	0.6421	0.6318
	h	0.0000	0.0005	0.0015	0.0031	0.0055	0.0088	0.0133	0.0164	0.0175
116 (580 sec)	c	0.1000	0.0995	0.0985	0.0970	0.0947	0.0915	0.0871	0.0841	0.0829
	q	0.7723	0.7661	0.7566	0.7430	0.7246	0.7002	0.6685	0.6455	0.6355
	h	0.0000	0.0005	0.0015	0.0030	0.0053	0.0085	0.0129	0.0159	0.0171
117 (585 sec)	c	0.1000	0.0995	0.0986	0.0971	0.0949	0.0917	0.0874	0.0845	0.0834
	q	0.7724	0.7665	0.7572	0.7440	0.7261	0.7023	0.6712	0.6489	0.6391
	h	0.0000	0.0005	0.0014	0.0029	0.0051	0.0083	0.0126	0.0155	0.0166
118 (590 sec)	c	0.1000	0.0995	0.0986	0.0972	0.0950	0.0920	0.0878	0.0849	0.0838
	q	0.7725	0.7668	0.7578	0.7450	0.7275	0.7043	0.6740	0.6521	0.6426
	h	0.0000	0.0005	0.0014	0.0028	0.0050	0.0080	0.0122	0.0151	0.0162
119 (595 sec)	c	0.1000	0.0996	0.0987	0.0973	0.0952	0.0922	0.0881	0.0853	0.0843
	q	0.7727	0.7671	0.7584	0.7460	0.7289	0.7062	0.6766	0.6553	0.6460
	h	0.0000	0.0004	0.0013	0.0027	0.0048	0.0078	0.0119	0.0147	0.0157
120 (600 sec)	c	0.1000	0.0996	0.0987	0.0974	0.0953	0.0924	0.0885	0.0857	0.0847
	q	0.7728	0.7674	0.7590	0.7469	0.7303	0.7082	0.6792	0.6584	0.6493
	h	0.0000	0.0004	0.0013	0.0026	0.0047	0.0076	0.0115	0.0143	0.0153
121 (605 sec)	c	0.1000	0.0996	0.0988	0.0975	0.0955	0.0926	0.0888	0.0861	0.0851
	q	0.7729	0.7677	0.7595	0.7478	0.7316	0.7100	0.6817	0.6614	0.6526
	h	0.0000	0.0004	0.0012	0.0025	0.0045	0.0074	0.0112	0.0139	0.0149
122 (610 sec)	c	0.1000	0.0996	0.0988	0.0975	0.0956	0.0929	0.0891	0.0865	0.0855
	q	0.7730	0.7680	0.7600	0.7486	0.7329	0.7118	0.6842	0.6643	0.6558
	h	0.0000	0.0004	0.0012	0.0025	0.0044	0.0071	0.0109	0.0135	0.0145
123 (615 sec)	c	0.1000	0.0996	0.0989	0.0976	0.0957	0.0931	0.0894	0.0869	0.0859
	q	0.7731	0.7682	0.7605	0.7495	0.7342	0.7136	0.6866	0.6672	0.6589
	h	0.0000	0.0004	0.0011	0.0024	0.0043	0.0069	0.0106	0.0131	0.0141
124 (620 sec)	c	0.1000	0.0996	0.0989	0.0977	0.0959	0.0933	0.0897	0.0872	0.0863
	q	0.7732	0.7685	0.7610	0.7503	0.7354	0.7153	0.6890	0.6700	0.6619
	h	0.0000	0.0004	0.0011	0.0023	0.0041	0.0067	0.0103	0.0128	0.0137
125 (625 sec)	c	0.1000	0.0996	0.0989	0.0978	0.0960	0.0935	0.0900	0.0876	0.0867
	q	0.7733	0.7687	0.7615	0.7511	0.7365	0.7170	0.6912	0.6728	0.6649
	h	0.0000	0.0004	0.0011	0.0022	0.0040	0.0065	0.0100	0.0124	0.0133
126 (630 sec)	c	0.1000	0.0997	0.0990	0.0978	0.0961	0.0937	0.0903	0.0879	0.0870
	q	0.7733	0.7690	0.7620	0.7518	0.7377	0.7186	0.6935	0.6754	0.6677
	h	0.0000	0.0003	0.0010	0.0022	0.0039	0.0063	0.0097	0.0121	0.0130
127 (635 sec)	c	0.1000	0.0997	0.0990	0.0979	0.0963	0.0938	0.0905	0.0883	0.0874
	q	0.7734	0.7692	0.7624	0.7526	0.7388	0.7202	0.6956	0.6780	0.6706
	h	0.0000	0.0003	0.0010	0.0021	0.0037	0.0062	0.0095	0.0117	0.0126
128 (640 sec)	c	0.1000	0.0997	0.0991	0.0980	0.0964	0.0940	0.0908	0.0886	0.0877
	q	0.7735	0.7694	0.7629	0.7533	0.7399	0.7218	0.6978	0.6806	0.6733
	h	0.0000	0.0003	0.0009	0.0020	0.0036	0.0060	0.0092	0.0114	0.0123
129 (645 sec)	c	0.1000	0.0997	0.0991	0.0981	0.0965	0.0942	0.0911	0.0889	0.0881
	q	0.7736	0.7696	0.7633	0.7540	0.7409	0.7233	0.6998	0.6831	0.6760
	h	0.0000	0.0003	0.0009	0.0019	0.0035	0.0058	0.0089	0.0111	0.0119
130 (650 sec)	c	0.1000	0.0997	0.0991	0.0981	0.0966	0.0944	0.0913	0.0892	0.0884

	q	0.7736	0.7698	0.7637	0.7546	0.7419	0.7247	0.7019	0.6855	0.6786
	h	0.0000	0.0003	0.0009	0.0019	0.0034	0.0056	0.0087	0.0108	0.0116
131 (655 sec)	c	0.1000	0.0997	0.0991	0.0982	0.0967	0.0945	0.0916	0.0895	0.0887
	q	0.7737	0.7700	0.7641	0.7553	0.7429	0.7261	0.7038	0.6879	0.6811
	h	0.0000	0.0003	0.0009	0.0018	0.0033	0.0055	0.0084	0.0105	0.0113
132 (660 sec)	c	0.1000	0.0997	0.0992	0.0982	0.0968	0.0947	0.0918	0.0898	0.8890
	q	0.7738	0.7702	0.7644	0.7559	0.7439	0.7275	0.7057	0.6902	0.6836
	h	0.0000	0.0003	0.0008	0.0018	0.0032	0.0053	0.0082	0.0102	0.0110
133 (665 sec)	c	0.1000	0.0997	0.0992	0.0983	0.0969	0.0949	0.0920	0.0901	0.0893
	q	0.7738	0.7704	0.7648	0.7565	0.7448	0.7289	0.7076	0.6924	0.6860
	h	0.0000	0.0003	0.0008	0.0017	0.0031	0.0051	0.0080	0.0099	0.0107
134 (670 sec)	c	0.1000	0.0997	0.0992	0.0984	0.0970	0.0950	0.0922	0.0904	0.0896
	q	0.7739	0.7706	0.7652	0.7571	0.7457	0.7302	0.7094	0.6946	0.6884
	h	0.0000	0.0003	0.0008	0.0016	0.0030	0.0050	0.0078	0.0096	0.0104
135 (675 sec)	c	0.1000	0.0998	0.0993	0.0984	0.0971	0.0952	0.0925	0.0906	0.0899
	q	0.7739	0.7707	0.7655	0.7577	0.7466	0.7314	0.7112	0.6967	0.6907
	h	0.0000	0.0002	0.0007	0.0016	0.0029	0.0048	0.0075	0.0094	0.0101
140 (680 sec)	c	0.1000	0.0998	0.0993	0.0985	0.0972	0.0953	0.0927	0.0909	0.0902
	q	0.7740	0.7709	0.7658	0.7582	0.7475	0.7327	0.7129	0.6988	0.6930
	h	0.0000	0.0002	0.0007	0.0015	0.0028	0.0047	0.0073	0.0091	0.0098
145 (685 sec)	c	0.1000	0.0998	0.0993	0.0985	0.0973	0.0955	0.0929	0.0911	0.0905
	q	0.7740	0.7711	0.7661	0.7588	0.7483	0.7339	0.7146	0.7009	0.6952
	h	0.0000	0.0002	0.0007	0.0015	0.0027	0.0045	0.0071	0.0089	0.0095
150 (690 sec)	c	0.1000	0.0998	0.0993	0.0986	0.0974	0.0956	0.0931	0.0914	0.0907
	q	0.7741	0.7712	0.7664	0.7593	0.7491	0.7351	0.7162	0.7028	0.6973
	h	0.0000	0.0002	0.0007	0.0014	0.0026	0.0044	0.0069	0.0086	0.0093
151 (695 sec)	c	0.1000	0.0998	0.0994	0.0986	0.0974	0.0957	0.0933	0.0916	0.0910
	q	0.7741	0.7713	0.7667	0.7598	0.7499	0.7362	0.7178	0.7048	0.6994
	h	0.0000	0.0002	0.0006	0.0014	0.0026	0.0043	0.0067	0.0084	0.0090
152 (700 sec)	c	0.1000	0.0998	0.0994	0.0987	0.0975	0.0958	0.0935	0.0919	0.0913
	q	0.7742	0.7715	0.7670	0.7603	0.7506	0.7373	0.7194	0.7066	0.7014
	h	0.0000	0.0002	0.0006	0.0013	0.0025	0.0042	0.0065	0.0081	0.0087
153 (705 sec)	c	0.1000	0.0998	0.0994	0.0987	0.0976	0.0960	0.0937	0.0921	0.0915
	q	0.7742	0.7716	0.7673	0.7608	0.7514	0.7384	0.7209	0.7085	0.7034
	h	0.0000	0.0002	0.0006	0.0013	0.0024	0.0040	0.0063	0.0079	0.0085
154 (710 sec)	c	0.1000	0.0998	0.0994	0.0987	0.0977	0.0961	0.0938	0.0923	0.0917
	q	0.7742	0.7717	0.7676	0.7612	0.7521	0.7394	0.7224	0.7103	0.7053
	h	0.0000	0.0002	0.0006	0.0013	0.0023	0.0039	0.0062	0.0077	0.0083
155 (715 sec)	c	0.1000	0.0998	0.0994	0.0988	0.0977	0.0962	0.0940	0.0925	0.0920
	q	0.7743	0.7719	0.7678	0.7617	0.7528	0.7405	0.7238	0.7120	0.7072
	h	0.0000	0.0002	0.0006	0.0012	0.0023	0.0038	0.0060	0.0075	0.0080
156 (720 sec)	c	0.1000	0.0998	0.0995	0.0988	0.0978	0.0963	0.0942	0.0927	0.0922
	q	0.7743	0.7720	0.7681	0.7621	0.7535	0.7415	0.7252	0.7137	0.7090
	h	0.0000	0.0002	0.0005	0.0012	0.0022	0.0037	0.0058	0.0073	0.0078
157 (725 sec)	c	0.1000	0.0998	0.0995	0.0989	0.0979	0.0964	0.0944	0.0929	0.0924

	q	0.7743	0.7721	0.7683	0.7625	0.7541	0.7424	0.7266	0.7154	0.7108
	h	0.0000	0.0002	0.0005	0.0011	0.0021	0.0036	0.0056	0.0071	0.0076
158 (730 sec)	c	0.1000	0.0998	0.0995	0.0989	0.0980	0.0965	0.0945	0.0931	0.0926
	q	0.7744	0.7722	0.7685	0.7629	0.7547	0.7434	0.7279	0.7170	0.7125
	h	0.0000	0.0002	0.0005	0.0011	0.0020	0.0035	0.0055	0.0069	0.0074
159 (735 sec)	c	0.1000	0.0998	0.0995	0.0989	0.0980	0.0966	0.0947	0.0933	0.0928
	q	0.7744	0.7723	0.7688	0.7633	0.7554	0.7443	0.7292	0.7185	0.7142
	h	0.0000	0.0002	0.0005	0.0011	0.0020	0.0034	0.0053	0.0067	0.0072
160 (740 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0995	0.0990	0.0981	0.0967	0.0948	0.0935	0.0930
	q	0.7744	0.7724	0.7690	0.7637	0.7559	0.7452	0.7305	0.7201	0.7159
	h	0.0000	0.0001	0.0005	0.0010	0.0019	0.0033	0.0052	0.0065	0.0070
161 (745 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0996	0.0990	0.0981	0.0968	0.0950	0.0937	0.0932
	q	0.7745	0.7725	0.7692	0.7640	0.7565	0.7460	0.7317	0.7216	0.7175
	h	0.0000	0.0001	0.0004	0.0010	0.0019	0.0032	0.0050	0.0063	0.0068
162 (750 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0996	0.0990	0.0982	0.0969	0.0951	0.0939	0.0934
	q	0.7745	0.7726	0.7694	0.7644	0.7571	0.7469	0.7329	0.7230	0.7190
	h	0.0000	0.0001	0.0004	0.0010	0.0018	0.0031	0.0049	0.0061	0.0066
163 (755 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0996	0.0991	0.0983	0.0970	0.0953	0.0941	0.0936
	q	0.7745	0.7727	0.7696	0.7647	0.7576	0.7477	0.7340	0.7244	0.7206
	h	0.0000	0.0001	0.0004	0.0009	0.0017	0.0030	0.0047	0.0059	0.0064
164 (760 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0996	0.0991	0.0983	0.0971	0.0954	0.0942	0.0938
	q	0.7745	0.7728	0.7698	0.7651	0.7582	0.7485	0.7352	0.7258	0.7220
	h	0.0000	0.0001	0.0004	0.0009	0.0017	0.0029	0.0046	0.0058	0.0062
165 (765 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0996	0.0991	0.0984	0.0972	0.0955	0.0944	0.0940
	q	0.7745	0.7729	0.7699	0.7654	0.7587	0.7492	0.7363	0.7271	0.7235
	h	0.0000	0.0001	0.0004	0.0009	0.0016	0.0028	0.0045	0.0056	0.0060
166 (770 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0996	0.0992	0.0984	0.0973	0.0957	0.0946	0.0941
	q	0.7746	0.7730	0.7701	0.7657	0.7592	0.7500	0.7374	0.7285	0.7249
	h	0.0000	0.0001	0.0004	0.0008	0.0016	0.0027	0.0043	0.0054	0.0059
167 (775 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0996	0.0992	0.0985	0.0974	0.0958	0.0947	0.0943
	q	0.7746	0.7730	0.7703	0.7660	0.7597	0.7507	0.7384	0.7297	0.7263
	h	0.0000	0.0001	0.0004	0.0008	0.0015	0.0026	0.0042	0.0053	0.0057
168 (780 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0997	0.0992	0.0985	0.0975	0.0959	0.0949	0.0945
	q	0.7746	0.7731	0.7705	0.7663	0.7601	0.7514	0.7394	0.7310	0.7276
	h	0.0000	0.0001	0.0003	0.0008	0.0015	0.0025	0.0041	0.0051	0.0055
169 (785 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0997	0.0992	0.0986	0.0975	0.0960	0.0950	0.0946
	q	0.7746	0.7732	0.7706	0.7666	0.7606	0.7521	0.7404	0.7322	0.7289
	h	0.0000	0.0001	0.0003	0.0008	0.0014	0.0025	0.0040	0.0050	0.0054
170 (790 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0997	0.0993	0.0986	0.0976	0.0961	0.0951	0.0948
	q	0.7746	0.7732	0.7708	0.7668	0.7610	0.7528	0.7414	0.7333	0.7302
	h	0.0000	0.0001	0.0003	0.0007	0.0014	0.0024	0.0039	0.0049	0.0052
171 (795 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0997	0.0993	0.0987	0.0977	0.0963	0.0953	0.0949
	q	0.7747	0.7733	0.7709	0.7671	0.7615	0.7534	0.7423	0.7345	0.7314
	h	0.0000	0.0001	0.0003	0.0007	0.0013	0.0023	0.0037	0.0047	0.0051
172 (800 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0997	0.0993	0.0987	0.0978	0.0964	0.0954	0.0951

	q	0.7747	0.7734	0.7711	0.7674	0.7619	0.7540	0.7432	0.7356	0.7326
	h	0.0000	0.0001	0.0003	0.0007	0.0013	0.0022	0.0036	0.0046	0.0049
173 (805 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0997	0.0993	0.0987	0.0978	0.0965	0.0956	0.0952
	q	0.7747	0.7734	0.7712	0.7676	0.7623	0.7547	0.7441	0.7367	0.7338
	h	0.0000	0.0001	0.0003	0.0007	0.0013	0.0022	0.0035	0.0044	0.0048
174 (810 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0997	0.0994	0.0988	0.0979	0.0966	0.0957	0.0954
	q	0.7747	0.7735	0.7713	0.7678	0.7627	0.7552	0.7450	0.7378	0.7349
	h	0.0000	0.0001	0.0003	0.0006	0.0012	0.0021	0.0034	0.0043	0.0046
175 (815 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0997	0.0994	0.0988	0.0979	0.0967	0.0958	0.0955
	q	0.7747	0.7736	0.7714	0.7681	0.7630	0.7558	0.7458	0.7388	0.7360
	h	0.0000	0.0001	0.0003	0.0006	0.0012	0.0021	0.0033	0.0042	0.0045
176 (820 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0997	0.0994	0.0989	0.0980	0.0968	0.0959	0.0956
	q	0.7747	0.7736	0.7716	0.7683	0.7634	0.7564	0.7466	0.7398	0.7371
	h	0.0000	0.0001	0.0003	0.0006	0.0011	0.0020	0.0032	0.0041	0.0044
177 (825 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0998	0.0994	0.0989	0.0981	0.0969	0.0960	0.0957
	q	0.7747	0.7737	0.7717	0.7685	0.7638	0.7569	0.7474	0.7408	0.7381
	h	0.0000	0.0001	0.0002	0.0006	0.0011	0.0019	0.0031	0.0040	0.0043
178 (830 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0998	0.0994	0.0989	0.0981	0.0970	0.0962	0.0959
	q	0.7748	0.7737	0.7718	0.7687	0.7641	0.7575	0.7482	0.7417	0.7392
	h	0.0000	0.0001	0.0002	0.0006	0.0011	0.0019	0.0030	0.0038	0.0041
179 (835 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0998	0.0995	0.0990	0.0982	0.0970	0.0963	0.0960
	q	0.7748	0.7738	0.7719	0.7689	0.7644	0.7580	0.7489	0.7426	0.7402
	h	0.0000	0.0001	0.0002	0.0005	0.0010	0.0018	0.0030	0.0037	0.0040
180 (840 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0998	0.0995	0.0990	0.0982	0.0971	0.0964	0.0961
	q	0.7748	0.7738	0.7720	0.7691	0.7648	0.7585	0.7497	0.7435	0.7411
	h	0.0000	0.0001	0.0002	0.0005	0.0010	0.0018	0.0029	0.0036	0.0039
181 (845 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0998	0.0995	0.0990	0.0983	0.0972	0.0965	0.0962
	q	0.7748	0.7739	0.7721	0.7693	0.7651	0.7590	0.7504	0.7444	0.7421
	h	0.0000	0.0001	0.0002	0.0005	0.0010	0.0017	0.0028	0.0035	0.0038
182 (850 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0998	0.0995	0.0991	0.0983	0.0973	0.0966	0.0963
	q	0.7748	0.7739	0.7722	0.7695	0.7654	0.7594	0.7511	0.7453	0.7430
	h	0.0000	0.0001	0.0002	0.0005	0.0009	0.0017	0.0027	0.0034	0.0037
183 (855 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0998	0.0995	0.0991	0.0984	0.0974	0.0967	0.0964
	q	0.7748	0.7739	0.7723	0.7697	0.7657	0.7599	0.7518	0.7461	0.7439
	h	0.0000	0.0001	0.0002	0.0005	0.0009	0.0016	0.0026	0.0033	0.0036
184 (860 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0998	0.0995	0.0991	0.0984	0.0975	0.0968	0.0965
	q	0.7748	0.7740	0.7724	0.7699	0.7660	0.7603	0.7524	0.7469	0.7447
	h	0.0000	0.0001	0.0002	0.0005	0.0009	0.0016	0.0025	0.0032	0.0035
185 (865 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0998	0.0996	0.0991	0.0985	0.0975	0.0969	0.0966
	q	0.7748	0.7740	0.7725	0.7700	0.7663	0.7608	0.7531	0.7477	0.7456
	h	0.0000	0.0001	0.0002	0.0004	0.0009	0.0015	0.0025	0.0031	0.0034
186 (870 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0998	0.0996	0.0992	0.0985	0.0976	0.0970	0.0967
	q	0.7748	0.7741	0.7726	0.7702	0.7665	0.7612	0.7537	0.7484	0.7464
	h	0.0000	0.0001	0.0002	0.0004	0.0008	0.0015	0.0024	0.0030	0.0033
187 (875 sec)	c	0.1000	0.0999	0.0998	0.0996	0.0992	0.0986	0.0977	0.0971	0.0968

	q	0.7748	0.7741	0.7727	0.7704	0.7668	0.7616	0.7543	0.7492	0.7472
	h	0.0000	0.0001	0.0002	0.0004	0.0008	0.0014	0.0023	0.0029	0.0032
188 (880 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0996	0.0992	0.0986	0.0977	0.0971	0.0969
	q	0.7748	0.7741	0.7728	0.7705	0.7670	0.7620	0.7549	0.7499	0.7480
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0004	0.0008	0.0014	0.0023	0.0029	0.0031
189 (885 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0998	0.0997	0.0993	0.0987	0.0978	0.0972	0.0970
	q	0.7749	0.7742	0.7728	0.7707	0.7673	0.7624	0.7554	0.7506	0.7488
	h	0.0000	0.0000	0.0002	0.0003	0.0007	0.0013	0.0022	0.0028	0.0030
190 (890 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0998	0.0996	0.0993	0.0987	0.0979	0.0973	0.0971
	q	0.7749	0.7742	0.7729	0.7708	0.7675	0.7628	0.7560	0.7513	0.7495
	h	0.0000	0.0000	0.0002	0.0004	0.0007	0.0013	0.0021	0.0027	0.0029
191 (895 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0998	0.0996	0.0993	0.0988	0.0979	0.0974	0.0972
	q	0.7749	0.7742	0.7730	0.7709	0.7678	0.7631	0.7565	0.7520	0.7502
	h	0.0000	0.0000	0.0002	0.0004	0.0007	0.0012	0.0021	0.0026	0.0028
192 (900 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0997	0.0993	0.0988	0.0980	0.0975	0.0973
	q	0.7749	0.7742	0.7731	0.7711	0.7680	0.7635	0.7571	0.7526	0.7509
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0007	0.0012	0.0020	0.0025	0.0027
193 (905 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0997	0.0993	0.0988	0.0981	0.0976	0.0974
	q	0.7749	0.7743	0.7731	0.7712	0.7682	0.7638	0.7576	0.7532	0.7516
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0007	0.0012	0.0019	0.0024	0.0026
194 (910 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0997	0.0994	0.0989	0.0981	0.0976	0.0975
	q	0.7749	0.7743	0.7732	0.7713	0.7684	0.7641	0.7581	0.7539	0.7523
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0006	0.0011	0.0019	0.0024	0.0025
195 (915 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0997	0.0994	0.0989	0.0982	0.0977	0.0975
	q	0.7749	0.7743	0.7733	0.7714	0.7686	0.7645	0.7586	0.7545	0.7529
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0006	0.0011	0.0018	0.0023	0.0025
196 (920 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0997	0.0994	0.0989	0.0982	0.0978	0.0976
	q	0.7749	0.7744	0.7733	0.7716	0.7688	0.7648	0.7590	0.7550	0.7535
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0006	0.0011	0.0018	0.0022	0.0024
197 (925 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0997	0.0994	0.0990	0.0983	0.0978	0.0977
	q	0.7749	0.7744	0.7734	0.7717	0.7690	0.7651	0.7595	0.7556	0.7542
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0006	0.0010	0.0017	0.0022	0.0023
198 (930 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0997	0.0994	0.0990	0.0983	0.0979	0.0977
	q	0.7749	0.7744	0.7734	0.7718	0.7692	0.7654	0.7599	0.7562	0.7547
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0006	0.0010	0.0017	0.0021	0.0023
199 (935 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0997	0.0995	0.0990	0.0984	0.0980	0.0978
	q	0.7749	0.7744	0.7735	0.7719	0.7694	0.7657	0.7604	0.7567	0.7553
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0005	0.0010	0.0016	0.0020	0.0022
200 (940 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0997	0.0995	0.0991	0.0984	0.0980	0.0979
	q	0.7749	0.7744	0.7735	0.7720	0.7696	0.7659	0.7608	0.7572	0.7559
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0005	0.0009	0.0016	0.0020	0.0021
201 (945 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0997	0.0995	0.0991	0.0985	0.0981	0.0979
	q	0.7749	0.7745	0.7736	0.7721	0.7697	0.7662	0.7612	0.7577	0.7564
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0005	0.0009	0.0015	0.0019	0.0021
202 (950 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0998	0.0996	0.0994	0.0991	0.0990

	q	0.7749	0.7745	0.7736	0.7722	0.7699	0.7666	0.7617	0.7584	0.7571
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0004	0.0006	0.0009	0.0010
203 (955 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998	0.0996	0.0995	0.0995
	q	0.7749	0.7745	0.7737	0.7723	0.7702	0.7669	0.7623	0.7591	0.7579
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0004	0.0005	0.0005
204 (960 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0997	0.0996	0.0995
	q	0.7749	0.7745	0.7738	0.7724	0.7704	0.7673	0.7628	0.7598	0.7586
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004	0.0005
205 (965 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0997	0.0996	0.0996
	q	0.7749	0.7745	0.7738	0.7725	0.7706	0.7676	0.7634	0.7604	0.7593
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004	0.0004
206 (970 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0997	0.0996	0.0996
	q	0.7749	0.7746	0.7739	0.7726	0.7707	0.7679	0.7639	0.7611	0.7600
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004	0.0004
205 (975 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0997	0.0996	0.0996
	q	0.7749	0.7746	0.7739	0.7727	0.7709	0.7682	0.7643	0.7617	0.7606
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004	0.0004
206 (980 sec)	c	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0997	0.0996	0.0996
	q	0.7749	0.7746	0.7739	0.7728	0.7711	0.7685	0.7648	0.7622	0.7613
	h	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004	0.0004
207 (985 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0998	0.0997	0.0997	0.0996
	q	0.7749	0.7746	0.7740	0.7729	0.7713	0.7688	0.7652	0.7628	0.7619
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0003	0.0004
208 (990 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0998	0.0997	0.0997	0.0996
	q	0.7749	0.7746	0.7740	0.7730	0.7714	0.7690	0.7656	0.7633	0.7624
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0003	0.0004
209 (995 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0998	0.0997	0.0997	0.0997
	q	0.7749	0.7746	0.7741	0.7731	0.7716	0.7693	0.7660	0.7638	0.7630
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003
210 (1000 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998	0.0997	0.0997
	q	0.7749	0.7746	0.7741	0.7732	0.7717	0.7695	0.7664	0.7643	0.7635
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
211 (1005 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998	0.0997	0.0997
	q	0.7749	0.7747	0.7741	0.7732	0.7718	0.7698	0.7668	0.7647	0.7640
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
212 (1010 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998	0.0997	0.0997
	q	0.7750	0.7747	0.7742	0.7733	0.7720	0.7700	0.7671	0.7652	0.7644
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
213 (1015 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0997	0.0997
	q	0.7750	0.7747	0.7742	0.7734	0.7721	0.7702	0.7675	0.7656	0.7649
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0003
214 (1020 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0997	0.0997
	q	0.7750	0.7747	0.7742	0.7734	0.7722	0.7704	0.7678	0.7660	0.7653
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0003
215 (1025 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0997	0.0997

	q	0.7750	0.7747	0.7743	0.7735	0.7723	0.7706	0.7681	0.7664	0.7657
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0003
216 (1030 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998	0.0997
	q	0.7750	0.7747	0.7743	0.7736	0.7725	0.7708	0.7684	0.7668	0.7661
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003
217 (1035 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998	0.0998
	q	0.7750	0.7747	0.7743	0.7736	0.7726	0.7710	0.7687	0.7671	0.7665
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002
218 (1040 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998	0.0998
	q	0.7750	0.7747	0.7743	0.7737	0.7727	0.7711	0.7689	0.7674	0.7669
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002
219 (1045 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998	0.0998
	q	0.7750	0.7747	0.7744	0.7737	0.7728	0.7713	0.7692	0.7678	0.7672
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002
220 (1050 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998	0.0998
	q	0.7750	0.7747	0.7744	0.7738	0.7728	0.7715	0.7695	0.7681	0.7675
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002
221 (1055 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998	0.0998
	q	0.7750	0.7748	0.7744	0.7738	0.7729	0.7716	0.7697	0.7684	0.7679
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002
222 (1060 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998	0.0998
	q	0.7750	0.7748	0.7744	0.7739	0.7730	0.7717	0.7699	0.7686	0.7682
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002
223 (1065 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998	0.0998
	q	0.7750	0.7748	0.7744	0.7739	0.7731	0.7719	0.7701	0.7689	0.7685
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002
224 (1070 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998
	q	0.7750	0.7748	0.7745	0.7740	0.7732	0.7720	0.7703	0.7692	0.7687
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002
225 (1075 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998
	q	0.7750	0.7748	0.7745	0.7740	0.7733	0.7721	0.7705	0.7694	0.7690
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002
226 (1080 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998
	q	0.7750	0.7748	0.7745	0.7740	0.7733	0.7723	0.7707	0.7697	0.7693
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002
227 (1085 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998
	q	0.7750	0.7748	0.7745	0.7741	0.7734	0.7724	0.7709	0.7699	0.7695
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002
228 (1090 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998
	q	0.7750	0.7748	0.7745	0.7741	0.7735	0.7725	0.7711	0.7701	0.7697
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002
229 (1095 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	0.0998
	q	0.7750	0.7748	0.7745	0.7741	0.7735	0.7726	0.7712	0.7703	0.7699
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002
230 (1100 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998

	q	0.7750	0.7748	0.7746	0.7742	0.7736	0.7727	0.7714	0.7705	0.7702
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
231 (1105 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998
	q	0.7750	0.7748	0.7746	0.7742	0.7736	0.7728	0.7715	0.7707	0.7704
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
232 (1110 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999
	q	0.7750	0.7748	0.7746	0.7742	0.7737	0.7729	0.7717	0.7709	0.7706
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
233 (1115 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999
	q	0.7750	0.7748	0.7746	0.7743	0.7737	0.7730	0.7718	0.7710	0.7707
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
234 (1120 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999
	q	0.7750	0.7748	0.7746	0.7743	0.7738	0.7730	0.7720	0.7712	0.7709
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
235 (1125 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999
	q	0.7750	0.7748	0.7746	0.7743	0.7738	0.7731	0.7721	0.7714	0.7711
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
236 (1130 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999
	q	0.7750	0.7748	0.7746	0.7743	0.7739	0.7732	0.7722	0.7715	0.7713
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
237 (1135 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999
	q	0.7750	0.7748	0.7747	0.7744	0.7739	0.7733	0.7723	0.7717	0.7714
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
238 (1140 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999
	q	0.7750	0.7748	0.7747	0.7744	0.7740	0.7733	0.7724	0.7718	0.7716
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
239 (1145 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999
	q	0.7750	0.7748	0.7747	0.7744	0.7740	0.7734	0.7725	0.7719	0.7717
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
240 (1150 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999
	q	0.7750	0.7748	0.7747	0.7744	0.7740	0.7735	0.7726	0.7721	0.7718
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
241 (1155 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999
	q	0.7750	0.7749	0.7747	0.7744	0.7741	0.7735	0.7727	0.7722	0.7720
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
242 (1160 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999
	q	0.7750	0.7749	0.7747	0.7745	0.7741	0.7736	0.7728	0.7723	0.7721
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
243 (1165 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999
	q	0.7750	0.7749	0.7747	0.7745	0.7741	0.7736	0.7729	0.7724	0.7722
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
244 (1170 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999
	q	0.7750	0.7749	0.7747	0.7745	0.7742	0.7737	0.7730	0.7725	0.7723
	h	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
245 (1175 sec)	c	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999

APPENDIX D

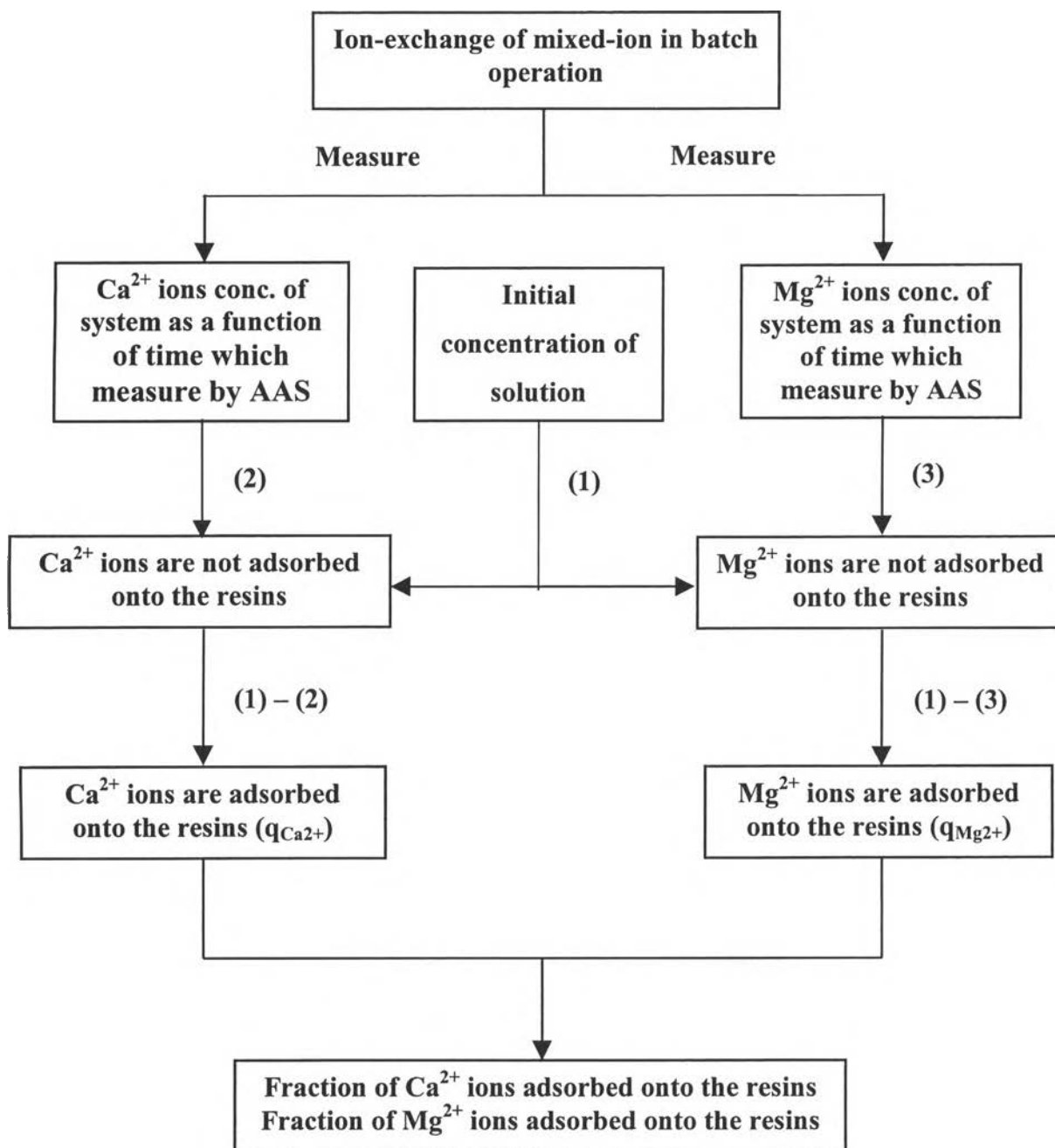


Figure D1 Diagram of fraction of metal ions adsorbed onto the resin calculation for batch operation

Table D1 Show the calcium concentration on the resin (q) as a function of time for batch operation (single ion solution) at a stirring rate of 750 rpm that is calculated from both the pH and calcium concentration in the liquid

From the data

Use: The calcium solution = 600 ml

Resin = 25.1616 gm

Density of resin = 1.18 gm/ml of solution

Initial Ca^{2+} = 0.203 meq/ml of solution

Final Ca^{2+} = 0.105 meq/ml of solution

So the total adsorbed of Ca^{2+} = $(0.203-0.105)*600/(25.1616/1.18)$
= 2.7575 meq/ml of resin

Adsorption rate of Ca^{2+} = $(0.203-0.144)/40$
= $1.475*10^{-3}$ meq/ml of solution*sec
= $1.475*10^{-3}*600/(25.1616/1.18)$
= 0.0415 meq/ml of resin*sec

Time (sec)	pH	h	Ca^{2+} conc. (N)	q (meq/ml resin)	
				pH	Conc. (N)
0	6.15	7.079E-07	0.203	0	0
10	1.44	0.0363	0.173	1.022	0.844
20	1.31	0.0490	0.159	1.378	1.238
40	1.27	0.0537	0.144	1.511	1.660
60	1.22	0.0603	0.135	1.695	1.913
90	1.16	0.0692	0.131	1.947	2.026
120	1.16	0.0692	0.125	1.947	2.195
150	1.16	0.0692	0.124	1.947	2.223
180	1.15	0.0708	0.121	1.992	2.307
210	1.15	0.0708	0.119	1.992	2.364
240	1.15	0.0708	0.118	1.992	2.392
270	1.15	0.0708	0.116	1.992	2.448
300	1.14	0.0724	0.114	2.038	2.504

360	1.14	0.0724	0.113	2.038	2.532
420	1.14	0.0724	0.111	2.038	2.589
480	1.14	0.0724	0.110	2.038	2.617
540	1.14	0.0724	0.109	2.038	2.645
600	1.14	0.0724	0.108	2.038	2.673
660	1.14	0.0724	0.108	2.038	2.673
720	1.14	0.0724	0.106	2.038	2.729
780	1.14	0.0724	0.106	2.038	2.729
840	1.14	0.0724	0.105	2.038	2.758
960	1.14	0.0724	0.105	2.038	2.758
1080	1.14	0.0724	0.105	2.038	2.758
1200	1.14	0.0724	0.105	2.038	2.758

Table D2 Show the calcium concentration on the resin (q) as a function of time for batch operation (mixed ion solution) at a stirring rate of 750 rpm that is calculated from calcium concentration in the liquid

From the data

Use: The mixed solution = 600 ml
 Resin = 25.1616 gm
 Density of resin = 1.18 gm/ml of solution

Initial Ca^{2+} = 0.203 meq/ml of solution

Final Ca^{2+} = 0.151 meq/ml of solution

So the total adsorbed of Ca^{2+} = $(0.203-0.151)*600/(25.1616/1.18)$
 = 1.463 meq/ml of resin

Adsorption rate of Ca^{2+} = $(0.203-0.178)/40$
 = $6.25*10^{-4}$ meq/ml of solution*sec
 = $6.25*10^{-4}*600/(25.1616/1.18)$
 = 0.0176 meq/ml of resin*sec

Time (sec)	Ca^{2+} Conc. (N)	$q_{\text{Ca}^{2+}}$ (meq/ml resin)
0	0.203	0.000
10	0.184	0.535
20	0.180	0.647
40	0.178	0.703
60	0.171	0.900
90	0.169	0.957
120	0.166	1.041
150	0.165	1.069
180	0.164	1.097
210	0.163	1.126
240	0.161	1.182

270	0.160	1.210
300	0.159	1.238
360	0.159	1.238
420	0.158	1.266
480	0.156	1.322
540	0.155	1.351
600	0.155	1.351
660	0.154	1.379
720	0.153	1.407
780	0.153	1.407
840	0.151	1.463
960	0.151	1.463
1080	0.151	1.463
1200	0.151	1.463

Table D3 Show the magnesium concentration on the resin (q) as a function of time for batch operation (mixed ion solution) at a stirring rate 750 rpm that is calculated from magnesium concentration in the liquid

From the data

Use: The mixed solution = 600 ml
 Resin = 25.1616 gm
 Density of resin = 1.18 gm/ml of solution

Initial Mg^{2+} = 0.208 meq/ml of solution

Final Mg^{2+} = 0.175 meq/ml of solution

So the total adsorbed of Mg^{2+} = $(0.208-0.175)*600/(25.1616/1.18)$
 = 0.9286 meq/ml of resin

Adsorption rate of Mg^{2+} = $(0.208-0.192)/40$
 = $4.0*10^{-4}$ meq/ml of solution*sec
 = $4.0*10^{-4}*600/(25.1616/1.18)$
 = 0.0113 meq/ml of resin*sec

Time (sec)	Mg^{2+} Conc. (N)	$q_{Mg^{2+}}$ (meq/ml resin)
0	0.208	0.000
10	0.200	0.225
20	0.192	0.450
40	0.192	0.450
60	0.183	0.703
90	0.183	0.703
120	0.183	0.703
150	0.183	0.703
180	0.183	0.703
210	0.183	0.703
240	0.183	0.703
270	0.183	0.703

300	0.175	0.929
360	0.175	0.929
420	0.175	0.929
480	0.175	0.929
540	0.175	0.929
600	0.175	0.929
660	0.175	0.929
720	0.175	0.929
780	0.175	0.929
840	0.175	0.929
960	0.175	0.929
1080	0.175	0.929
1200	0.175	0.929

Table D4 Show the calcium and magnesium concentration on the resin (q) as a function of time for batch operation (mixed ion solution) at a stirring rate of 750 rpm that is calculated from pH value in the liquid

From the data

Use: The mixed solution = 600 ml
 Resin = 25.1616 gm
 Density of resin = 1.18 gm/ml of solution

Initial H^+ = 0 meq/ml of solution

Final H^+ = 0.0955 meq/ml of solution

So the total adsorbed of Mg^{2+} = $(0.0955-0)*600/(25.1616/1.18)$
 = 2.6872 meq/ml of resin

$q_{e_{total}} = q_{e_{Ca^{2+}}} + q_{e_{Mg^{2+}}} = 2.6872$ meq/ml of resin

Time (sec)	pH	h_{total}	q_{total} (meq/ml resin)
0	5.46	0.000	0.000
10	1.36	0.044	1.228
20	1.24	0.058	1.619
40	1.15	0.071	1.992
60	1.11	0.078	2.184
90	1.06	0.087	2.451
120	1.05	0.089	2.508
150	1.04	0.091	2.566
180	1.03	0.093	2.626
210	1.03	0.093	2.626
240	1.03	0.093	2.626
270	1.03	0.093	2.626
300	1.03	0.093	2.626
360	1.03	0.093	2.626
420	1.03	0.093	2.626
480	1.03	0.093	2.626

540	1.03	0.093	2.626
600	1.03	0.093	2.626
660	1.02	0.095	2.687
720	1.02	0.095	2.687
780	1.02	0.095	2.687
840	1.02	0.095	2.687
960	1.02	0.095	2.687
1080	1.02	0.095	2.687
1200	1.02	0.095	2.687

In batch operation (mixed ion solution)

$$\begin{aligned} \text{Total metal adsorption} &= 1.463 + 0.9286 \\ &= 2.3916 \text{ meq/ml resin} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Fraction of Ca}^{2+} \text{ adsorbed onto the resin} & \\ &= (1.463/2.3916)*100 \\ &= 61.17 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Fraction of Mg}^{2+} \text{ adsorbed onto the resin} & \\ &= (0.9286/2.3916)*100 \\ &= 38.83 \% \end{aligned}$$

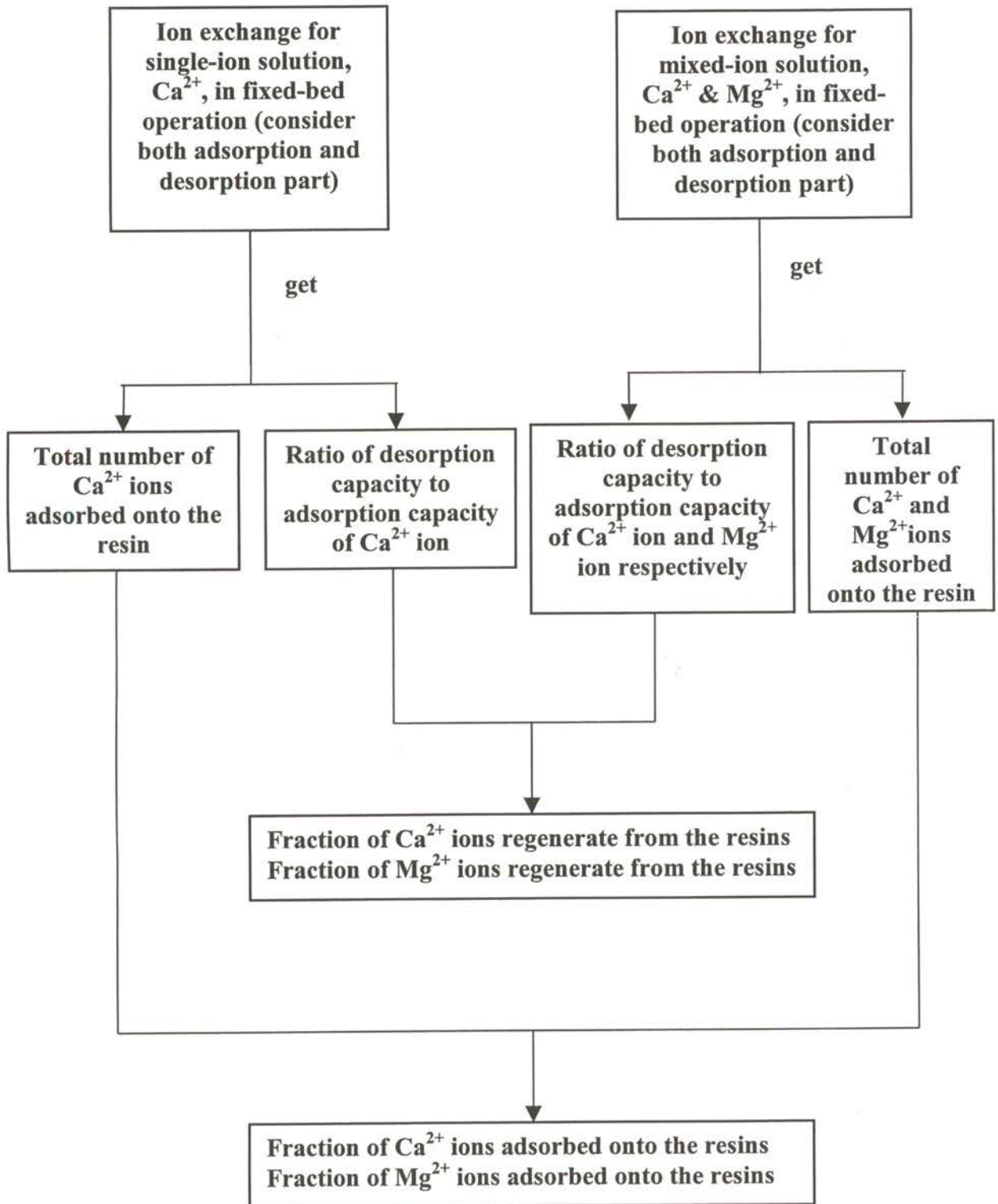


Figure D2 Diagram of fraction of ions adsorbed onto the resin and desorbed from the resin calculation for fixed-bed operation

Table D5 The Ca^{2+} ions concentration vs. time and number of Ca^{2+} ions adsorbed onto the resins

Adsorption part for mixed ion solution
exchange with the resin at flowrate 100 ml/min

$$\begin{aligned} C_0 &= 0.1 \text{ meq Ca}^{2+}/\text{ml of sol.} \\ \text{Flowrate} &= 1.67 \text{ ml of solution/sec} \\ \text{no. of Ca}^{2+} \text{ inlet} &= 0.167 \text{ meq Ca}^{2+}/\text{sec} \end{aligned}$$

Time (sec)	Ca^{2+} conc. (N)	no. of adsorbed Ca^{2+} ions (meq Ca^{2+} /ml of solution)	no. of adsorbed Ca^{2+} ions (meq Ca^{2+} /sec)	
0	0.000	0.100	0.167	
10	0.000	0.100	0.167	1.670
20	0.000	0.100	0.167	1.670
30	0.000	0.100	0.167	1.670
40	0.000	0.100	0.167	1.670
50	0.000	0.100	0.167	1.670
60	0.000	0.100	0.167	1.670
120	0.002	0.098	0.164	9.820
180	0.003	0.097	0.162	9.719
240	0.009	0.091	0.152	9.118
300	0.023	0.077	0.129	7.715
360	0.041	0.059	0.099	5.912
420	0.054	0.046	0.077	4.609
480	0.068	0.032	0.053	3.206
540	0.075	0.025	0.042	2.505
600	0.080	0.020	0.033	2.004
660	0.085	0.015	0.025	1.503
720	0.090	0.010	0.017	1.002

$$\begin{aligned} e_0 &= 0.41 \\ e &= 0.39487 \\ h_0 &= 24 \text{ cm} \\ h &= 23.4 \text{ cm} \\ V_t &= 153.167 \text{ ml} \\ VR &= (1-e) \cdot V_t \\ &= 92.6858 \text{ ml} \\ qt &= 69.338/92.686 \\ &= 0.748 \text{ meq/ml resin} \end{aligned}$$

780	0.092	0.008	0.013	0.802
840	0.094	0.006	0.010	0.601
900	0.097	0.003	0.005	0.301
960	0.098	0.002	0.003	0.200
1020	0.099	0.001	0.002	0.100
1080	0.099	0.001	0.002	0.100
1140	0.099	0.001	0.002	0.100
1200	0.100	0.000	0.000	0.000
1260	0.100	0.000	0.000	0.000
1320	0.100	0.000	0.000	0.000
1380	0.100	0.000	0.000	0.000
1440	0.100	0.000	0.000	0.000
1500	0.100	0.000	0.000	0.000
1560	0.100	0.000	0.000	0.000
1620	0.100	0.000	0.000	0.000
1680	0.100	0.000	0.000	0.000
1740	0.100	0.000	0.000	0.000
1800	0.100	0.000	0.000	0.000
1860	0.100	0.000	0.000	0.000
1920	0.100	0.000	0.000	0.000
1980	0.100	0.000	0.000	0.000
2040	0.100	0.000	0.000	0.000
2100	0.100	0.000	0.000	0.000
2160	0.100	0.000	0.000	0.000
2220	0.100	0.000	0.000	0.000
2280	0.100	0.000	0.000	0.000
2340	0.100	0.000	0.000	0.000

2400	0.100	0.000	0.000	0.000
2460	0.100	0.000	0.000	0.000
2520	0.100	0.000	0.000	0.000
2580	0.100	0.000	0.000	0.000
2640	0.100	0.000	0.000	0.000
2700	0.100	0.000	0.000	0.000
2760	0.100	0.000	0.000	0.000
2820	0.100	0.000	0.000	0.000
2880	0.100	0.000	0.000	0.000
2940	0.100	0.000	0.000	0.000
3000	0.100	0.000	0.000	0.000
Total no. of adsorbed Ca ²⁺ (meq Ca ²⁺ / sec)				69.3384

Note : at 0.1 N in mixed-ion system (use mean value)

Total number of Ca²⁺ ions adsorbed = 1.55 meq Ca²⁺/ml of solution

Total number of Mg²⁺ ions adsorbed = 1.292 meq Mg²⁺/ml of solution

In fixed-bed operation (mixed-ion solution)

$$\begin{aligned} \text{Total metal adsorption} &= 1.55+1.292 \\ &= 2.842 \text{ meq/ml of solution} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fraction of Ca}^{2+} \text{ adsorbed onto the resin} \\ &= (1.55/2.842)*100 \\ &= 54.54\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fraction of Mg}^{2+} \text{ adsorbed onto the resin} \\ &= (1.292/2.842)*100 \\ &= 45.46\% \end{aligned}$$

Table D6 The Ca^{2+} ions concentration vs. time and number of Ca^{2+} ions desorbed from the resin

Regenerate $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{H}^+$ ion exchange in fixed bed operation
at flowrate 100 ml/min (mixed-ion solution)

$C_0 = 0.1$ meq Ca^{2+} / ml solution
 Flow rate = 1.67 ml of solution/sec
 no. of Ca^{2+} inlet = 0.167 meq Ca^{2+} / sec

Time sec	Ca^{2+} Conc. (N)	no. of desorbed Ca^{2+} (meq Ca^{2+} /sec)	
0	0.000	0.000	
10	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000
30	0.001	0.002	0.017
40	0.004	0.007	0.067
50	0.009	0.015	0.150
60	0.032	0.053	0.534
120	0.053	0.089	5.311
180	0.064	0.107	6.413
240	0.051	0.085	5.110
300	0.040	0.067	4.008
360	0.035	0.058	3.507
420	0.030	0.050	3.006
480	0.027	0.045	2.705
540	0.025	0.042	2.505
600	0.022	0.037	2.204

$e_0 = 0.41$
 $e = 0.3974$
 $h = 23.5$ cm
 $h_0 = 24$ cm
 $V_t = 149.9762$ ml
 $VR = (1-e)/V_t$
 $= 90.3686$ ml

$q_d \text{ of } \text{Ca}^{2+} = 51.870/90.369$
 $= 0.5740$ meq/ml resin

mean $q_d \text{ of } \text{Ca}^{2+} = 0.581$ meq/ml resin

660	0.020	0.033	2.004
720	0.018	0.030	1.804
780	0.016	0.027	1.603
840	0.015	0.025	1.503
900	0.013	0.022	1.303
960	0.011	0.018	1.102
1020	0.010	0.017	1.002
1080	0.009	0.015	0.902
1140	0.007	0.012	0.701
1200	0.006	0.010	0.601
1260	0.006	0.010	0.601
1320	0.005	0.008	0.501
1380	0.005	0.008	0.501
1440	0.004	0.007	0.401
1500	0.004	0.007	0.401
1560	0.003	0.005	0.301
1620	0.003	0.005	0.301
1680	0.003	0.005	0.301
1740	0.002	0.003	0.200
1800	0.002	0.003	0.200
1860	0.001	0.002	0.100
1920	0.000	0.000	0.000
1980	0.000	0.000	0.000
2040	0.000	0.000	0.000
2100	0.000	0.000	0.000
2160	0.000	0.000	0.000
2220	0.000	0.000	0.000

From the adsorption part
 mean qt of Ca^{2+} = 1.011 meq/ml resin

So $q_d/q_t = 0.581/1.011$
 $= 0.5750$

Ca^{2+} desorbed from the resin = 57.5 % of Ca^{2+} adsorbed onto the re

2280	0.000	0.000	0.000
2340	0.000	0.000	0.000
2400	0.000	0.000	0.000
2460	0.000	0.000	0.000
2520	0.000	0.000	0.000
2580	0.000	0.000	0.000
2640	0.000	0.000	0.000
2700	0.000	0.000	0.000
2760	0.000	0.000	0.000
2820	0.000	0.000	0.000
2880	0.000	0.000	0.000
2940	0.000	0.000	0.000
3000	0.000	0.000	0.000
3060	0.000	0.000	0.000
Total no. of desorbed Ca ²⁺ (meq Ca ²⁺)			51.870

APPENDIX E

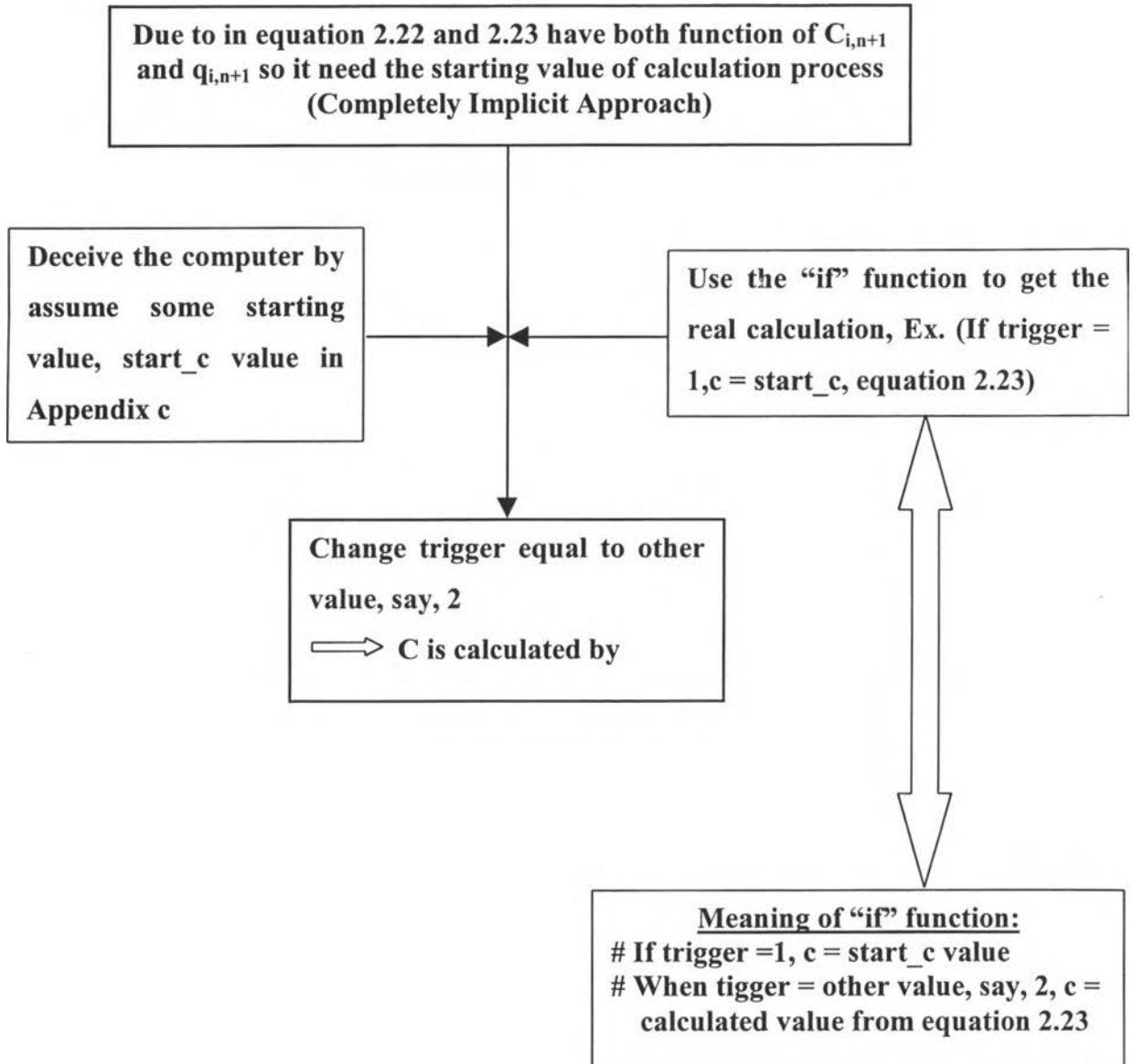


Figure E1 Diagram of how the trigger cell work

APPENDIX F

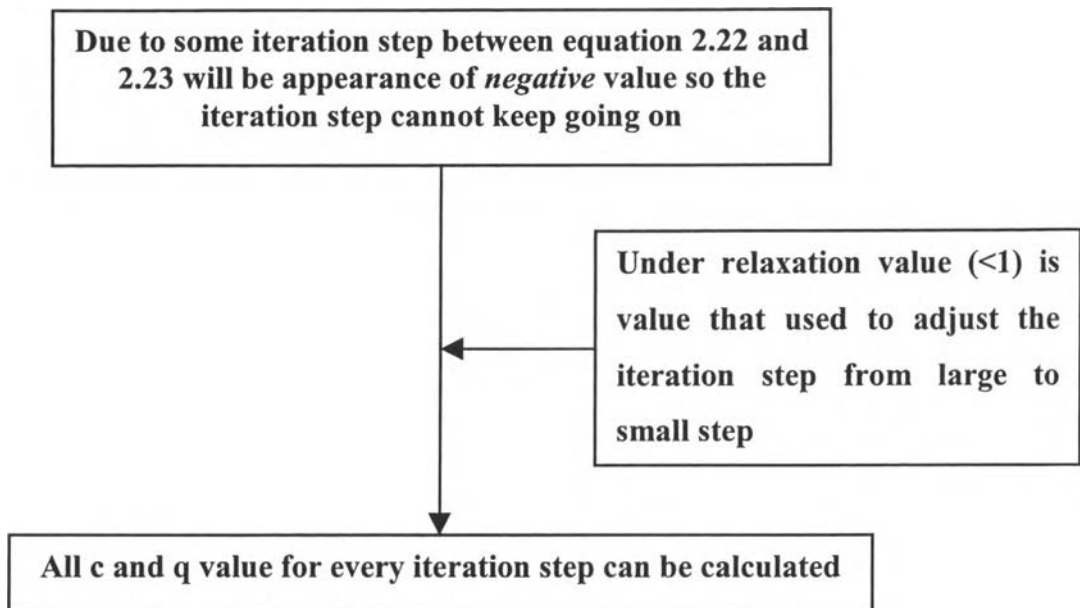


Figure F1 Diagram of how the under-relaxation work

APPENDIX G

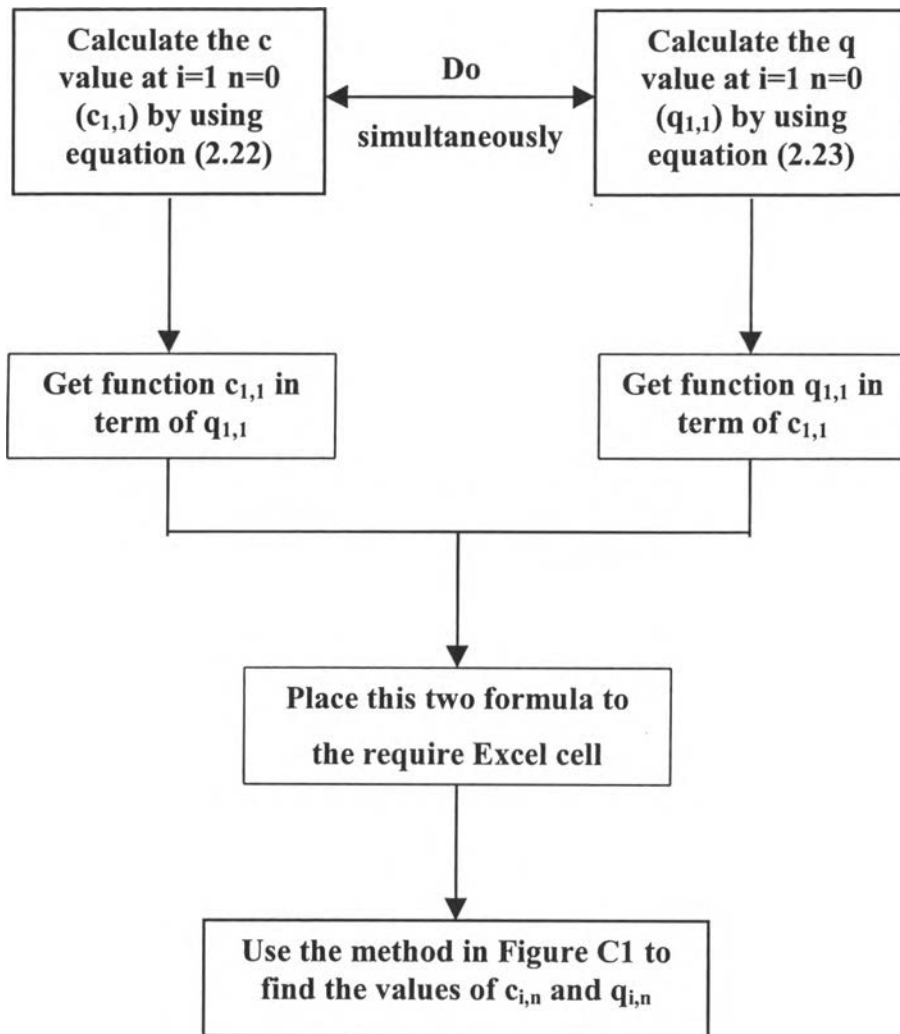


Figure G1 Diagram of iteration method (Completely Implicit Approach)

APPENDIX H

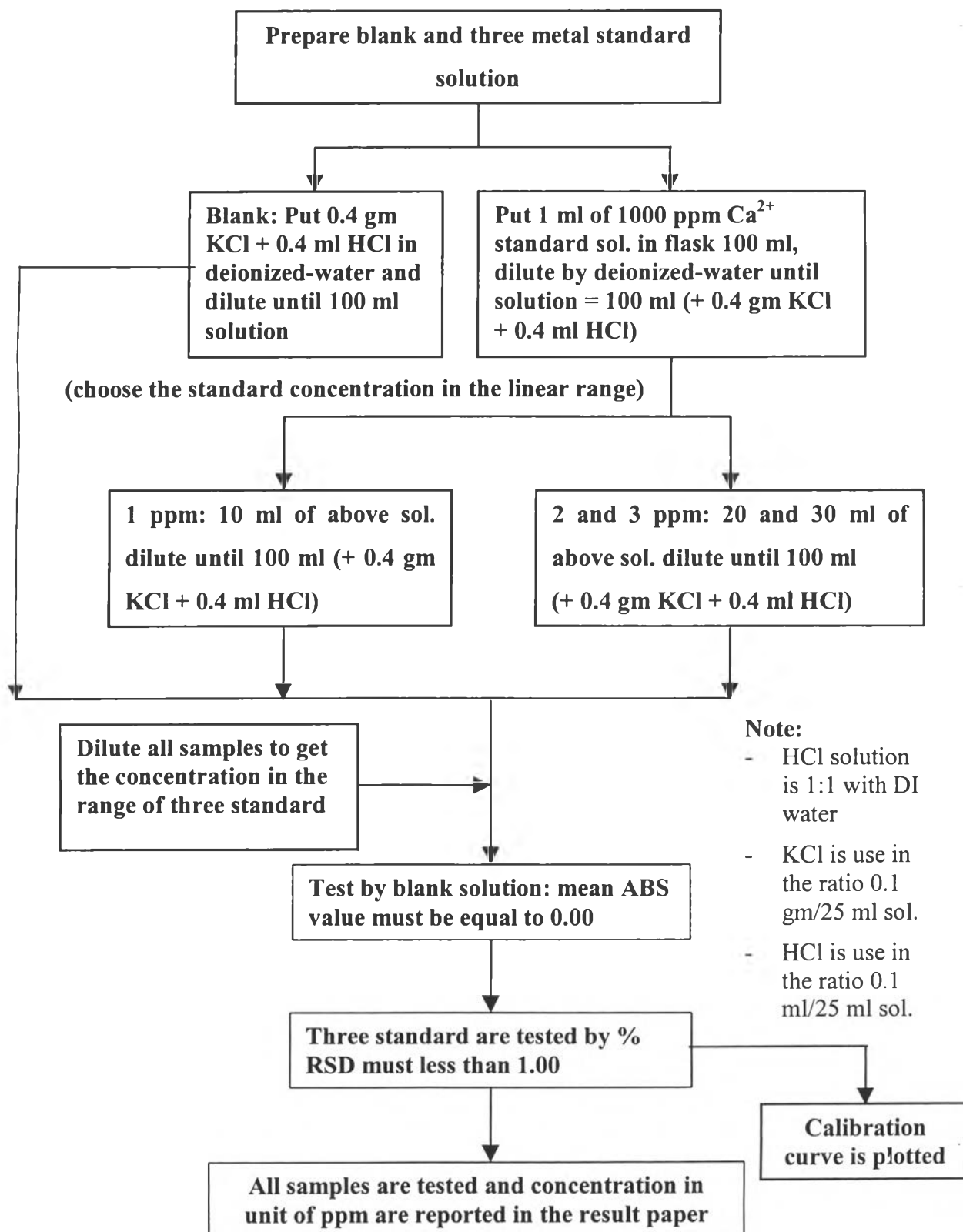


Figure H1 Diagram of solution preparation for AAS

CURRICULUM VITAE

Name: Ms. Prapaphun Jiravaraphun

Date of Birth: December 25, 1977

Nationality: Thai

University Education:

1996 – 1999 Bachelor Degree of Engineering in Chemical Engineering,
Faculty of Engineering, King Mongkut's University of
Technology Thonburi, Bangkok, Thailand

