**2-3** 化学平衡

反思：

本节知识较难理解，概念少讲，在练习过程中逐步融会贯通

【**教学目标**】之**知识与技能**

1、了解可逆反应和不可逆反应的概念

2、描述化学平衡建立的过程，建立起化学平衡的概念

3、通过实验探究温度、浓度和压强对化学平衡的影响

4、掌握平衡移动原理（勒夏特列原理）并能运用其解决平衡问题

【**教学目标**】之**过程与方法**

1、从学生已有的关于饱和溶液的溶解平衡，导入化学平衡，通过对溶液节平衡的理解和迁移，让学生建立起化学平衡是个动态平衡的概念

2、通过边讲边实验的形式引导学生认真观察实验现象，启发学生充分讨论。师生共同归纳出平衡移动原理，达到既激发学生兴趣又启发思维的目的

【**教学目标**】之**情感态度与价值观**

1、化学平衡是宇宙中各种平衡的一个小小分支，它和日常生活中的溶解、环境、生态等平衡问题都与生活息息相关；27中“生命元素”在人体中为此着平衡，其含量由生命活动需要而定，既不可多，也不可少，否则就会破坏平衡，影响人体健康——化学与生命息息相关

【**教学重点**】

【**教学难点**】

【**教学方法**】实验探究、推理、讨论

【**课时安排**】10课时

【**教学过程**】

第一课时

【知识回顾】什么是可逆反应？可逆反应有什么特点？

一、可逆反应

1、定义：在同一条件下，既能向正反应方向进行，同时又能向逆反应方向进行的反应

2、表示方法：用“”表示。如：H2 + I22HI

【讲解】可逆反应中所谓的正反应、逆反应是相对的，一般把向右进行的反应叫做正反应，向左进行的反应叫做逆反应。

【学与问】反应2H2 + O2 2H2O 与2H2O2H2↑ + O2↑是否是可逆反应？

点燃

电解

【讲解】可逆反应是在同一个条件下，同时向两个方向发生的反应才叫可逆反应。这两个反应是在不同条件下进行的反应，因此不是可逆反应

【讲解】由于可逆反应同时向两个方向发生反应，因此无论反应多长时间，都不能向任何一个方向进行到底，如3H2+ 2N2 2NH3 ，只能尽可能多地将氮气和氢气转化为氨气，反应最终能进行到什么程度，这就是我们今天要研究的问题——化学平衡

3、特点：参加反应的物质不能完全转化

二、化学平衡

1、化学平衡状态的建立

⑴溶解平衡的建立

【实验探究】将CuSO4粉末逐渐加入到20 mL水的烧杯中到烧杯底部有适量晶体出现

【讲解】若不改变条件，υ(溶)＝υ(析)＞0将一直进行下去，也即溶解平衡是一个动态平衡。比如将晶形不完整的晶体放入到其饱和溶液中一段时间后，晶体会变得完整、有规则，但晶体的质量并不发生变化

υ

υ(溶)

υ(溶)＝υ(析)＞0

υ(析

0 t

υ

υ(正)

υ(正)＝υ(逆)＞0

υ(逆

0 t

溶解平衡图像 化学平衡图像：从反应物达到平衡

⑵化学平衡的状态建立

【讲解】以可逆反应CO(g) + H2O(g)CO2(g) + H2(g)为例，若反应开始时只有CO和H2O，没有CO2和H2 ，此时c(CO)、c(H2O)最大，因此υ(正)最大，c(CO2) ＝c(H2)＝0 mol/L，因此υ(逆)0。随着反应的进行，反应物不断减少，生成物逐渐增加，υ(正)逐渐减小，υ(逆)逐渐增大，当反应进行到某一时刻，υ(正)υ(逆)，此时，反应达到了其“限度”，反应体系中各物质的物质的量、浓度等都不再发生变化，但反应仍然在进行着，只是υ(正)υ(逆)，我们把这样的状态叫作化学平衡状态，简称化学平衡

⑶定义：在一定条件下的可逆反应里，正反应速率和逆反应速率相等，反应混合物中各组分的浓度保持不变的状态，就叫做化学平衡状态，简称化学平衡

【思考与交流】根据前面的分析，请大家思考：化学平衡研究的对象是什么？

2、化学平衡的特征

⑴逆：化学平衡研究的对象是可逆反应

【思考与交流】当反应达到平衡时，有什么特点？

⑵等：化学反应处于化学平衡状态时，正反应速率等于逆反应速率，但都不等于零，即：υ(正)＝υ(逆)＞0

【思考与交流】反应是否还在进行？为什么？

⑶动：化学平衡是动态平衡，反应处于平衡状态时，化学反应仍在进行，反应并没有停

【思考与交流】平衡状态下的反应体系中各成分的量是否发生变化？

⑷定：化学反应处于化学平衡状态时，反应化合物中各组分的浓度保持一定，体积分数保持一定

【思考与交流】平衡能否一直保持不变？

⑸变：化学平衡是有条件的平衡状态，当外界条件变化，原有的化学平衡被破坏，直到建立新的化学平衡。

3、化学平衡的标志

⑴微观标志：υ(A正)＝υ(A逆) ＞0 ——实质

【讲解】υ(正)＝υ(逆) 指的是同一物质的正反应速率与逆反应速率相等

⑵宏观标志：反应混合物中个组分的浓度和体积分数保持不变

【练习】在一定温度下，反应A2(g) + B2(g)2AB(g)达到平衡的标志是（ C ）

A．单位时间内生成n molA2同时生成n molAB B．容器内总压不随时间变化

C．单位时间内生成2n molAB同时生成n molB2 D．单位时间内生成n molA2同时生成n molB2

第二课时

4、化学平衡状态的判断

⑴基本依据：

⑵常见方法：以xA +yBzC为例

①直接的

Ⅰ、速率：

【练习】《红对勾——讲义手册》P33：例3、P34：2

Ⅱ、各物质的质量分数保持不变

【讲解】根据理想气体状态方程：pV ＝ nRT我们还可以推导出下列结论：

②间接：

【问题探究】当外界条件改变时，已经建立的化学平衡会不会发生什么变化？

【讲解】我们知道，化学平衡是有条件的平衡，在一定条件下才能保持平衡状态，当平衡的条件发生改变时，原平衡就会被破坏，反应混合物里各组分的含量会随之改变，然后在新的条件下重新建立平衡，我们把这样的过程叫作化学平衡的移动

υ

υ'(正)

υ'(正)＝υ'(逆)

υ(正) υ'(逆)

υ'(正)=υ'(逆)

υ(正)

0 t

三、化学平衡的移动

1、定义：可逆反应中旧化学平衡的破坏、新化学平衡的建立过程叫做化学平衡的移动

2、化学平衡移动的原因

化学平衡移动的原因是反应条件的改变引起反应速率的变化，使υ(正)≠υ(逆)，平衡混合物中各组分的含量也发生相应的变化

3、化学平衡移动的标志

⑴微观：外界条件的改变使原平衡体系υ(正)＝υ(逆)的关系被破坏，使υ(正)≠υ(逆)，然后在新的条件下，重新建立υ(正)＝υ(逆)的关系，才能表明化学平衡发生了移动

【学与问】如果外界条件的改变使得υ(正)、υ(逆)同等程度地改变，平衡是否发生移动？

【讲解】如果外界条件的改变使υ(正)、υ(逆)变化的倍数相同，那么对反应中任何一种物质而言：消耗了多少就会生成多少，因此体系中各物质的浓度不发生改变，所有此时平衡不移动

⑵宏观：反应混合物中各组分的体积分数发生了改变，才能说明化学平衡发生了移动

【思考与交流】当外界条件发生改变时，我们如何才能判断平衡移动的方向？

4、化学平衡移动方向的判定

【讲解】外界条件的改变，首先影响的是化学反应速率，因此要判断平衡的移动方向，我们首先必须知道条件改变对υ(正)、υ(逆)的影响哪个大些

⑴υ(正) ＞υ(逆)：化学平衡向正反应方向（右）移动

υ

υ(正) υ'(正)

υ'(正)=υ'(逆)

υ'(正)=υ'(逆) υ'(逆)

υ''(正)

υ''(正)=υ''(逆)

υ(正)

υ''(逆)

0 t

⑵υ(正) ＜υ(逆)：化学平衡向逆反应方向（左）移动

υ

υ(正) υ'(逆)

υ'(正)=υ'(逆)

υ'(正)=υ'(逆) υ'(正)

υ''(逆)

υ''(正)=υ''(逆)

υ(正)

υ''(正)

0 t

⑶υ(正)＝υ(逆)：化学平衡不移动

υ

υ(正)

υ'(正)=υ'(逆)

υ'(正)=υ'(逆)

υ''(正)=υ''(逆)

υ(正)

0 t

【小结】

【作业】

第三课时

【引言】上节课我们学习了化学平衡移动方向的判断方法，那么，外界条件的改变化学平衡将向哪个方向移动呢？这节课我们就来具体研究外界条件对化学平衡的影响

四、外界条件对化学平衡的影响

1、浓度

【实验探究】演示实验2－5

【现象】1号试管橙红色变深，2号试管黄色变深

【结论】

【实验探究】演示实验2－5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 编号 | 1 | 2 |
| 步骤1 | 滴加饱和FeCl3 | 滴加1 mol/L KSCN溶液 |
| 现象 | 溶液变得更红 | 溶液变得更红 |
| 步骤2 | 滴加NaOH溶液 | 滴加NaOH溶液 |
| 现象 | 红色变浅 | 红色变浅 |

【结论】⑴

【思考与交流】为什么改变反应物的浓度会引起化学平衡的移动？

【讲解】当增大反应物浓度时，正反应速率增大，随之生成物浓度也逐渐增大，逆反应速率也增大，但逆反应速率增大量不及正反应速率增大量，所以平衡向正反应方向（右）移动，如图⑴。若减少生成物浓度，则逆反应速率减小，随之反应物浓度降低，正反应速率也减小，但正反应速率减小的程度不及逆反应速率减小程度，所以平衡向正反应方向（右）移动，如图⑵。反之亦然，如图⑶⑷

①增大反应物浓度 ②减少生成物浓度

υ

υ(正)

υ'(正)

υ'(正)=υ'(逆)

υ'(正)=υ'(逆)

υ'(逆)

υ(逆)

0 t

υ

υ(正)

υ'(正)=υ'(逆)

υ'(正)

υ'(正)=υ'(逆)

υ(逆)

υ'(逆)

0 t

③增大生成物浓度 ④减少反应物浓度

υ

υ(正)

υ'(逆)

υ'(正)=υ'(逆)

υ'(正)=υ'(逆)

υ'(正)

υ(逆)

0 t

υ

υ(正)

υ'(正)=υ'(逆)

υ'(逆)

υ'(正)=υ'(逆)

υ(逆)

υ'(正)

0 t

【思考与交流】是否增加反应物或减少生成物的量都能使平衡向正反应方向移动；增加生成物或减少反应物的量都能使平衡向逆反应方向移动？

【结论】否。增大固体或纯液体的量，由于浓度不变，所以平衡不移动

【思考与交流】对反应mA(g) + n B(g)pC(g) + qD(g) ，若增大反应物A的浓度，平衡将向哪个方向移动？反应物A．B的转化率将怎样变化？

【结论】对反应mA(g) + n B(g)pC(g) + qD(g) ，若增大反应物A的浓度，平衡将向正反应方向移动。反应物B的转化率将增大，而A则减小

【思考与交流】本规律在化工生产上有何利用价值？

【讲解】在化工生产上，往往采用增大容易取得或成本较低的反应物的浓度的方法，使成本较高的原料得到充分的利用

⑵速率－时间图（见上，从图像分析可得以下结论）

①改变反应物的浓度，只能使正反应的速率瞬间增大或减小；改变生成物的浓度，只能使逆反应的速率瞬间增大或减小

②只要υ(正) 在上面，υ(逆) 在下面，即υ(正)＞υ(逆)，化学平衡一定向正反应方向移动，反之亦然

③只要增大浓度，不论增大的是反应物还是生成物的浓度，新平衡状态下的反应速率一定大于原平衡状态；减少浓度，新平衡条件下的反应速率一定小于原平衡状态

2、温度

【学与问】温度的变化对化学反应速率有何影响？υ(正)和υ(逆)将如何变化？

【讲解】升高温度，将增大化学反应速率，υ(正)和υ(逆)都将增大；降低温度，将减小化学反应速率，υ(正)和υ(逆)都将减小

【学与问】温度的变化如何改变同一反应的υ(正)和υ(逆)的倍数？

【实验探究】演示实验2－7

【实验现象】

【思考与交流】如何解释这样的现象？

【讲解】对于反应：aA(g) + bB(g)cC(g) △H有

υ

υ(逆)

υ(正) 升温

υ(正)

υ(正)

υ(逆) 降温

υ(逆)

0 t

放热反应

υ

υ(正)

υ(正) 升温

υ(逆)

υ(逆)

υ(逆) 降温

υ(正)

0 t

吸热反应

⑴在其他条件不变时：

【学与问】升高温度后，化学平衡发生移动，反应速率在移动后与移动前有何关系？

【讲解】升高温度，化学平衡移动后，在新的平衡状态下，化学反应速率一定大于原平衡状态的化学反应速率，反之亦然

【学与问】分析以上图像，升温和降温对正、逆反应的速率有何影响？

【讲解】升高温度，可逆反应的速率都增大，但吸热反应增大的程度要大于放热反应，反之亦然

【小结】

【作业】

第四课时

【学与问】压强的变化对化学反应速率如何影响？υ(正)和 υ(逆)怎样变化？

3、压强

【思考与交流】压强的变化如何改变不同反应的υ(正)和υ(逆)的倍数？

【科学探究】N2(g)＋3H2(g)2NH3(g)，压强变化和NH3含量的如表，请分析后归纳

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 压强(MPa) | 1 | 5 | 10 | 30 | 60 | 100 |
| NH3 (%) | 2.0 | 9.2 | 16.4 | 35.5 | 53.6 | 69.4 |

【结论】增大压强，NH3 的百分含量增大，平衡向正反应方向移动

【思考与交流】请分析合成氨的反应，找出加压后平衡右移和反应方程式中系数的关系？

【结论】在其他条件不变时：

【思考与交流】对于等体积的气体反应，压强改变将怎样影响化学平衡？如H2(g)+I2(g)2HI(g)

【讲解】对于反应：aA(g) + bB(g)cC(g)

①a + b＞c改变压强的速率－时间图像 ②a + b = c改变压强的速率－时间图像

υ

υ'(正)

υ(正) υ'(正)=υ'(逆) 增大P

υ'(逆)

υ'(逆)

υ(逆) υ'(正)=υ'(逆) 减小P

υ'(正)

0 t

υ

υ(正) υ'(正)=υ'(逆) 增大P

υ'(正)=υ'(逆) 减小P

υ(逆)

0 t

⑴在其它条件不变时：

⑵在其他体积不变时：若反应前后气体体积不变，则平衡不移动

【思考与交流】浓度变化和压强变化的速率-时间图像有何区别？

【讲解】

【学与问】对于反应aA(s)+bB(l)cC(l)达到平衡后，改变压强，平衡将怎样移动？

【讲解】对于无气体参加的化学平衡，改变压强不能使化学平衡发生移动

【学与问】对于反应aA(g) + bB(g)cC(g)，若a+b=c，达到平衡后改变压强，平衡将做怎样的移动？

【讲解】对于反应前后气态物质的总体积不变的化学平衡(a+b=c)，压强的改变对平衡无影响（但将同等程度的改变正、逆反应速率）

【学与问】一定条件下的密闭容器中，反应 N2 + 3H22NH3达到平衡后，再充入一定量的氩气，平衡将做怎样的移动？

【讲解】充入“无关气体”，如He、Ne、Ar或不参加反应的N2 等有以下两种可能情况：

⑶充入“无关气体”对平衡的影响

①恒容时

充入“无关气体”→引起总压增大，但各反应物的浓度不变→平衡不移动

②恒压时

充入“无关气体”→引起总体积增大→使各反应物浓度减小→各气体的分压减小→平衡向气体体积增大的方向移动

【结论】压强的改变如果没有引起气体体积的变化，则不能引起平衡的移动

五、勒夏特列原理

1、定义：如果改变影响平衡的一个条件（如温度、压强、浓度），平衡就向能够减弱这种改变的方向移动

【学与问】对于一个正在进行的可逆反应，改变其中一个条件（如温度、压强、浓度），平衡应该怎样移动？

【讲解】勒夏特列原理不适用于未达到平衡的体系

【思考与交流】如何理解“减弱这种改变”这句话？

2、要点：

六、催化剂对化学平衡移动的影响

【思考与交流】催化剂能改变化学反应速率，那么向一个已经达到平衡的反应体系中加入催化剂，平衡将如何移动？

【讲解】由于催化剂能同等程度地改变正、逆反应的速率，化学平衡不移动

υ

υ'(正)=υ'(逆) 正催

υ(正)

υ(逆) υ'(正)=υ'(逆) 负催

0 t

【讲解】对于未达到平衡的反应体系，使用催化剂可以缩短达到平衡所需的时间

【小结】

第五课时

七、化学平衡常数

【问题探究】当一个可逆反应达到化学平衡状态时，反应物和生成物的浓度之间有怎样的定量关系，请你分析教材P29的表进行归纳

【讲解】从H2和I2的反应可以看出，在可逆反应中，无论平衡是从哪个方向形成的，只要温度相同，生成物浓度的系数次方的乘积跟反应物浓度的系数次方的乘积之比为一个常数，这个常数就叫作化学平衡常数，简称平衡常数

1、定义：达到平衡,这时各种生成物浓度的系数次方的乘积除以各反应物浓度的系数次方的乘积所得的比值，常用K表示

2、表达式：对于一般的可逆反应，mA(g)+ nB(g)pC(g)+ qD(g)，当在一定温度下达到平衡时，K＝

【讲解】化学平衡常数同阿伏加德罗常数以及物理中的万有引力常数一样都是一个常数，只要温度不变，对于一个具体的可逆反应就对应一个具体的常数值；一般情况下使用平衡常数不注明单位

3、影响因素：

【练习】设在某温度时，在容积为1L的密闭容器内，把氮气和氢气两种气体混合，反应后生成氨气。实验测得，当达到平衡时，氮气和氢气的浓度各为2mol/L，生成氨气的浓度为3mol/L，求这个反应在该温度下的平衡常数和氮气、氢气在反应开始时的浓度。

(答案:K=0.5625；氮气、氢气在反应开始时的浓度分别为3.5mol/L和6.5mol/L)

4、书写平衡常数关系式的规则

【学与问】在进行有关平衡常数的计算时，对于反应中有固体、纯液体参加的反应，应该如何处理？

⑴如果反应中有固体和纯液体参加，它们的浓度不应写在平衡关系式中，因为它们的浓度是固定不变的，化学平衡关系式中只包括气态物质和溶液中各溶质的浓度。如：

CaCO3(s)CaO(s)+CO2(g) K＝c(CO2)

CO2(g)+H2(g)CO(g)+H2O(l) K＝

【学与问】在稀溶液中进行的反应，如果有水参加反应，那么水的浓度该如何表示？

⑵稀溶液中进行的反应，如有水参加，水的浓度也不必写在平衡关系式中，如：

Cr2O72—+H2O2CrO42—+2H+ K＝

【学与问】在水溶液中进行的反应，水的浓度不需要表示，那么在非水溶液中进行的反应呢？

⑶非水溶液中的反应，如有水生成或有水参加反应，此时水的浓度不可视为常数，必须表示在平衡关系式中。如酒精和醋酸的液相反应

C2H5OH+CH3COOHCH3COOC2H5+H2O K＝

【学与问】反应：H2(g)+I2(g)2HI(g)、H2(g)+I2(g)HI(g)、2HI(g)H2(g)+I2(g)，它们的平衡常数是否相同？为什么？

【讲解】例如：373K时N2O4和NO2的平衡体系。

N2O4(g)2NO2(g) 2N2O4(g)4NO2(g) 2NO2(g)N2O4(g)

K1＝ K2＝ K3＝

　　即K12＝K2＝，所以平衡常数必须与反应方程式相互对应

⑷化学平衡常数是指某一具体反应的平衡常数：

5、平衡常数的应用

【思考与交流】在25℃时：H2＋Cl22HCl，K＝5.3×1033；H2＋Br22HBr，K＝5.3×1028；H2＋I22HI，K＝49；请结合以前的知识推测平衡常数跟反应的难易程度有何关系？

⑴化学平衡常数值的大小是可逆反应进行程度的标志。它能够表示出可逆反应进行的完全程度。一个反应的K值越大，平衡时生成物的浓度越大，反应物的浓度越小，反应物转化率也越大。可以说，化学平衡常数是一定温度下一个反应本身固有的内在性质的定量体现

【科学探究】mA(g)+ nB(g)pC(g)+qD(g)，在一定温度的任意时刻，反应物与生成物的浓度如下关系：Q＝；

当：

⑵可以利用平衡常数的值做标准，判断正在进行的可逆反应是否平衡及不平衡时向何方进行建立平衡：

【思考与交流】对于反应H2(g)＋I2(g)2HI △H＜0，其平衡常数跟温度有如下关系：请据表分析，平衡常数与反应的热效应有什么关系？

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| T(K) | 623 | 698 | 763 |
| K | 66.9 | 54.4 | 45.9 |

⑶利用K可判断反应的热效应：

【练习】见教材P29～30的例题

【练习】现有一定温度下的密闭容器中存在如下反应：CO(g)+H2O(g)CO2(g)+H2(g)，知CO和H2O的起始浓度均为2 mol/L经测定该反应在该温度下的平衡常数K＝2.60，试判断，⑴当CO转化率为50％时，该反应是否达到平衡状态，若未达到，哪个方向进行？⑵达平衡状态时，CO的转化率应为多少？⑶当CO的起始浓度仍为2 mol/L，H2O的起始浓度为6 mol/L时，CO的转化率为多少？(答案：⑴不平衡，反应向正方向进行 ⑵61.7% ⑶86.5%)

【小结】平衡常数：

【作业】P33习题9

第六课时 等效平衡

八、等效平衡

【科学探究】在一定温度、容积不变的密闭容器中，对于合成氨反应以下四种初始量，在这四种情况下，若将NH3的量全部转化为 N2和H2 的量，跟第①种情况相同，因此，达到平衡状态时，此四种情况下的各物质的浓度、体积分数均相同，且υ(正) ＝υ(逆) 也相同。也即虽然初始投入的量标题，但最终达到了相同的平衡状态，这样的平衡就叫做等效平衡

N2 + 3H2  2NH3

①no (mol) 1 3 0

②no (mol) 0 0 2

③no (mol) 0.6 1.8 0.8

④no (mol) 0.2 0.6 1.6

1、定义：在一定条件下（恒温恒容或恒温恒压），对同一可逆反应，只要起始时加入物质的物质的量不同，而达到平衡时，同种物质的质量分数相同，这样的平衡称为等效平衡

2、等效平衡的分类：以 mA(g) + n B(g)pC(g) + qD(g)为例

⑴恒温恒容时（温容等）

①当x+y≠p+q时，在恒温恒容的条件下，改变起始加入情况，只要通过可逆反应的化学计量数之比换算成反应左右两边同一物质的量与原平衡相同，则两平衡等效

mA(g) + n B(g) pC(g) + qD(g)

第一次加入n m n 0 0

∴若二者为等效平衡，则有：

【例题】在一定温度下，将2 molN2和6 molH2充入固定容积的密闭容器中，发生如下反应： N2 (g)+ 3H2(g)2NH3(g)，达到平衡后，若保持温度不变，令a、b、c分别为初始加入的N2 、H2、NH3 的物质的量，重新建立平衡，混合物中各物质的量仍和上述相同。请填空：⑴若a = 0，b = 0，则c = \_\_\_\_\_\_\_\_；⑵若a = 1，c = 2，则b = \_\_\_\_；⑶A．B．c取值必须满足的一般条件是（用两个式子表示：其中一个只含a和c，另一个只含b和c）\_\_\_\_\_

【分析】对与平衡状态的建立，只与条件有关，即与温度压强（或容积）、反应物与生成物的相对关系有关，而与反应进行的方向无关。因此对于该条件下的反应，初始状态是2 molN2和6 molH2的混合物，依据反应方程式可知2 molN2和6 molH2与4 molNH3是等价的，最终达到的平衡状态完全相同。若N2 、H2、NH3的起始量分别为A．B．c，依据反应：

N2 + 3H2  2NH3

原始物质的量n 1（mol） 2 6 0

起始物质的量n 2（mol） a b c

NH3完全转化△n'（mol） c c c

起始物质的量n2'（mol） a+c b+c 0

则要达到等效平衡应满足的关系为：即：

∴

②当x+y = p+q即反应前后气体体积不变的可逆反应，在恒温恒容时，只要反应物（或生成物）的物质的量之比与原平衡相同，则两平衡等效。

【例题】在密闭容器中加入以下四种情况：属于等效平衡的是 ABC

⑵恒温恒压下的等效平衡（温压比）

在恒温恒压条件下，改变起始加入情况，只要按化学计量数换算成反应式左右两边同一物质的量之比与原平衡相同，则达平衡后与原平衡相同即等效。

【例题】在一个盛有催化剂，容积可变的密闭容器中，保持一定温度和压强，进行以下反应：N2 + 3H22NH3。已知加入1 mol N2 和4 mol H2时，达到平衡后生成a mol NH3（见下表已知项）。在相同温度、压强下，保持平衡时各组分的体积分数不变。对下列编号①～③的状态，填写表中的空白。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 已知  编号 | 起始状态物质的量n（mol） | | | 平衡时NH3的物质的量n（mol） |
| N2 | H2 | NH3 |
| 1 | 4 | 0 | a |
| ① | 1.5 | 6 | 0 |  |
| ② |  |  | 1 | 0.5a |
| ③ | m | n(n≥4m) |  |  |

【分析】①

②

③

【练习】t℃时，向某密闭容器中加入1 mol N2 和3 mol H2合成NH3，达到平衡时测得NH3的体积分数为m%；若起始加入N2、 H2、NH3的物质的量分别为x、y、z，使上述反应达到平衡后，NH3的体积分数仍为m%。则x、y、z分别满足：

⑴恒温恒容：

⑵恒温恒压：

【小结】

【作业】

第七课时 化学平衡图像

1、有关化学平衡图像的分析思路

⑴看懂图像：

⑵联想规律：外界条件对化学反应速率和化学平衡的影响规律

⑶作出判断下结论：反应物的聚集状态，反应的热效应，气体体积的增大或减小等

2、常见的化学平衡图像的识别(以aA(g) + bB(g)c C(g)；△H＞0为例)

⑴v—t图像

①只改变浓度

υ

υ(正)

υ(逆)

0 t

增大反应物浓度

υ

υ(正)

υ(逆)

0 t

减小生成物浓度

增大反应物浓度，正反应速率增大，逆反应速率在瞬间不变，随后也增大，υ(正)＞υ(逆) ，平衡正向移动。反之亦然。

②只改变压强

υ υ(正)

υ(逆)

0 t

增大压强

υ

υ(正)

υ(逆)

0 t

减小压强

增大压强，正、逆反应速率均增大，但υ(正)增大的倍数大于υ(逆)增大的倍数，平衡正向移动，即：a + b ＞c

③只改变温度

υ υ(正)

υ(逆)

0 t

升高温度

υ

υ(逆)

υ(正)

0 t

降低温度

升高温度，正、逆反应速率均增大，但υ(正)增大的倍数大于υ(逆)增大的倍数，平衡正向移动，即正反应是吸热反应。

⑵百分含量—t图

A% T1

T2

0 t

A% P1

P 2

0 t

①温度T2比温度T1先达平衡，则T2＞T1；从T2到T1，温度降低，A%增大，说明平衡向逆方向移动，即正反应方向是吸热反应，

②压强P2比压强P1先达平衡，则P2＞P1；从P2到P1，压强减小，A%增大，说明平衡向逆方向移动，即a + b ＞c

【讲解】先拐先平数据大

⑶百分含量—T（或P）图

A% 107Pa

105Pa

0 T

等温线

A% 200℃

100℃

0 P

等压线

①百分含量—T图：选定任一等压线，可看出随温度升高，A%增大，说明平衡向逆反应方向移动，逆反应为吸热反应；作一垂直于横轴的直线（等温线），可看出压强增大，A%增大，说明平衡想逆反应方向移动，逆反应为气体体积减小的反应，即： c＞a + b

②百分含量—P图：选定任一等温线，可看出随压强增大，A%减小，说明平衡向正反应翻译移动，即正反应为气体体积减小的反应，即 c＞a + b；作一等压线，可看出随温度升高，A%增大，说明平衡向逆反应翻译移动，逆反应为吸热反应。

3、图像题的分类

⑴已知反应物、生成物的量随时间变化的曲线，推断反应方程式：如A图

⑵已知反应的速率(v正、v逆)与时间的关系曲线，推测改变的单一反应条件：如BCD图

⑶已知不同温度活压强下反应物的转化率（α）与时间的关系曲线或反应物（生成物）百分含量与时间的关系曲线，推测温度的高低及反应的热效应或压强的大小及气体物质间的化学计量数的关系：如E、F、G图

⑷已知不同温度下的转化率—压强图像活不同压强下的转化率—温度图像，推断可逆反应的热效应活反应的气体物质间的化学计量数的关系：如图H、I

n(mol)

Z

X

Y

0 10 t(s)

A

υ

υ(正)

υ(逆)

0 t

B

υ

υ(逆)

υ(正)

0 t

C

υ

υ(正)=υ(逆)

υ(正)

υ(逆)

0 t

D

A% T1

T2

0 t

E

A% P1

P 2

0 t

F

α(A)

b a

0 t

G

α

600℃

400℃

200℃

0 P

H

α

107Pa

106Pa

105Pa

0 T

I

练 习

1、已知某可逆反应在密闭容器中进行：A(g) + 2B(g)3C(g) + D(s) 正反应为放热反应，下图中曲线a代表一定条件下该反应的过程，若使a曲线变成b曲线，可采取的措施是 B C

A．增大A的浓度 B．缩小容器体积 C．加入催化剂 D．升高温度

α(A)

b a

0 t

1题图

M

0 T1 T­2 T

2题图

【分析】a与b的转化率相等，说明平衡未移动，但达到平衡所需时间减少，说明υ增大

2、可逆反应2A(?) + B(?)2C(g) 正反应是放热反应，气体平均相对分子质量随温度变化有如图所示曲线，则下列叙述正确的是 B D

A．A和B可能都是固体 B．A和B可能都是气体

C．A和B一定都是气体 D．若B为固体，则A一定是气体

【分析】在曲线上任取两点，分别作横轴和纵轴的垂线分别交于如图所示。∵T1＜T2 ∴升高温度平衡逆向移动。又∵＜ ∴逆反应是减小的反应。根据＝：① 若A．B都是气体，则反应m(总)不变，n(总)增大，减小；②若A为气体，B不是气体，则m(总)减小，n(总)不变，减小； ③ 若A不是气体，B为气体，则m(总)减小，n(总)减小，不能判断

3、对于反应2A + B2C，在反应过程中C的百分含量随温度的变化如图所示，则：

C%

A B

0 T0 T

【分析】在T0时C%达到最大值，即此时反应达到平衡。在此前反应向正反应方向进行。此后升高温度，C%减小，说明平衡向逆反应方向进行，故此反应为放热反应。因B点的温度高于A点，故B的速率大于A的速率

⑴T0 对应的υ(正)与υ(逆)的关系是 相等

⑵正反应是 放 热反应

⑶A．B两点正反应速率的大小关系是υ(A)＜υ(B) 【∵T(A) ＜T(B)，∴υ(A)＜υ(B)】

⑷温度T＜T0 时，C%逐渐增大的原因是： 反应向正反应方向进行，还未达到平衡

4、在一密闭容器中，aA(g)bB(g)达到平衡后，保持温度不变，将容器体积增大一倍，当达到新的平衡时，B的浓度是原来的60%，下列说法正确的是 A C

A．平衡向正反应方向移动 B．物质A的转化率减少

C．物质B 的质量分数增加 D．a＞b

5、在一定温度和压强下，合成氨反应达到平衡时，下列操作不会引起平衡移动的是 C

A．恒温恒压时充入氨气 B．恒温恒容时充入氮气

C．恒温恒容时充入氦气 D．恒温恒压时充入氦气

6、对于可逆反应A(g) + 2 B(g)2C(g)，（正反应是吸热反应），下图中正确的是 D

υ

υ(正)

υ(逆)

0 P

A

υ

υ(正)

υ(正) υ(逆)

υ(逆)

0 t

B

α(A)

500℃

100℃

0 t

C

A(A)%

100℃

500℃

0 t

D

7、在一定条件下，反应：H2(g) + I2(g)2HI(g)；△H＜0达到平衡，要使混合气体颜色加深，可采用的方法是 BC

A．降低温度 B．升高温度 C．增大压强 D．减小压强

【分析】要使混合气体颜色加深，就要使平衡逆向移动。

8、对于可逆反应N2 + 3H22NH3 ；△H＜0，有关该反应的平衡移动如图，则影响该平衡移动的原因是 D

A．升高温度，同时加压

B．降低温度，同时减压

C．增大反应物浓度，使用催化剂

D．增大反应物浓度，同时减小生成物浓度

υ

υ(正)

υ(正)

υ(逆)

υ(逆)

0 t

9、体积相同的甲、乙两容器中，分别充如相同物质的量的SO2和O2，在相同温度下发生反应2SO2(g) + O2(g)2SO3(g)并达平衡，在这过程中，甲容器体积不变，乙保持压强不变，若甲容器中SO2 的转化率为p% ，则乙容器中SO2 的转化率 B

A．等于p% B．大于p% C．小于p% D．无法判断

【分析】

乙' 加压到原压

甲 乙' 乙

α＝p% α＝p% 平衡右移，α增大，α＞p%

（利用等效平衡和平衡移动原理）

10、一定量的混合气体，在密闭容器中发生反应：xA(g) + yB(g)zC(g)，达平衡后，测得A气体的浓度0.5mol·L－1，当在恒温下，将容器体积扩大一倍再达平衡时，测得A的浓度为0.3mol·L－1，则下列叙述正确的是 A D

A．x + y ＞z B．平衡向右移动 C．B的转化率升高 D．C的体积分数降低

【分析】c' ＝＝0.25 mol/L＜0.3 mol/L，即容器体积扩大一倍，若平衡不移动，则其浓度为0.25 mol/L，但实际是0.3 mol/L，即A的浓度增大了，所以平衡向左移动

11、在某容积一定的密闭容器中，反应：A(g) + B(g)xC(g)；△H＜0，且符合图Ⅰ(见下页)所示关系。由此推断对图Ⅱ的正确说法是 AD

A．P3＞P4，Y轴表示A的转化率 B．P3＞P4，Y轴表示B的百分含量

C．P3＞P4，Y轴表示混合气体的密度 D．P3＞P4，Y轴表示混合气体的平均相对分子质量

C% c T2P2

b T1P2

a T1P1

0 t

Ⅰ

Y

P3

P4

0 T

Ⅱ

12、一个真空密闭容器中盛有1molPCl5，加热到200℃时发生反应PCl5(g)PCl3(g)+Cl2(g)反应达到平衡时PCl5的分解率为a%；若在同一温度下最初投入的是2 mol PCl5 ，反应达平衡时PCl5的分解率为b%，则a、b的关系是 A

A．a＞b B．a＜b C．a＝b D．不能确定

【分析】

1 mol

2 mol

2 mol

α＝a%

增大压强，容器体积缩小为原来的一半

平衡左移，α减小，α＜a%

13、在恒压容器a与恒容容器b中，分别充入体积比为1∶3的N2和H2混合气体。若开始时两容器的体积相等，且在相同的温度下达到平衡时，两容器中N2的转化率 A (分析同上)

A．a中大 B．b中大 C．A．b一样大 D．无法判断

14、1molA气体和1molB气体在密闭容器中发生如下反应A(g) + nB(g)mC(g)，反应进行一段时间后测得A的转化率为50%。同温同压下，还测得反应前混合气体的密度是反应后混合气体密度的3/4。则n和m的数值可能是 D

A．n= 4，m= 4 B．n = 3，m = 3 C．n = 2，m = 2 D．n = 1，m = 1

15、在一恒容的容器中充入2 molA和1 molB发生反应：2A(g) + B(g)xC(g)，达平衡后，C的体积分数为W%；若维持容器的容积和温度不变，按起始物质的量A：0.6 mol，B：0.3 mol，C：1.4 mol充入容器达到平衡后，C的体积分数仍是W%，则x值 C

A．只能为2 B．只能为3 C．可能是2，也可能是3 D．无法确定

16、（2006四川）一定温度下，在2 L的密闭容器中，X、Y、Z三种气体的物质的量随时间变化的曲线如下图所示：下列描述正确的是 C

A．反应开始到10 s，用Z表示的反应速率为0.158 mol/(L·s)

B．反应开始到10 s，X的物质的量浓度减少了0.79 mol/L

C．反应开始到10 s时，Y的转化率为79.0％

D．反应的化学方程式为：X(g) + Y(g)Z(g)

n(mol)

1.58 Z

1.20

1.00

0.41 X

0.21 Y

0 10 t(s)

16题图

n

·a e

·b ·

·c d

·

0 t1 t2  t

17题图

17、（2006广东）合成氨工业对国民经济和社会发展具有重要的意义，对于密闭容器中的反应：N2 (g) + 3H2 (g)2NH3 (g)，673K、30 MPa下n(NH3)和n(H2)随时间变化的关系如图所示。下列叙述正确的是 A D

A．点a的正反应速率比点b的大

B．点c处反应达到平衡

C．点d（t 1时刻）和点e（t 2时刻）处n(N2)不一样

D．其他 条件不变，773K下反应至t 1时刻，n(H2)比上图中d点的值大

【分析】在t1之前反应没有达到平衡，故浓度越大反应速率越快，∴υ(a)＞υ(b)；点c时只是氨气和氢气的物质的量相等，但此后二者的物质的量在随时间变化，故没有达到平衡状态；点d和点e处已达到平衡状态，故氮气的物质的量不再发生变化，∴点d和e处氮气的物质的量相等。温度为773K＞673K，而该反应为放热反应，故升高温度平衡逆向移动，∴其他 条件不变，773K下反应至t 1时刻，n(H2)比上图中d点的值大

18、（2006江苏）某化学科研小组研究在其他条件不变时，改变某一条件对化学平衡的影响，得到如下规律，根据以下规律判断，下列结论正确的是 C

α(A)

P2

P1

0 T

n(C)

T1

T2

0 t

V(C)%

T2

T1

0 n(B)起始

α(A)

T2

T1

0 P

①2A(g)+B(g)2C(g) ②2A(g)C(g) ③3A(g)+B(g)2C(g) ④A(g)+B(g)2C(g)

A．反应①：△H＞0，P2＞P1 B．反应②：△H＜0，T1 ＞T2

C．反应③：△H＞0，T2 ＞T1 或△H＜0 ，T2 ＜T1 D．反应④：△H＜0 ，T2 ＞T1

19、（05广东）在一定条件下，固定容积的密闭容器中反应：2NO2(g)O2(g) + 2NO(g) △H＞0， 达到平稳。当改变其中一个条件X ，Y随X的变化符合图中曲线的是 A B

A．当X表示温度时，Y表示NO2的物质的量

Y

0 X

B．当X表示压强时，Y表示NO2的转化率

C．当X表示反应时间时，Y表示混合气体的密度

D．当X表示NO2的物质的量时，Y表示O2的物质的量

20、（05北京）在一定温度不同压强(P1＜P2)下，可逆反应2X(g)2Y(g) + Z(g)中，生成物Z在反应混合物中的体积分数（ψ）与反应时间（t）的关系有以下图示，正确的是 B

ψ

P2

P1

0 t

A

ψ

P1

P2

0 t

B

ψ

P1

P2

0 t

C

ψ

P2

P1

0 t

D

21、一定温度下，向20 L密闭容器中通入32 g SO2和12.8 g O2，4 s时测知以下数据，分别计算有关问题（以下各小题不一定是同温）⑴若混合气体各成分物质的量满足：n(SO2) + n(SO3) 2.5n(O2)，求SO2的转化率 ⑵若这时容器内压强比开始减小22%，则容器内O2质量分数是多少？⑶若O2体积占混合气的25%，则用SO2变化表示的反应速率是多少⑷若这时υ(SO2)0.006 mol/(L﹒s)，则容器内气体平均相对分子质量是开始的多少倍？

22、在合成NH3时，将1体积N2和3体积H2混合后在密闭容器中反应，达到平衡时NH3的体积分数为12%，求N2和H2的体积分数各为多少？H2的转化率是多少？

23、一定温度条件下在密闭容器中进行下列反应：N2 + 3H22NH3，如果N2和H2的起始浓度分别为2 mol/L和6 mol/L，并在平衡时已有10%的N2转化为NH3，求平衡时混合气体与反应前压强之比

24、在一个6 L的密闭容器内，放入3 L X(g)和2 L Y(g)，在一定条件下发生反应：4X(g) + 3Y(g) 2Q(g) + nR(g)，达平衡后，容器内温度不变，混合气体的压强比原来增加5%，X的浓度减小1/3，则该反应方程式中的n值是多少？