TRẦN THỊ ĐÀ - ĐẶNG TRẦN PHÁCH

CƠ SỞ LÍ THUYẾT
CÁC PHẢN ỨNG HOÁ HỌC

(Tái bản lần thứ năm)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn

Công ty CP Dịch vụ xuất bản Giáo dục Hà Nội – Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam giữ quyền công bố tác phẩm.

19 – 2010/CXB/407 – 2244/GD Mã số : 7K589h0 – DAI

www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn

LỜI NÓI ĐẦU

Hoá học ngày nay đang ở vào thời kì phát triển mạnh mẽ. Các vấn đề lí thuyết được hoàn thiện, mở rộng và đổi mới. Các thành tựu trong nghiên cứu và trong sản xuất ngày càng đa dạng, phong phú. Các phương pháp thực nghiệm ngày càng tinh vi và hữu hiệu đã làm cho kho tàng kiến thức hoá học ngày càng đồ sộ hơn. Trước bối cảnh đó, cả người học, người dạy và người nghiên cứu càng phải nắm vững cơ sở lí thuyết của những biến đổi hoá học, trước hết là của các phản ứng hoá học.

Cuốn sách này nhằm cung cấp những kiến thức về :

- *Cơ sở của Nhiệt động lực học hoá học.*
- *Cơ sở của Động hoá học.*
- *Mối liên hệ giữa thành phần, cấu tạo và tính chất của chất tan, dung môi và dung dịch, đặc biệt là những hiểu biết mới về dung môi lỏng và sự sonvat hoá.*
- *Lí thuyết axit - bazơ và phản ứng axit - bazơ, đặc biệt là việc phân biệt lực axit - bazơ trong nước và trong dung môi khác với nước. Độ axit trong và ngoài phạm vi thang pH.*
- *Phản ứng oxi hoá - khử, cơ chế phản ứng, lực oxi hoá - khử, đặc biệt là những ứng dụng của phản ứng oxi hoá - khử trong công nghiệp hoá chất, trong lĩnh vực môi trường và trong cuộc sống thường ngày.*

*Các nội dung trên được viết ở hai mức độ khác nhau : mức độ cơ bản và mức độ nâng cao. Các mục có ghi dấu * là những kiến thức nâng cao, mở rộng và đi sâu vào cơ sở lí thuyết các phản ứng hoá học.*

Bằng việc kết hợp hai yêu cầu cơ bản và nâng cao, chúng tôi hi vọng rằng cuốn sách này không những là giáo trình giảng dạy cho sinh viên các ngành có học môn Hoá học mà còn đối với cả sinh

www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn

viên các năm cuối và học viên cao học các trường Đại học và Cao đẳng thuộc chuyên ngành Hoá học. Đồng thời cuốn sách còn là tài liệu tham khảo cho giáo viên Trung học phổ thông, giảng viên hoá học các trường Đại học, Cao đẳng và các cán bộ nghiên cứu hoá học.

Sách gồm chín chương, được phân công biên soạn như sau :

PGS Đặng Trần Phách : từ chương I đến chương V.

PGS Trần Thị Đà : từ chương VI đến chương IX.

Cuốn sách chắc còn thiếu sót. Các tác giả chân thành cảm ơn những ý kiến đóng góp và phê bình của các đồng nghiệp và các bạn đọc.

Các tác giả

www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn

MỤC LỤC

Lời nói đầu 3
Mục lục 5

Chương 1

NGUYÊN LÍ THỨ NHẤT CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

1.1. Một số khái niệm và định nghĩa cơ bản trong nhiệt động lực học 9
1.1.1. Hệ nhiệt động 9
1.1.2 .Trạng thái của một hệ. Thông số trạng thái 10
1.1.3. Biến đổi của một hệ 10
1.1.4. Hàm trạng thái 10
1.1.5. Công và nhiệt 12
1.2. Nguyên lí thứ nhất của nhiệt động lực học
1.2.1. Phát biểu nguyên lí I 14
1.2.2. Hàm trạng thái nội năng U 15
1.2.3. Hàm trạng thái entanpi H 18
1.2.4. Nhiệt dung 18
1.3. Áp dụng nguyên lí thứ nhất của nhiệt động lực học vào Hoá học 22
1.3.1. Hiệu ứng nhiệt của phản ứng hoá học 22
1.3.2. Phương pháp tính hiệu ứng nhiệt 24
1.3.3. Sự phụ thuộc của hiệu ứng nhiệt vào nhiệt độ vã áp suất 41
Bài tập 44

Chương 2

NGUYÊN LÍ THỨ HAI VÀ NGUYÊN LÍ THỨ BA CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

2.1. Nguyên lí thứ hai của nhiệt động lực học 48
2.1.1. Động cơ nhiệt 48
2.1.2. Phát biểu nguyên lí II 49
2.1.3. Chu trình Carnot 50
2.1.4. Định lí Carnot 52
2.1.5. Entropi. Chiều hướng và giới hạn của biến đổi trong hệ cô lập 53
2.1.6. Tính biến thiên entropi 55
2.2. Nguyên lí thứ ba của nhiệt động lực học Tính entropi tuyệt đối của một chất 58
2.2.1. Nguyên lí thứ ba của nhiệt động lực học 58
2.2.2. Cách tính entropi tuyệt đối của một chất 58
2.2.3. Tính biến thiên entropi trong một phản ứng hoá học 60
2.3. Entropi và xác suất nhiệt động 61
2.4. Chiều của những biến đổi trong hệ không cô lập 62
2.4.1. Các hàm trạng thái U, H, S, F, G 62
2.4.2. Điều kiện tự diễn biến của một hệ 64
2.4.3. Khả năng diễn biến của một phản ứng hoá học 65
2.5. Hoá thế 72
2.5.1. Các đại lượng mol phần 72
2.5.2. Hoá thế 73
2.5.3. Hoá thế của các khí 75
2.5.4. Hoá thế của các chất lỏng 76
Bài tập 79

Chương 3

CÂN BẰNG PHA

3.1. Một số khái niệm 84
3.2. Điều kiện tổng quát về cân bằng trong hệ dị thể 85
3.3. Quy tắc pha 86
3.4. Cân bằng pha trong hệ một cấu tử 87
3.4.1. Những hệ thức về cân bằng trong những sự chuyển pha loại một 88
3.4.2. Giản đồ pha của nước 91
Bài tập 93

Chương 4

CÂN BẰNG HOÁ HỌC

4.1. Điều kiện tổng quát của cân bằng hoá học 95
4.2. Khảo sát định lượng về cân bằng hoá học 96
4.2.1. Hằng số cân bằng 96
4.2.2. Cân bằng hoá học đồng thể 97
4.2.3. Cân bằng hoá học dị thể 103

www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn

4.3. Quan hệ giữa biến thiên entanpi tự do và hằng số cân bằng 104
4.4. Sự chuyển dịch cân bằng 107
4.4.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ. Định luật Van t' Hopp 108
4.4.2. Ảnh hưởng của áp suất. Định luật Le chalelier 112
Bài tập 116

Chương 5

CƠ SỞ CỦA ĐỘNG HOÁ HỌC

5.1. Một số khái niệm và định nghĩa cơ bản 120
5.1.1. Phản ứng đồng thể và phản ứng dị thể 120
5.1.2. Tốc độ phản ứng 120
5.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng 123
5.2.1. Ảnh hưởng của nồng độ. Khái niệm về bậc phản ứng và phân tử số 123
5.2.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ – Năng lượng hoạt động hoá 126
5.3. Sự tích phân các phương trình động học của các phản ứng đơn giản 131
5.3.1. Phản ứng bậc không 132
5.3.2. Phản ứng bậc nhất 133
5.3.3. Phản ứng bậc hai 135
5.3.4. Phản ứng bậc n 139
5.4. Phương pháp xác định bậc phản ứng 139
5.4.1. Phương pháp dựa vào việc đo chu kì bán huỷ 139
5.4.2. Phương pháp vi phân 141
5.4.3. Phương pháp tích phân 141
5.4.4. Phương pháp cô lập của Ostwald 143
5.4.5. Phương pháp dùng tốc độ đầu V_o 144
5.5. Các phản ứng phức tạp 145
5.5.1. Các phản ứng thuận nghịch 145
5.5.2. Các phản ứng nối tiếp 147
5.5.3. Các phản ứng song song 150
5.6. Cơ chế phản ứng 152
5.6.1. Khái niệm về cơ chế phản ứng 152
5.6.2. Định luật về tốc độ và cơ chế phản ứng 153
5.6.3. Các chất trung gian có khả năng phản ứng. Nguyên lí Bodenstein 156
5.6.4. Phản ứng dây chuyền 158
5.7. Phản ứng quang hoá học 163
5.8. Xúc tác 167
5.8.1. Các định nghĩa 167
5.8.2. Xúc tác đồng thể 168
5.8.3. Xúc tác dị thể 173
5.8.4. Xúc tác enzim hay xúc tác men 176
5.9. Thuyết va chạm hoạt động 182
5.10. Thuyết phức chất hoạt động 184
Bài tập 189

Chương 6

DUNG DỊCH

6.1. Khái niệm chung về dung dịch 198
6.1.1. Một số định nghĩa 198
6.1.2. Nồng độ dung dịch 203
6.2. Dung môi lỏng 206
6.2.1. Cấu trúc chất lỏng 206
6.2.2. Phân loại dung môi 208
6.2.3. Momen lưỡng cực và Hằng số điện môi 213
6.3.* Sự sonvat hoá 215
6.3.1. Khái niệm sonvat hoá 215
6.3.2. Lực giữa các phân tử trong dung dịch và sự sonvat hoá 216
6.4. Dung dịch lỏng 222
6.4.1. Ảnh hưởng của các yếu tố entanpi và entropi đến quá trình hoà tan 222
6.4.2. Dung dịch khí - lỏng 224
6.4.3. Dung dịch lỏng - lỏng 227
6.4.4. Dung dịch rắn - lỏng 229
6.4.5. Định luật phân bố. Sự chiết 231
6.5. Dung dịch chứa chất tan không điện li, không bay hơi 232
6.5.1. Sự giảm áp suất hơi bão hòa của dung dịch 232
6.5.2. Độ tăng nhiệt độ sôi và độ giảm nhiệt độ đông đặc của dung dịch 234
6.5.3. Áp suất thẩm thấu 236
6.5.4. Xác định phân tử khối của chất tan 238
6.6. Dung dịch chất điện li 239
6.6.1. Các " tính chất nồng độ " của dung dịch chất điện li 239
6.6.2. Sự phân li của các chất trong dung dịch nước 241

www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn

6.6.3. Độ điện li. Hằng số điện li 243
6.6.4. Dung dịch chất điện li mạnh 247
6.7. Dung dịch chất điện li ít tan 248
6.7.1.Tích số tan 248
6.7.2. Tích số tan và sự kết tủa 254
6.7.3. Tích số tan và sự hoà tan các kết tủa hợp chất ion 256
6.8. Cân bằng của các ion phức 258
6.8.1. Sự hình thành các ion phức 259
6.8.2. Sự tạo phức và độ tan của hợp chất ion ít tan 263
6.8.3. Sự tạo phức và sự hoà tan các hiđroxit lưỡng tính 265
Bài tập 266

Chương 7

PHẢN ỨNG AXIT - BAZƠ

7.1. Tính chất độc đáo của proton 268
7.2. Thuyết axit - bazơ Areniuyt 269
7.3. Thuyết axit – bazơ của Bronstet và Lauri 270
7.4. Lực axit – bazơ Bronstet 275
7.4.1. Tích số ion của nước 275
7.4.2. Khái niệm về pH và pK 276
7.4.3. Xác định pH, chất chỉ thị 278
7.4.4. Lực axit 280
7.4.5. Lực bazơ 286
7.4.6. Mối quan hệ giữa lực của axit và lực của bazơ liên hợp với nó 289
7.4.7. Những yếu tố ảnh hưởng đến lực axit và bazơ Bronstet 290
7.5.* Tích số ion của dung môi proton 295
7.6. Phân biệt lực axit – bazơ Bronstet trong các dung môi 296
7.6.1. Trong dung môi nước 296
7.6.2. Trong dung môi khác nước 300
7.6.3. Hàm axit, pH hiệu dụng và pK_a quy đổi. Siêu axit 304
7.7. Lực axit- bazơ trong pha khí 312
7.8. Dung dịch đệm 317
7.8.1. Tính pH của dung dịch đệm 317
7.8.2. Tác dụng của dung dịch đệm 319
7.9. Sự đung môi phân của muối 321
7.9.1. Sự thuỷ phân của muối 321
7.9.2. Hằng số thuỷ phân và độ thuỷ phân 325
7.9.3*. Sự đung môi phân của các muối 332
7.10. Phản ứng trung hoà. Chuẩn độ axit – bazơ 332
7.10.1. Phản ứng trung hoà 332
7.10.2. Chuẩn độ axit – bazơ 337
7.11.* Thuyết các hệ dung môi 345
7.12. Thuyết axit – bazơ Liuyt 349
7.12.1. Axit, bazơ và phản ứng axit – bazơ theo Liuyt 349
7.12.2.* Một số loại axit Liuyt thường gặp 352
7.13.* Phản ứng axit và bazơ dị thể 359
Bài tập 365

Chương 8

PHẢN ỨNG OXI HOÁ - KHỬ

8.1. Phản ứng oxi hoá - khử 367
8.1.1. Số oxi hoá và phản ứng oxi hoá - khử 367
8.1.2. Phản ứng oxi hoá - khử theo cơ chế chuyển electron 371
8.1.3. Phản ứng oxi hoá - khử theo cơ chế chuyển nguyên tử 372
8.1.4. Cân bằng phương trình phản ứng oxi hoá - khử 377
8.2. Thế điện cực 381
8.2.1. Điện cực và thế điện cực 381
8.2.2. Pin Ganvani 384
8.2.3. Năng lượng Gip và sức điện động của pin 387
8.2.4. Phương pháp xác định thế điện cực. Thế điện cực chuẩn 388
8.3. Ứng dụng thế điện cực chuẩn 394
8.3.1. Lực tương đối của các chất oxi hoá và chất khử 394
8.3.2. Dựa vào thế điện cực chuẩn để viết phản ứng oxi hoá - khử tự diễn biến 396
8.3.3. Tính sức điện động của pin Ganvani và biến thiên năng lượng Gip ở điều kiện chuẩn 399
8.3.4. Dự đoán chiều diễn biến của phản ứng oxi hoá - khử 401

www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn

8.4. Dãy điện thế của các kim loại 402
8.4.1. Các yếu tố ảnh hưởng tới thế điện cực của các kim loại 402
8.4.2. Dãy hoạt động hoá học và dãy điện thế của các kim loại 405
8.4.3. Sử dụng dãy điện thế 407
8.4.4. Hoạt động hoá học của phi kim 411
8.5. Ảnh hưởng của nồng độ đến thế điện cực và sức điện động của pin 412
8.5.1. Phương trình Necstơ 412
8.5.2. Hiệu ứng của sự thay đổi nồng độ 413
8.5.3. Hiệu ứng của sự tạo thành hợp chất ít tan 415
8.5.4. Hiệu ứng của sự tạo phức 416
8.5.5. Hiệu ứng của môi trường 420
8.6. Sức điện động và chiều của phản ứng oxi hoá - khử 421
8.6.1. Sức điện động chuẩn của pin và hằng số cân bằng của phản ứng oxi hoá - khử 421
8.6.2. Sức điện động của pin và chiều của phản ứng oxi hoá - khử 423
8.6.3.* Yếu tố động học 426
8.7.* Sự bền oxi hoá - khử trong nước 429
8.7.1. Xây dựng miền bền nhiệt động của nước 429
8.7.2. Sử dụng miền bền của nước 431
8.7.3. Ảnh hưởng của quá thế 432
8.8.* Các giản đồ dữ kiện thế 432
8.8.1. Giản đồ Latimer 433
8.8.2. Ứng dụng của giản đồ Latimer 435
8.8.3. Giản đồ FROST 441
8.8.4. Sử dụng giản đồ Frost 442
8.8.5. Giản đồ Frost có điều kiện 445
8.9.* Khuynh hướng bền của các trạng thái oxi hoá của kim loại 446
8.9.1. Các kim loại họ d 446
8.9.2. Các kim loại nhóm IB, IIB và các kim loại họ p 447
8.9.3. Các kim loại họ lantan 448
8.9.4. Các kim loại họ actini 449
Bài tập 451

Chương 9

MỘT SỐ VẤN ĐỀ ỨNG DỤNG CỦA PHẢN ỨNG OXI HÓA - KHỬ

9.1. Pin trong cuộc sống 453
9.1.1. Pin sơ cấp (pin không nạp điện lại) 453
9.1.2. Pin cấp hai (pin tái nạp, còn gọi là ăcquy) 455
9.1.3. Pin nhiên liệu 458
9.1.4.* Những phác thảo mới 459
9.1.5. Pin nồng độ 461
9.2. Điện phân 464
9.2.1. Cấu tạo và hoạt động của bình điện phân 464
9.2.2. Thế phóng điện. Quá thế 467
9.2.3. Tiên đoán sản phẩm điện phân 470
9.2.4. Các định luật về sự điện phân 476
9.2.5. Ứng dụng của sự điện phân 477
9.3.* Tách các đơn chất từ hợp chất 478
9.3.1. Nhiệt động học của quá trình khử oxit kim loại 478
9.3.2. Khử quặng oxit bằng chất khử 483
9.3.3. Sự khử quặng oxit bằng phương pháp điện phân 487
9.3.4. Tách các nguyên tố bằng phương pháp oxi hoá 489
9.4. Sự ăn mòn kim loại và hợp kim 492
9.4.1. Khái niệm về sự ăn mòn kim loại 492
9.4.2.* Giản đồ Pourbaix 493
9.4.3.* Nước thiên nhiên 496
9.4.4.* Sự ăn mòn sắt 498
9.4.5. Chống ăn mòn sắt 499
Bài tập 501
Tài liệu tham khảo 503

www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn

Chương 1

NGUYÊN LÍ THỨ NHẤT CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

Nhiệt động lực học là khoa học được hình thành vào giữa thế kỉ 19. Ngày nay, nhiệt động lực học bao gồm : nhiệt động lực học vật lí, nhiệt động lực học kĩ thuật và nhiệt động lực học hoá học.

Nhiệt động lực học hoá học là khoa học ứng dụng những nguyên lí của nhiệt động lực học vật lí vào việc nghiên cứu các hiện tượng hoá học. Đây là nội dung của các chương I, II, III và IV.

1. 1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM VÀ ĐỊNH NGHĨA CƠ BẢN TRONG NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

1.1.1.HỆ NHIỆT ĐỘNG

Hệ nhiệt động, được gọi tắt là hệ, là phần của Vũ trụ gồm một số rất lớn tiểu phân cấu tạo (nguyên tử, phân tử hay ion) đang được nghiên cứu và được phân cách với phần còn lại của Vũ trụ - *môi trường ngoài* - bằng một ranh giới thực hay ảo.

Hệ mở là hệ có thể trao đổi với môi trường ngoài cả chất lẫn năng lượng.

Thí dụ : Khi đun sôi một siêu nước thì nhiệt được truyền từ bên ngoài vào hệ, còn hệ thì mất chất ra bên ngoài dưới dạng hơi nước.

Hệ kín là hệ chỉ trao đổi năng lượng với môi trường ngoài.

Thí dụ : Khi cho xút tác dụng với axit sunfuric trong một bình kín :

$$2NaOH + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

hệ không mất chất, nhưng hệ đã cung cấp năng lượng cho môi trường ngoài vì phản ứng toả nhiệt.

Hệ cô lập là hệ không trao đổi cả chất lẫn năng lượng với môi trường ngoài.

Thí dụ : Một bình Dewar[1] chứa các chất phản ứng được đậy kín và bao phủ bằng một lớp cách nhiệt thật dày để cho chất và năng lượng không được trao đổi với môi trường ngoài.

Nếu trong hệ không có mặt phân cách giữa phần này và phần khác, mà qua đó tính chất vĩ mô của hệ thay đổi đột biến thì hệ được gọi là *đồng thể*. Trong trường hợp ngược lại, hệ là *dị thể*.

Thí dụ : Một cốc nước là một hệ đồng thể, một cốc nước có chứa thêm vài mẩu nước đá là một hệ dị thể.

---

[1] Một loại bình cách nhiệt.

www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn

Toàn bộ phần đồng thể của một hệ, mà ở đó thành phần hoá học và tính chất vật lí tại mọi điểm đều đồng nhất được gọi là một *pha*.

Hệ dị thể trong thí dụ ở trên là hệ hai pha.

1.1.2. TRẠNG THÁI CỦA MỘT HỆ. THÔNG SỐ TRẠNG THÁI

Trạng thái của một hệ nhiệt động được xác định bởi một tập hợp các trị số của các đại lượng vĩ mô có thể đo được như thể tích, nhiệt độ, áp suất, khối lượng ... Các đại lượng này được gọi là các *thông số trạng thái* hay *các thông số nhiệt động*.

Người ta chia các thông số trạng thái làm hai loại :

Các *thông số cường độ* như : nhiệt độ, áp suất, nồng độ, chiết suất, tỉ khối, độ nhớt ... Chúng không phụ thuộc vào lượng chất của hệ.

Các *thông số khuếch độ* (variable extensive) như thể tích, khối lượng ...Chúng tỉ lệ với lượng chất của hệ.

Trạng thái của hệ mà ở đó các thông số cường độ tại mọi chỗ của hệ đồng đều và có giá trị xác định được gọi là *trạng thái cân bằng*.

1.1.3. BIẾN ĐỔI CỦA MỘT HỆ

Một hệ nhiệt động biến đổi khi trạng thái của hệ thay đổi. Điều này tương ứng với sự biến thiên của một hay nhiều thông số trạng thái. Biến đổi được xác định nếu trạng thái đầu và trạng thái cuối được biết rõ. Đường biến đổi chỉ được xác định khi trạng thái đầu, trạng thái cuối và tất cả các trạng thái trung gian mà hệ đã trải qua đều được biết.

Một biến đổi được gọi là *hở* khi trạng thái đầu và trạng thái cuối của hệ khác nhau.

Một biến đổi được gọi là *kín* khi trạng thái đầu và trạng thái cuối của hệ giống nhau. Biến đổi kín còn được gọi là *chu trình*.

Một biến đổi được gọi là *thuận nghịch* nếu những trạng thái trung gian mà hệ trải qua được xem như trạng thái cân bằng. Có thể xác định đơn giản tính thuận nghịch của một biến đổi bằng cách xét xem biến đổi ngược lại có thể xảy ra được hay không, khi chỉ thay đổi chút ít trị số của một hay nhiều thông số trạng thái.

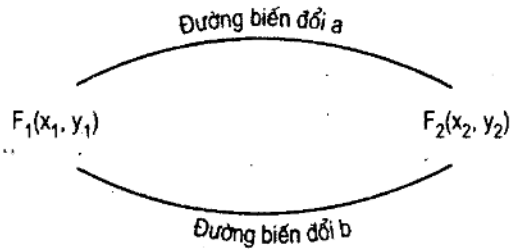
Biến đổi được gọi là *đoạn nhiệt* nếu nó diễn ra trong điều kiện hệ không trao đổi nhiệt với môi trường ngoài.

Khi biến đổi được thực hiện trong điều kiện áp suất không đổi, nó được gọi là *biến đổi đẳng áp*, còn trong điều kiện thể tích không đổi – *biến đổi đẳng tích*.

1.1.4. HÀM TRẠNG THÁI

1.1.4.1. Định nghĩa

Một hàm F của các thông số trạng thái x, y sẽ là một hàm trạng thái nếu giá trị của nó, đối với một trạng thái của hệ, chỉ phụ thuộc vào các



www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn - www.lib.haui.edu.vn