

模块学习导航

所谓“化学反应原理”，就是指化学反应的基本理论，是发现规律、研究规律、运用规律的学问。

《化学反应原理》的“绪言”部分为我们揭示的是导致化学反应发生的基础，我们将其称为分子或原子的“碰撞理论”。分子或原子间只有发生“有效碰撞”，才能引发化学反应，这其中分子或原子的结构是决定因素，而能量大小则是重要的影响因素。

在必修模块的学习中，我们已经初步了解到化学能和热能之间的关系，并且知道化学反应的吸热或放热以及热量变化的大小是由反应物和生成物的键能决定的。但是，只有通过定量的方法研究一个化学反应的能量变化，才会对解决提高能源利用率的问题显示出实际意义。《化学反应原理》的第一章将引导我们应用有关“物质的量”的知识以及根据化学方程式进行的计算，研究和处理反应热问题。

我们已经学习了不少基本的化学反应，并且知道化学反应的发生除由反应物自身的结构决定外，还受反应条件的制约。我们又知道，大多数的化学反应都具有可逆性，意味着大多数的化学反应是不易进行完全的。那么，可逆反应有哪些基本规律呢？正如溶液体系中沉淀和溶解是一种对立的组合，可逆反应中正向反应和逆向反应也是一种对立的组合。当这种对立在一定条件下进行到一定程度时，便会达到某种动态的或不稳定的“和谐”（平衡状态）。这种“相持”状态的存在，影响着目标反应进行的程度，或者说，目标反应受到了限制。这就是我们在化学必修模块学习中所知的“化学反应限度”的含义。如何打破这种“相持”状态，使之能够朝着我们希望的方向进行呢？这就需要我们研究和认识其变化的规律，因为只有规律才能引领我们进入“自由王国”，引领我们科学地“操纵”反应。《化学反应原理》的第二章所要引导我们进入的正是这个神秘的领域。我们将通过研究影响化学反应速率的因素，发现可逆反应进行过程中必然会出现的平衡状态；通过研究化学平衡状态所具有的基本特征以及外界条件对其影响的规律，寻求调控手段，使其向目标方向发展，从而实现化工生产效益的最大化。

“强”和“弱”的关系是我们在学习化学反应的有关原理时，需要用心体会的又一对矛盾。这对矛盾往往会统一在同一类物质中，比如水和其他一些弱电解质。弱电解质之所以难电离，是因其存在着离子化趋势和分子化趋势的抗衡，是“弱”和“强”的较量。研究并发现这种变化中的奥妙（规律），相信你会得到前所未有的乐趣和收获。比如，在初中阶段的化学学习中我们就已经知道碳酸钠是一种盐，但其水溶液却显碱性，这其中的原理便包含着“强”和“弱”的关系、中和和水解两种反应的对立组合关系。《化学反应原理》的第三章为我们揭示了电解质在溶液中的表现及其反应规律。我们需要综合应用从必修课学来的强电解质和弱电解质的初步知识、有关离子反应和离子方程式的知识、物质的量浓度的计算方法，以及研究可逆反应所获取的平衡理论来定量分析或判断电解质在溶液中发生反应的可行程度。这种研究对化学产品如何实现工业生产具有理论指导意义。

化学平衡、电离平衡、水解平衡以及沉淀溶解平衡构成了化学原理中的平衡理论体系。这几种平衡之间有着共同的特征,也有着明显的差异。它们之间的差异,主要来源于参加反应的物质的状态或环境(介质)的不同。

在必修模块的学习中,我们通过可将化学能转化为电能的原电池,对化学能有了初步认识。那么,电能能否转化为化学能呢?这种转化又有哪些实际意义呢?“电化学基础”一章会引领我们去学习其中相互转化的知识,从而了解工业上获得活泼金属的单质、大量的烧碱、氯气的原理、电镀的原理以及金属腐蚀的原理和相应的防护措施。

化学能与热能的相互转化,以及化学能与电能的相互转化,共同构成了化学原理中的能量转化体系。这个体系的核心是氧化反应和还原反应。

我们面前的《普通高中新课程问题导学案》(以下简称为《问题导学案》),是帮助我们学好选修模块《化学反应原理》的指导书。这本书为我们学好《化学反应原理》提供了以下几个学习支撑点:

一是自学支撑,《问题导学案》将引导我们寻找并发现新旧知识之间的有机联系,启发我们从中发现问题,带着问题去与老师和同学交流;

二是活动支撑,化学是一门实践性很强的基础自然科学,我们需要通过各种途径去获取丰富的学习资源,需要通过调查分析获得实际感受,需要亲手进行实验探究获取实证材料和切身体验,《问题导学案》在这方面也会为我们带来相应帮助;

三是思维支撑,我们处理或解决一些化学实际问题或完成练习题,需要科学的思维方法,我们要透过“展题设计”中举出的范例,认真吸纳其中的思维方法,并力争作出创新性发挥;

四是巩固支撑,无论是课堂练习,还是课后练习,或是自主测试,都对我们应用和巩固所学知识有不同程度的作用,如果我们能够把做练习题的过程,看作是提高我们应用已有化学知识解决实际问题的能力的过程,我们就会主动、积极地加以应对,并且能够及时进行反思。

做练习本身也是学习的一个自我评价方式。只有平时养成一丝不苟的学习习惯,形成严谨的科学思维和表达方法,我们才能在模块的学业评价中取得满意的成绩。“高中化学课程标准”要求学业评价试题应具有的特点是:重点考查对化学基本概念、基本原理以及化学、技术与社会的相互关系的认识和理解;重视考查综合运用所学知识、技能和方法分析和解决问题的能力;设置真实情境的综合性、开放性问题。上述评价要求,事实上也是对我们平时学习和练习的要求。

成熟的果实是香甜的,但果实的成长过程却始终伴随着苦涩。我们坚信,只要努力,每一个人都能享受到成功的喜悦。

绪 言



板块一 创设问题 引领目标

问题呈现

在初中和必修阶段我们学过了很多反应,也做过了不少化学实验,对于什么是物质和物质的化学变化有了基本的认识。不知大家是否想过这样一个问题:如果把两种或多种可以发生反应的物质放在一起,它们却并不一定会发生反应(如氢气和氧气混合),以至于我们常常要通过加热或使用催化剂来使反应发生,这是为什么呢?如何从理论上解释这一现象呢?

材料链接

1. 从物质变化的角度看,化学变化是有_____的变化;从微粒变化的角度看,化学变化是反应物分子中的原子_____生成物分子的过程;从化学键的角度看,化学变化是_____的过程。

2. 催化剂是能_____反应速率,但自身的_____在反应前后不发生变化的物质。



板块二 自学思疑 初探问题



问题一

化学反应的必要条件是什么? 充要条件是什么? 什么是有效碰撞?

教材导读

1. 简化后的有效碰撞模型

(1) 化学反应的过程

化学反应的过程就是反应物分子中的原子重新组合成生成物分子的过程,也就是反应物分子中的_____的断裂和生成物分子中的_____的过程。

(2) 化学反应发生的必要条件

旧键的断裂和新键的生成都是通过反应物分子(或离子)的相互碰撞来实现的,所以,_____是反应发生的必要条件。但是,并不是反应物分子的每次碰撞都能发生化学反应。

(3) 有效碰撞与化学反应

能够发生化学反应的分子碰撞叫做有效碰撞,有效碰撞是发生化学反应的_____。



问题二

活化分子和活化能的含义分别是什么?

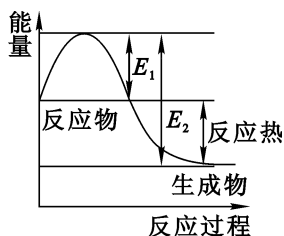
教材导读

2. 活化分子和活化能

活化分子:能够发生_____的分子叫做活化分子。活化分子比普通分子(非活化分子)具有更高的能量。

活化能:活化分子高出反应物分子平均能量的那部分能量。

如图所示, E_1 表示反应的活化能, E_2 表示活化分子变成生成物分子释放出的能量,能量差 $E_2 - E_1$ 是反应热。活化能的大小不影响反应热的大小。



问题三

什么是催化剂？

教材导读

3. 催化剂：能改变化学反应的速率，而本身的质量和化学性质在反应前后不变物质。

自主测评

- 下列关于有效碰撞及活化能的说法正确的有 ☐ 个。
 - 反应物分子间的碰撞是有效碰撞
 - 活化分子比普通分子具有较高的能量
 - 能发生化学反应的碰撞是有效碰撞
 - 活化能是活化分子具有的能量
- 使用二氧化锰作催化剂，氯酸钾和过氧化氢都可以制得氧气，写出其反应的化学方程式：_____、_____。



板块三 合作互助 共析问题

问题四

活化能的大小和化学反应的难易有什么关系？

指导要求_____

请结合活化能与有效碰撞的关系，讨论以上问题。

_____。

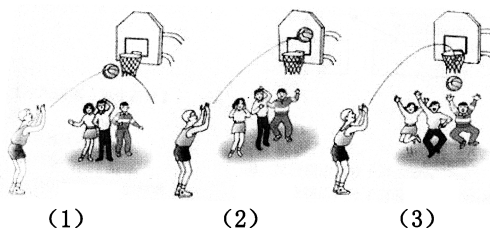


问题五

活化分子之间的每次碰撞都能发生化学反应吗？

指导要求_____

可以用投篮球比喻分子的碰撞。如下图所示(篮球投进表示反应发生)：



图(1)表示分子的能量不够，发生碰撞的分子不是活化分子；

图(2)、图(3)都表示分子能量足够，发生碰撞的分子是活化分子。



问题六

催化剂能改变化学反应速率，催化剂具有哪些特点？

指导要求_____

催化剂的概念：_____。

使用催化剂的反应举例：

(1) _____。

(2) _____。

(3) _____。

(4) _____。

催化剂的特点：_____。

_____。



板块四 展示交流 探究问题

🔗 展题设计

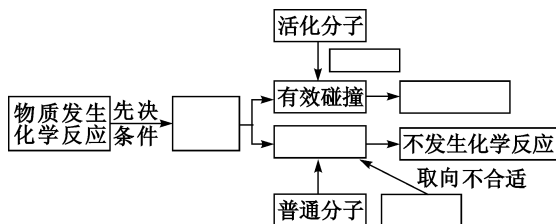
🌸 **展题** 下列说法中正确的是 ()

- ①活化分子间的碰撞一定能发生化学反应
 ②普通分子间的碰撞有时也能发生化学反应
 ③活化分子比普通分子具有较高的能量
 ④化学反应的实质是原子的重新组合
 ⑤化学反应的实质是旧化学键的断裂和新化学键的形成的过程
 ⑥化学反应的实质是活化分子有合适取向时的有效碰撞
- A. ①③④⑤
 B. ②③⑥
 C. ③④⑤⑥
 D. ②④⑤

🌸 **思路点拨** 根据活化分子、活化能、有效碰撞之间的关系来解决上述问题。

🔗 归纳总结

搞清分子碰撞、有效碰撞、活化分子、活化能、化学反应之间的关系是学习有效碰撞模型的关键。请完成下图空白部分的内容,以完成概念图。

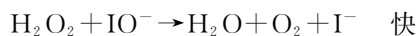
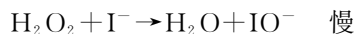


板块五 应用演练 再生新疑

🔗 基础反思

1. 有效碰撞是指 ()
 A. 反应物分子间的碰撞
 B. 反应物活化分子间的碰撞
 C. 不能发生化学反应的碰撞
 D. 反应物活化分子间有合适取向的碰撞
2. 下列关于活化分子和活化能的说法正确的是 ()
 A. 活化能指活化分子具有的能量
 B. 活化能越大,反应越剧烈
 C. 活化能越大,反应放热越多
 D. 活化能越小,一般反应越易发生
3. 在加热氯酸钾制氧气时,可以作催化剂的是 ()
 A. 锰
 B. 二氧化锰
 C. 高锰酸钾
 D. 氯化钠

4. 已知分解 1 mol H_2O_2 放出热量 98 kJ,在含少量 I^- 的溶液中, H_2O_2 的分解机理为:



下列有关该反应的说法正确的是 ()

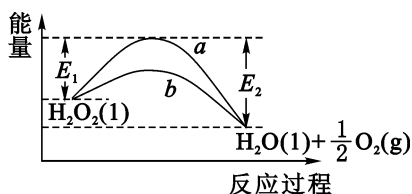
- A. 反应的速率与 I^- 的浓度有关
 B. IO^- 也是该反应的催化剂
 C. 反应活化能等于 $98 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 D. $v(\text{H}_2\text{O}_2) = v(\text{H}_2\text{O}) = v(\text{O}_2)$

5. 氟利昂可在光的作用下分解产生氯原子,氯原子会对臭氧(O_3)层产生长久的破坏作用,有关反应为 $\text{O}_3 \xrightarrow{\text{光}} \text{O}_2 + \text{O}$, $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$, $\text{ClO} + \text{O} \rightarrow \text{Cl} + \text{O}_2$,总反应为 $2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{O}_2$ 。在上述臭氧变成氧气的反

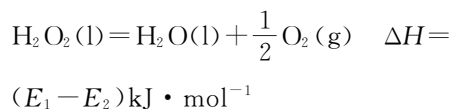
应过程中,氯原子是

- ()
- A. 反应物
B. 生成物
C. 中间产物
D. 催化剂

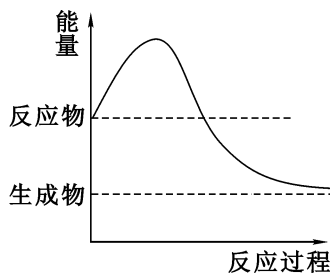
6. $\text{H}_2\text{O}_2(\text{l})$ 在有 MnO_2 条件下和无 MnO_2 条件下分解的能量变化如图所示。下列说法正确的是



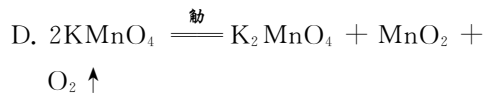
- A. 有 MnO_2 条件下的反应曲线是 a 曲线
B. 该反应能量变化类型与 CaCO_3 分解反应相同
C. 加催化剂后,正反应速率加快,逆反应速率减小
D. b 曲线的热化学方程式:



7. 能用下图表示化学反应过程中能量变化的反应是

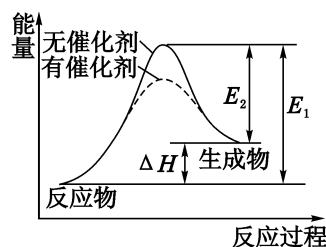


- A. $\text{C} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{CO}_2$
B. $2\text{KClO}_3 \xrightarrow[\text{MnO}_2]{\text{MnO}_2} 2\text{KCl} + 3\text{O}_2 \uparrow$
C. $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} = \text{BaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 10\text{H}_2\text{O}$



8. 有效碰撞是指_____的分子之间的碰撞;有效碰撞是发生化学反应的_____条件;能发生有效碰撞的分子叫做_____;_____叫做活化能;活化能小的化学反应的反应速率_____;有些反应的活化能接近于 0,例如:_____ ,它几乎可以在瞬间完成。

9. 某反应的反应过程中能量变化如图所示(图中 E_1 表示正反应的活化能, E_2 表示逆反应的活化能)。下列有关叙述正确的是



- ()
- A. 该反应为放热反应
B. 催化剂能改变该反应的焓变
C. 催化剂能降低该反应的活化能
D. 逆反应的活化能大于正反应的活化能

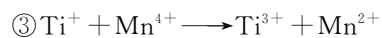
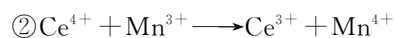
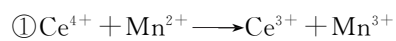
10. 在必修模块中我们学过很多需要催化剂的反应,请举出 4 例(用化学方程式表示):

- (1) _____
(2) _____
(3) _____
(4) _____

能力测控

11. 某反应在催化剂的作用下,按以下两步进行:第一步为 $X+Y=Z$,第二步为 $Y+Z=M+N+X$ 。该反应总的化学方程式是 _____,反应的催化剂是 _____。
12. 由反应物粒子一步直接实现的化学

反应称为基元反应。某化学反应是通过三步基元反应实现的:



由此可知,该反应的催化剂是 ()

- A. Ce^{3+} B. Ti^{3+}
C. Mn^{3+} D. Mn^{2+}

第一章 化学反应与能量

本章学习导航

先行一步，步步先行

学习目标、内容及解析

本章位于全书的第一部分，主要学习有关反应热定量表达、测量和计算问题，属于热化学的基础知识。在《化学·必修2》中，同学们已经初步学习了化学能与热能的知识，本章是在此基础上的扩展与提高。下面我们以课程标准为依据，对本章的学习目标和内容进行具体阐述。

内容标准	学习要求
1. 了解化学反应中能量转化的原因，能说出常见的能量转化形式。	(1) 了解化学键的断裂和形成是化学反应中能量变化的主要原因。 (2) 能说出化学反应中化学能转变为热能、电能的形式。
2. 通过查阅资料，说明能源是人类生存和发展的重要基础，了解化学在解决能源危机中的重要作用。知道节约能源、提高能源利用效率的实际意义。	(1) 通过阅读资料，说明能源是人类生存和发展的重要基础。 (2) 了解化学在解决能源危机中的重要作用。 (3) 知道节约能源、提高能源利用效率的实际意义。
3. 能举例说明化学能与热能的相互转化，了解反应热和焓变的含义，能用盖斯定律进行有关反应热的简单计算。	(1) 能举例说明化学能与热能的相互转化。 (2) 了解反应热和焓变的含义及其关系，了解焓变的表示符号(ΔH)及其常用单位(kJ/mol)，认识 ΔH 的“—”“+”与吸热反应和放热反应的对应关系。 (3) 认识热化学方程式的意义，能正确书写热化学方程式，并能利用热化学方程式进行简单计算。能结合实例说明热化学方程式所表示的含义。 (4) 了解盖斯定律的含义，能用盖斯定律进行有关反应热的简单计算。

学法指导

本章知识的特点是概念多、计算多,学习起来会比较抽象、困难。为了让同学们更好地学习本章,提出以下几点建议,仅供大家参考。

1. 注重对重要概念、定律的理解与辨析。

本章重要概念较多,有反应热、热化学方程式、燃烧热、盖斯定律等。对于概念中的关键字、词要加强理解,可以通过对概念是非题的强化练习来加深对概念的理解。

2. 抓规律、找方法。

本章中热化学方程式的书写是高考的热点,应通过比较找出书写热化学方程式的注意事项,再通过练习进行强化。应用盖斯定律进行反应热的计算是本章的难点,应在准确理解盖斯定律内涵的基础上,通过一定的练习总结出具体解题规律和方法。

3. 密切联系生活、高科技等知识。

化学反应与能量变化的有关知识与日常生活、高科技知识密切相关,如燃料的充分燃烧、新能源、燃烧热等问题。联系实际,提高学习兴趣,激发求知与探索的欲望是学好本章的重要保证。

第一节 化学反应与能量的变化

板块一 创设问题 引领目标

问题呈现

2011年9月29日21时16分3秒,我国研发的第一个目标飞行器“天宫一号”在酒泉卫星发射中心发射;2011年11月3日凌晨“天宫一号”顺利与“神舟八号”飞船对接。“天宫一号”由“长征二号”FT1火箭运载。“长征二号”运载火箭使用偏二甲肼[$\text{H}_2\text{NN}(\text{CH}_3)_2$]和四氧化二氮(N_2O_4)作为推进剂。选择这两种物质作为火箭的推进剂,是因为它们之间能快速

反应并放出巨大的能量,从而推动火箭运动。为什么这两种物质反应能放出热量?它们能放出多少热量呢?我们能测量它们反应放出的热量吗?让我们带着这些问题进入本节课的学习。

材料链接

1. 化学反应一般都伴随着能量的变化,而化学反应中的能量变化,通常表现为_____的变化。据此可以将化学反应分为_____和_____,有热量_____的反应叫做放热反应,需要_____热量的反应叫做吸热反应。

2. 从化学键的角度看,化学反应就是反应物分子中的_____和_____

生成物分子中_____的过程。

第一学时

板块二 自学思疑 初探问题

问题一

什么是焓变？焓变的符号、单位是什么？
焓变的正负与放热反应、吸热反应有何关系？

教材导读

1. 焓变的概念：化学反应过程中所放出或吸收的能量，叫做反应热。当反应在_____条件下进行时，反应热就可以用焓变表示。焓变的符号为_____，单位为_____。放热反应，焓变_____0；吸热反应，焓变_____0。

问题二

为什么说任何反应都有反应热呢？如何通过化学反应过程中化学键断裂和形成的情况判断焓变的正负和反应的吸、放热情况呢？

教材导读

2. 反应热与化学键的关系

化学反应的实质是旧化学键的断裂和新化学键的形成，当反应物分子间的化学键断裂时，需要_____能量，而当生成物分子间的化学键形成时，需要_____能量，所以任何反应都有反应热。

当反应物断键吸收的热量_____生成物成键放出的热量， $\Delta H > 0$ ，为吸热反应；

当反应物断键吸收的热量_____生成物成键放出的热量， $\Delta H < 0$ ，为放热反应。

问题三

如何通过反应物和生成物总能量的高低判断焓变的正负和反应的吸、放热情况？

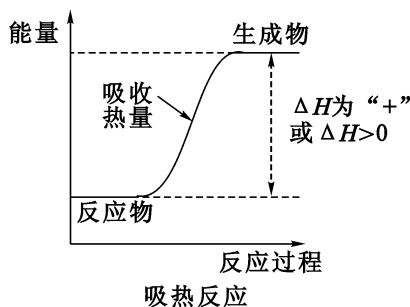
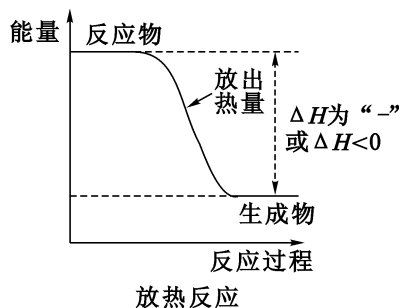
教材导读

3. 反应热与反应前后物质总能量的关系

放热反应：反应物的总能量比生成物的总能量_____，反应过程中体系将能量_____环境，体系的能量_____， ΔH 为_____。

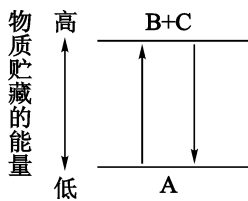
吸热反应：反应物的总能量比生成物的总能量_____，反应过程中体系从环境中_____能量，体系的能量_____， ΔH 为_____。

化学变化过程中的能量变化可用下图表示：



自主测评

1. 下列化学反应的 $\Delta H > 0$ 的是 ()
- A. 锌和稀盐酸制氢气
B. 碳和二氧化碳反应
C. 氮气和氢气合成氨
D. 葡萄糖在人体内氧化
2. 已知:①1 mol H_2 分子中化学键断裂时需要吸收 436 kJ 的能量;②1 mol Cl_2 分子中化学键断裂时需要吸收 243 kJ 的能量;③由H原子和Cl原子形成1 mol HCl分子时释放 431 kJ 的能量。下列叙述正确的是 ()
- A. H_2 和 Cl_2 反应生成 HCl 气体的反应是吸热反应
B. H_2 和 Cl_2 反应生成 2 mol HCl 气体,反应的 $\Delta H = +183$ kJ/mol
C. H_2 和 Cl_2 反应生成 2 mol HCl 气体,反应的 $\Delta H = -183$ kJ/mol
D. H_2 和 Cl_2 反应生成 1 mol HCl 气体,反应的 $\Delta H = -183$ kJ/mol
3. 由下图分析,有关叙述正确的是 ()



- A. $A \rightarrow B + C$ 和 $B + C \rightarrow A$ 两个反应吸收或放出的能量不等
B. $A \rightarrow B + C$ 是放热反应
C. A 具有的能量高于 B 和 C 具有的能量总和
D. $A \rightarrow B + C$ 是吸热反应,则 $B + C \rightarrow A$ 必然是放热反应
4. 下列四个反应中,有一个反应的能量变化与其他三个不同,该反应是 ()

- A. NaOH 与醋酸的反应
B. 石灰石转化为 CaO 与 CO_2 的反应
C. 铁与 $CuSO_4$ 溶液的反应
D. K 与冷水的反应



板块三 合作互助 共析问题



问题四

如何从化学反应类型上判断一个反应是放热反应还是吸热反应?

指导要求.....

请同学们分小组讨论,我们学过的化学反应中哪些属于放热反应、哪些属于吸热反应,并将结果填入下表(写化学方程式)。在此基础上,请从化学反应类型的角度总结哪些反应属于放热反应,哪些反应属于吸热反应。

活动记录表:

反应类型	放热反应	吸热反应
举例 (用化学方程式表示)		
总结规律		



问题五

断开旧化学键需要吸热,形成新化学键需要放热。那么,如何通过化学键的断裂与形成计算一个反应的反应热(ΔH)?

指导要求.....

根据教材中“ $H_2(g) + Cl_2(g) = 2HCl(g)$ 的反应热,应等于生成物分子形成时所释放出的总能量与反应物分子断裂时所吸收的总能量的差”,请小组讨论:反应热(ΔH)与反

应物分子化学键断裂吸收的总能量($E_{\text{断键}}$)、生成物分子化学键形成放出的总能量($E_{\text{成键}}$)之间的关系是 $\Delta H = E_{\text{断键}} - E_{\text{成键}}$,还是 $\Delta H = E_{\text{成键}} - E_{\text{断键}}$ 呢?在讨论的基础上尝试计算下面反应的反应热(ΔH)。

小组讨论

(1) $\Delta H =$ _____。

(2) 已知 1 mol H—H 键、N≡N 键、H—N 键断裂分别需要吸收 436 kJ、946 kJ 和 391 kJ 的能量,尝试计算 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = 2\text{NH}_3(\text{g})$ 反应生成 2 mol NH_3 的反应热(ΔH)。



问题六

需要加热才能发生的化学反应一定是吸热反应吗?

指导要求: _____

吸热反应需要从环境中吸收热量才能发生,那么加热才能发生的反应是否一定是吸热反应呢?请同学们以小组为单位,通过列举放热反应和吸热反应的具体例子,对此进行讨论,并将讨论结果填入下表。

活动记录表

需要加热才能发生的反应	放热反应/吸热反应
①	
②	
③	
.....	

结论: _____

_____。

解释: _____

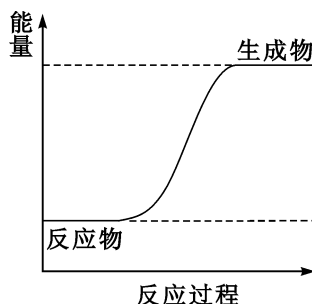
_____。



板块四 展示交流 探究问题

展题设计

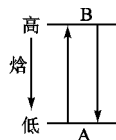
❖展题 1 下列反应中,反应物和生成物的总能量关系符合下图的是 ()



- A. 铜和浓硝酸反应
- B. 铝热反应
- C. 氯酸钾分解制氧气
- D. 甲烷的燃烧

❖思路点拨: 题干要求选择吸热反应。

❖展题 2 由图分析,下列说法正确的是 ()



- A. $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 和 $\text{B} \rightarrow \text{A}$ 两个反应吸收或放出的能量不等
- B. $\text{A} \rightarrow \text{B} \quad \Delta H < 0$
- C. A 具有的焓高于 B 具有的焓
- D. $\text{A} \rightarrow \text{B} \quad \Delta H > 0$, 则 $\text{B} \rightarrow \text{A} \quad \Delta H < 0$

❖思路点拨: 由图可看出, B 的焓高于 A 的焓, 则反应 $\text{B} \rightarrow \text{A}$ 一定是放热反应, $\Delta H < 0$; 反之, $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 的反应一定是吸热反应, $\Delta H > 0$ 。根据能量守恒定律, 两个反应吸收和放出的能量一定相等。

❖展题 3 已知: 25 °C、101 kPa 下, 1 mol 正丁烷($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$)完全燃烧放热 2 878 kJ, 1 mol 异丁烷 $[(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_3]$ 完

全燃烧放热 2 869 kJ。下列说法正确的是 ()

- A. 正丁烷(CH₃CH₂CH₂CH₃)分子储存的能量大于异丁烷分子
- B. 正丁烷(CH₃CH₂CH₂CH₃)的稳定性大于异丁烷
- C. 异丁烷[(CH₃)₂CHCH₃]转化为正丁烷的过程是一个放热过程
- D. 异丁烷[(CH₃)₂CHCH₃]分子中的碳氢键比正丁烷的多

思路点拨: 本题考查反应热与反应前后物质总能量的关系, $\Delta H = E(\text{生成物总能量}) - E(\text{反应物总能量})$ 。

归纳总结

通过本学时的学习,同学们了解了反应热和焓变的含义及其关系,了解了焓变的表示符号(ΔH)及其常用单位(kJ/mol),认识了 ΔH 的“+”“-”与吸热反应和放热反应的对应关系,还了解了焓变与化学键的断裂和形成以及与反应物、生成物总能量的关系。归纳这些知识间的关系,形成知识网络,有利于系统地掌握知识。请按下表中的提示,构建知识体系。

反应类型	概念	反应热(焓变 ΔH)	从化学键断裂与形成中的能量变化来认识	从反应物、生成物总能量相对大小来认识
放热反应	向环境释放热量的反应	< 0	断键吸热 $<$ 成键放热	反应物总能量 $>$ 生成物总能量
吸热反应				

板块五 应用演练 再生新疑

基础反思

1. 下列过程中一定释放出能量的是 ()

- A. 化合反应
- B. 分解反应
- C. 分子拆成原子
- D. 原子组成分子

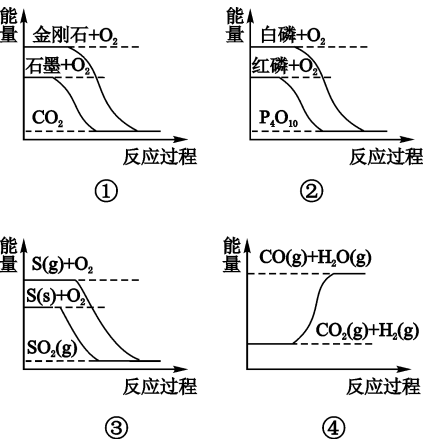
2. 下列化学反应的 $\Delta H > 0$ 的是 ()

- A. $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
- B. $\text{Mg}(\text{s}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) = \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$
- C. $2\text{Fe}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 2\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{s})$
- D. $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{HCl}(\text{g})$

3. 下列过程中,需吸收能量的是 ()

- A. $\text{H} + \text{H} \rightarrow \text{H}_2$
- B. 天然气燃烧
- C. $\text{I}_2 \rightarrow \text{I} + \text{I}$
- D. $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$

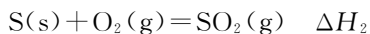
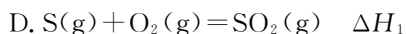
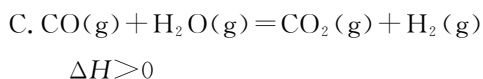
4. 下列图象分别表示有关反应的反应过程与能量变化的关系:



据此判断下列说法正确的是 ()

- A. 石墨转变为金刚石是吸热反应

B. 白磷比红磷稳定



则 $\Delta H_1 > \Delta H_2$

5. “不用开水,不用火电,自热米饭真方便!”这是某品牌“自热米饭”的广告词。加热米饭的热量来自饭盒内贮存的某些特殊物质,当这些物质混合后就会发生剧烈的变化而释放出大量热量,则这些特殊物质最可能是

()

A. 浓硫酸和水

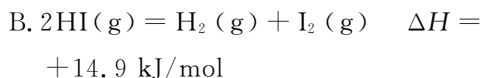
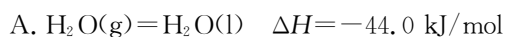
B. 生石灰和水

C. 硝酸铵和水

D. 烧碱和水

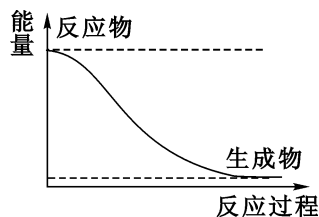
6. 下列变化为放热的化学反应的是

()

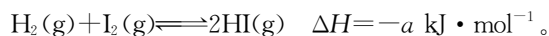


C. 形成化学键时共放出能量 862 kJ 的化学反应

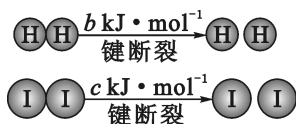
D. 能量变化如下图所示的化学反应



7. H_2 和 I_2 在一定条件下能发生反应:



已知:



(a, b, c 均大于 0)

下列说法不正确的是 ()

A. 反应物的总能量高于生成物的总能量

B. 断开 1 mol H—H 键和 1 mol I—I 所需能量大于断开 2 mol H—I 键所需能量

C. 断开 2 mol H—I 键所需能量为 $(c + b + a) \text{ kJ}$

D. 向密闭容器中加入 2 mol H_2 和 2 mol I_2 , 充分反应后放出的热量小于 $2a \text{ kJ}$

能力测控

8. 在下列反应中,生成物的总焐大于反应物的总焐的是 ()

A. 氢气在氧气中燃烧

B. 铁丝在氧气中燃烧

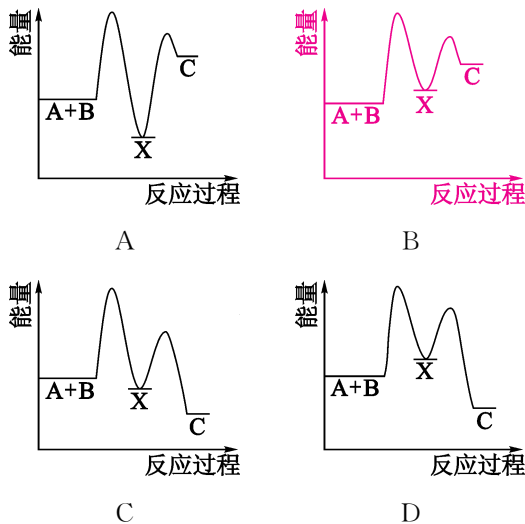
C. 硫在氧气中燃烧

D. 焦炭在高温下与水蒸气反应

9. 反应 $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C} (\Delta H < 0)$ 分两步进行:

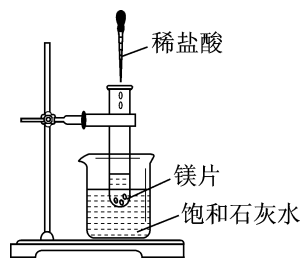


下列示意图中,能正确表示总反应过程中能量变化的是 ()



10. 如图所示,把试管放入盛有 25°C 饱和石灰水的烧杯中,在试管中先放入几小块

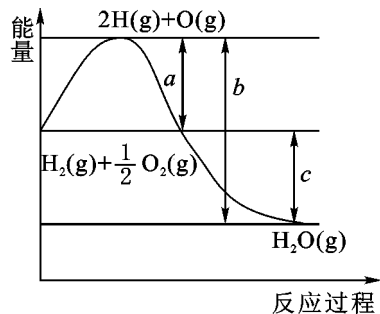
镁片,再用滴管滴入 5 mL 稀盐酸。



试回答下列问题:

- (1) 实验中观察到的现象是 _____。
- (2) 产生上述现象的原因是 _____。
- (3) 写出有关反应的离子方程式: _____。
- (4) 由实验可知, MgCl_2 溶液和 H_2 的总能量 _____ (填“大于”“小于”或“等于”) 镁片和盐酸的总能量。
- (5) 如将本题中“25 °C 饱和石灰水”换成“25 °C 碳酸饮料”进行探究实验, 实验中观察到的另一实验现象是 _____, 其原因是 _____。

11. 已知: $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 反应过程中能量变化如下图所示。



回答下列问题:

- (1) a 、 b 、 c 分别代表什么意义?
- a : _____;
- b : _____;
- c : _____。

(2) 该反应是放热反应还是吸热反应?

_____。

ΔH 大于 0 还是小于 0? _____。

该反应的 $\Delta H =$ _____。

拓展创新

12. 化学键的键能是指气态原子间形成 1 mol 化学键时释放的能量。如: H—I 键的键能为 $297 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 说明生成 1 mol H—I 键释放 297 kJ 能量, 也可以理解为破坏 1 mol H—I 键需要吸收 297 kJ 的热量。下表是一些键能数据(单位: kJ/mol):

化学键	键能	化学键	键能
Cl—Cl	243	H—Cl	432
Br—Br	193	H—Br	366
I—I	151	H—I	297
H—H	436		

请根据上表键能数据计算 1 mol 氢气分别与足量的氯气、液溴、碘完全反应的反应热大小, 并通过计算结果说明哪个反应更剧烈。

再生新疑

通过本节课的学习, 我们知道了为什么化学反应有吸、放热现象, 学会了判断一个化学反应是吸热反应还是放热反应, 也了解了如何表示反应热。那么, 如何通过实验的方法测定一个反应的反应热, 并把反应热与化学反应方程式关联起来呢? 让我们带着这些疑问进入下一学时的学习。

第二学时

板块二 自学思疑 初探问题

问题一

什么是热化学方程式？热化学方程式与普通化学方程式有什么区别？正确书写热化学方程式应该注意哪几点？

教材导读

1. 热化学方程式是指能表示_____关系的化学方程式。

2. 书写热化学方程式应注意以下几点：

(1) 注明反应_____和_____,对于25℃、101 kPa下进行的反应可不注明。

(2) 用括号注明各种反应物和产物在反应时的_____,例如_____。

(3) 化学方程式后面必须标明反应热,吸热反应 ΔH 为_____,放热反应 ΔH 为_____。

(4) 热化学方程式中各物质的化学计量数可以用_____表示,它仅表示该物质的_____,不表示_____。

(5) ΔH 的数值与_____成比例。

通过以上几点说明,可知 ΔH 的数值与_____有关。

自主测评

1. 下列说法错误的是 ()
- A. 热化学方程式中,各物质前的化学计量数不表示分子个数,只表示物质

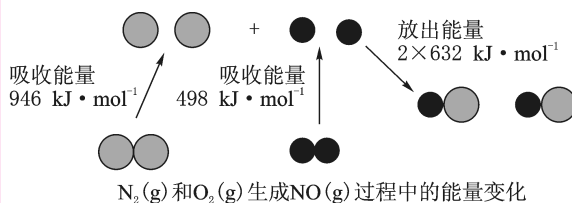
的量

- B. 热化学方程式未注明温度和压强时, ΔH 表示标准状况下的数据
- C. 同一化学反应,化学计量数相同而状态不同, ΔH 不相同
- D. 化学反应过程所吸收或放出的热量与参加反应的物质的物质的量成正比

2. 热化学方程式 $\text{C(s)} + \text{H}_2\text{O(g)} = \text{CO(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$ $\Delta H = +131.3 \text{ kJ/mol}$ 表示 ()

- A. C 和 H_2O 反应吸收 131.3 kJ 能量
- B. 1 mol C 和 1 mol H_2O 反应生成 CO 和 H_2 , 并吸收 131.3 kJ 能量
- C. 1 mol 固态碳和 1 mol 水蒸气反应生成一氧化碳气体和氢气, 并吸收 131.3 kJ 能量
- D. 1 个固态碳原子和 1 个水蒸气分子反应吸收 131.3 kJ 能量

3. 化学反应中的能量变化,是由化学反应中旧化学键断裂时吸收的能量与新化学键形成时放出的能量不同所致。图为 $\text{N}_2\text{(g)}$ 和 $\text{O}_2\text{(g)}$ 生成 NO(g) 过程中的能量变化:



(1) 人们通常把拆开 1 mol 某化学键所吸收的能量看成该化学键的键能。键能的大小可以衡量化学键的强弱,则 $\text{N}\equiv\text{N}$ 键的键能为_____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。根据图示写出 $\text{N}_2\text{(g)}$ 和 $\text{O}_2\text{(g)}$ 生成 NO(g) 的热化学方程式:_____。

(2) NO(g) 分解生成 $\text{N}_2\text{(g)}$ 和 $\text{O}_2\text{(g)}$ 的热化学方程式为_____ ; 当有 16 g $\text{O}_2\text{(g)}$ 生成时,该反应中_____ (填“放出”或“吸

收”)的热量 _____ kJ。



板块三 合作互助 共析问题



问题二

我们知道,一个化学反应过程中旧化学键的断裂和新化学键的形成是造成焓变的主要因素。那么,人们又是如何测定一个化学反应过程中的反应热的呢?



教材导读

许多化学反应的反应热可以通过实验直接测得。阅读教材“实践活动——中和反应反应热的测定”,分小组完成实验。

请思考:进行反应热的测定实验时,要注意哪些问题,并分析其原因。

实验注意事项及原因

1. 在大烧杯底部、大烧杯和小烧杯之间要放入泡沫塑料或碎纸条,大烧杯上要用泡沫塑料板盖住,原因是 _____。

2. 测量完盐酸温度的温度计要用清水洗净后,再测量 NaOH 溶液的温度,原因是 _____。

3. 反应时让碱液的浓度稍大,原因是 _____。

4. 实验中用环形玻璃棒搅拌,原因是 _____。

5. 准确记录混合液的最高温度,原因是 _____。

6. 要重复 2~3 次实验,用所得数据的平均值进行计算,原因是 _____。

问题与交流

1. 注意事项 4 中提到“实验中用环形玻璃棒搅拌”,能否用铜丝取代环形玻璃棒? 如果代替,会对实验结果产生什么影响?

_____。

2. 按照教材中所示装置进行中和热测定,往往所测结果偏低,造成此现象的主要原因有哪些?

_____。

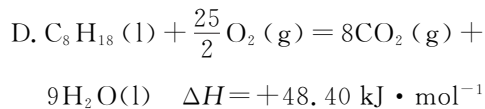
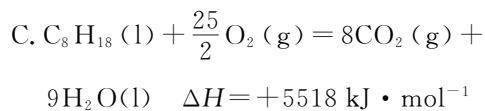
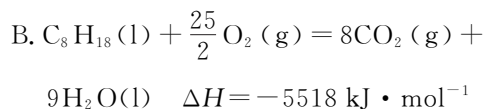
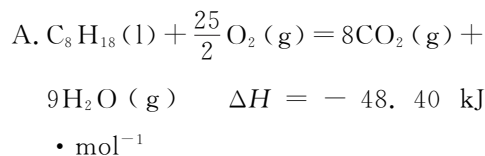


板块四 展示交流 探究问题



展题设计

展题 1 已知在 25 °C、101 kPa 下,1 g C₈H₁₈(辛烷)完全燃烧生成二氧化碳和液态水时放出 48.40 kJ 的热量。下列表示上述反应的热化学方程式中,正确的是 ()



思路点拨: 在判断热化学方程式的正误时,可以从以下几点考虑:(1)反应物、生成物的状态是否正确;(2)反应热的正负是否正确,放热为“-”,吸热为“+”;(3) ΔH 的数据是否正确。

展题 2 下列与热化学方程式相关的表述中,正确的是 ()

- A. 因为 $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 $\Delta H = -a \text{ kJ/mol}$, 所以 1 mol
 NaOH 固体与足量的盐酸反应, 放出
 热量为 $a \text{ kJ}$
- B. 因为 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s}) = \text{CuSO}_4(\text{s}) +$
 $5\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = +b \text{ kJ/mol}$, 所以
 1 mol $\text{CuSO}_4(\text{s})$ 溶于水放热 $b \text{ kJ}$
- C. 因为 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 $\Delta H = -c \text{ kJ/mol}$, 所以水电解的热
 化学方程式为 $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 2\text{H}_2(\text{g}) +$
 $\text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +c \text{ kJ/mol}$
- D. 因为 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$
 $\Delta H = -d \text{ kJ/mol}$, 所以在某容器
 中投入 1 mol N_2 与 3 mol H_2 充分反
 应后, 放出热量小于 $d \text{ kJ}$

思路点拨: 本题主要考查热化学方程式的意义和书写要点, 请从化学计量数、物质状态、热化学方程式意义等方面考虑。

归纳总结

本学时的重点是理解热化学方程式的意义, 并学会正确书写热化学方程式, 请尝试总结热化学方程式和普通化学方程式的区别。

- (1) _____
- (2) _____
- (3) _____



板块五 应用演练 再生新疑

基础反思

1. 判断正误(正确的打“√”, 错误的打“×”)。
- (1) 所有的化学反应都伴有能量的变化, 伴有能量变化的一定是化学反应。 ()
- (2) 反应热是指 1 mol 物质参加反应时的能量变化。 ()

(3) 加热条件下发生的反应均为吸热反应。 ()

(4) 放热反应的 $\Delta H < 0$, 而吸热反应的 $\Delta H > 0$ 。 ()

(5) 热化学方程式中, 物质前的化学计量数可以表示分子个数。 ()

(6) 1 mol 酸和 1 mol 碱完全反应放出的热量就是中和热。 ()

(7) 同温同压下, 反应 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{HCl}(\text{g})$ 在光照和点燃条件下的 ΔH 不同。 ()

(8) 化学反应中的能量变化都是化学能和热能之间的相互转化。 ()

2. 常温下, 1 mol 化学键分解成气态原子所需要的能量用 E 表示。根据表中信息判断, 下列说法中不正确的是 ()

共价键	H—H	F—F	H—F	H—Cl	H—I
$E(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	436	157	568	432	298

A. $432 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} > E(\text{H—Br}) > 298 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

B. 表中最稳定的共价键是 H—F 键

C. $\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}(\text{g}) \quad \Delta H = +436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

D. $\text{H}_2(\text{g}) + \text{F}_2(\text{g}) = 2\text{HF}(\text{g}) \quad \Delta H = -25 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

3. 在 25°C 、 101kPa 下, 1 g 甲醇燃烧生成 CO_2 和液态水时放热 22.70 kJ , 下列热化学方程式书写正确的是 ()

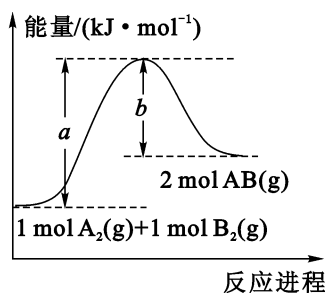
A. $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) + \frac{3}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = +726.4 \text{ kJ/mol}$

B. $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -1452.8 \text{ kJ/mol}$

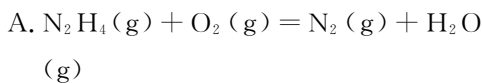
C. $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -726.4 \text{ kJ/mol}$

D. $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = +1452.8 \text{ kJ/mol}$

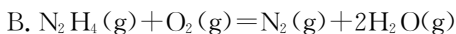
4. 已知化学反应 $\text{A}_2(\text{g}) + \text{B}_2(\text{g}) = 2\text{AB}(\text{g})$ 的能量变化如图所示, 请写出该反应的热化学方程式: _____



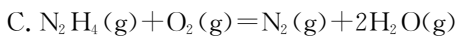
5. N_2H_4 是一种高效清洁的火箭燃料。0.25 mol $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$ 完全燃烧生成氮气和气态水时,放出 133.5 kJ 热量。则下列热化学方程式中正确的是 ()



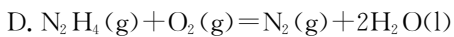
$$\Delta H = +267 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H = -534 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H = +534 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H = -133.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

6. 下列说法中正确的是 ()

A. 中和热的测定实验中需要用的主要玻璃仪器有:两只大小相同的烧杯、两只大小相同的量筒、温度计、环形玻璃搅拌棒

B. 可以用保温杯代替烧杯做有关中和热测定的实验

C. 在测定中和热的实验中,至少需要测定并记录 3 个温度

D. 测定中和热实验中,若使用的稀 NaOH 溶液的物质的量浓度稍大于稀盐酸,则会导致所测得的中和热数值偏高

7. 按要求书写热化学方程式(是离子反应的用离子方程式表示)。

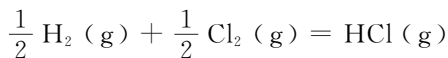
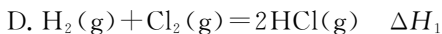
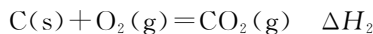
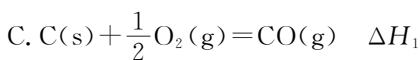
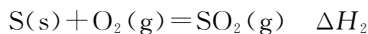
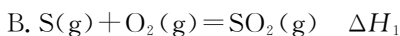
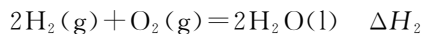
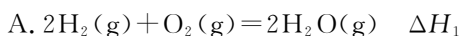
(1)表示强酸和强碱中和反应的热化学方程式:

(2)火箭推进器常以气态联氨(N_2H_4)为燃料、液态过氧化氢为助燃剂进行热能提供。反应过程中生成的气体可参与大气循环。测得当反应过程中有 1 mol 水蒸气生成时放出 161 kJ 的热量。热化学方程式可表示为

(3)工业生产硫酸过程中, SO_2 在接触室中被催化氧化为 SO_3 ,已知该反应为放热反应。现将 2 mol SO_2 、1 mol O_2 充入一密闭容器充分反应后,放出热量 98.3 kJ,此时测得 SO_2 的转化率为 50%,其热化学方程式可表示为

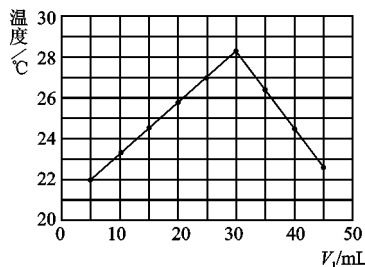
能力测控

8. 在同温、同压下,下列各组热化学方程式中, $\Delta H_1 > \Delta H_2$ 的是 ()



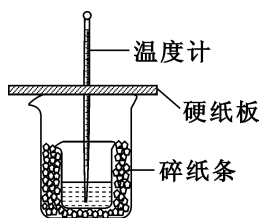
$$\Delta H_2$$

9. 将 V_1 mL $1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 溶液和 V_2 mL 未知浓度的 NaOH 溶液混合均匀后测量并记录溶液温度,实验结果如下图所示(实验中始终保持 $V_1 + V_2 = 50 \text{ mL}$)。下列叙述正确的是 ()



- A. 做该实验时环境温度为 22 °C
 B. 该实验表明化学能可以转化为热能
 C. NaOH 溶液的浓度约为 1.00 mol · L⁻¹
 D. 该实验表明有水生成的反应都是放热反应

10. 中和热的测定是高中化学中重要的定量实验。取 0.55 mol/L 的 NaOH 溶液 50 mL 与 0.25 mol/L 的硫酸溶液 50 mL 置于如图所示的装置中进行中和热的测定实验。



回答下列问题：

(1) 从如图所示实验装置看，其中尚缺少的一种玻璃用品是 _____，除此之外，装置中的一个明显错误是 _____。

(2) 为保证该实验成功，同学采取了许多措施，碎纸条的作用在于 _____。

(3) 若改用 60 mL 0.25 mol/L H₂SO₄ 溶液和 50 mL 0.55 mol/L NaOH 溶液进行反应，与上述实验相比，所放出的热量 _____ (填“相等”或“不相等”)，若实验操作均正确，则所求中和热 _____ (填“相等”或“不相等”)。

(4) 倒入 NaOH 溶液的正确操作是 _____ (填字母序号)。

- A. 沿玻璃棒缓慢倒入
 B. 分三次少量倒入
 C. 一次迅速倒入

(5) 使硫酸溶液与 NaOH 溶液混合均匀的正确操作是 _____ (填字母序号)。

- A. 用温度计小心搅拌
 B. 揭开硬纸板用玻璃棒搅拌

- C. 轻轻地振荡烧杯
 D. 用套在温度计上的环形玻璃棒轻轻地搅动

(6) 实验数据如下表：

实验次数	起始温度 t ₁ /°C			终止温度 t ₂ /°C	温度差平均值 (t ₂ -t ₁)/°C
	H ₂ SO ₄	NaOH	平均值		
1	26.2	26.0	26.1	29.5	_____
2	27.0	27.4	27.2	32.3	
3	25.9	25.9	25.9	29.2	
4	26.4	26.2	26.3	29.8	

① 请填写上表中的空白。

② 近似认为 0.55 mol/L NaOH 溶液和 0.25 mol/L 硫酸溶液的密度都是 1 g/cm³，中和后生成溶液的比热容 c = 4.18 J/(g · °C)，则中和热 ΔH = _____ (取小数点后一位)。

③ 上述实验的结果与 57.3 kJ/mol 有偏差，产生偏差的原因可能是 _____ (填字母序号)。

- a. 实验装置保温、隔热效果差
 b. 用温度计测定 NaOH 溶液起始温度后直接测定 H₂SO₄ 溶液的温度
 c. 分多次把 NaOH 溶液倒入盛有硫酸溶液的小烧杯中

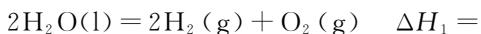
11. 家用液化气中的主要成分之一是丁烷，当 2.9 g 丁烷完全燃烧并生成二氧化碳和液态水时，放出热量为 145 kJ，试写出丁烷燃烧反应的热化学方程式：_____。

已知 1 mol 液态水汽化时需要吸收 44 kJ 的热量，则 1 mol 丁烷完全燃烧并生成气态水时放出的热量为 _____ kJ。

拓展创新

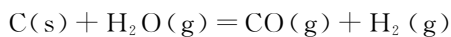
12. 通过以下反应均可获取 H₂。下列有关说法正确的是 _____ ()

① 太阳光催化分解水制氢：



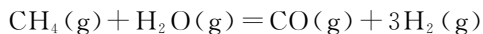
+571.6 kJ · mol⁻¹

②焦炭与水反应制氢:



$\Delta H_2 = +131.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

③甲烷与水反应制氢:



$\Delta H_3 = +206.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

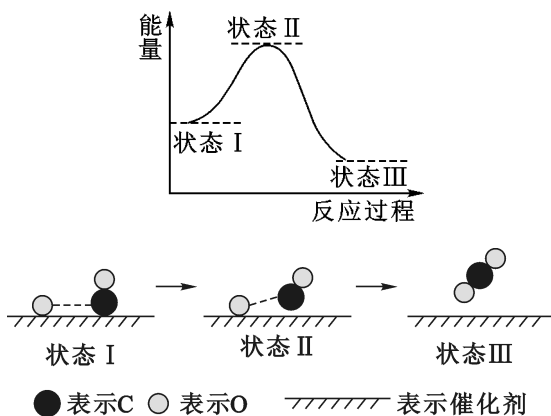
A. 反应①中电能转化为化学能

B. 反应②为放热反应

C. 反应③使用催化剂, ΔH_3 减小

D. $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H > -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

13. 科学家用 X 射线激光技术观察到 CO 与 O 在催化剂表面形成化学键的过程。反应过程的示意图如下:



下列说法正确的是 ()

A. 在该过程中, CO 断键形成 C 和 O

B. 状态 I → 状态 III 表示 CO 与 O₂ 反应的过程

C. CO 和 O 生成 CO₂ 是吸热反应

D. CO 和 O 生成了具有极性共价键的 CO₂

再生新疑

通过本节两学时学习,我们了解了反应热、焓变的概念,学习了中和反应反应热的测定实验,会用热化学方程式表示某一反应的物质的量与反应热的关系。通过可燃物的燃烧是当前人们获得能量的常见方法,如何表示一定量的可燃物燃烧时的反应热呢?除了化石燃料,还有什么其他能源呢?这些我们将在下一节中学习。

第二节 燃烧热 能源

板块一 创设问题 引领目标

问题呈现

下表是 2000~2009 年我国能源生产总量及构成的数据,请观察这些数据,思考这 10 年间我国能源总量的变化趋势以及能源结构发生了哪些变化。除了表中的能源外,同学们还知道哪些新能源?

2000~2009 年中国能源生产总量及构成

年份	能源生产总量 (万吨标准煤)	占能源生产总量的比重(%)			
		原煤	原油	天然气	水电、核电、风电
2000	135 048	73.2	17.2	2.7	6.9
2001	143 875	73.0	16.3	2.8	7.9
2002	150 656	73.5	15.8	2.9	7.8
2003	171 906	76.2	14.1	2.7	7.0
2004	196 648	77.1	12.8	2.8	7.3
2005	216 219	77.6	12.0	3.0	7.4
2006	232 167	77.8	11.3	3.4	7.5
2007	247 279	77.7	10.8	3.7	7.8
2008	260 552	76.8	10.5	4.1	8.6
2009	274 618	77.3	9.9	4.1	8.7

材料链接

1. 化石燃料:化石燃料包括_____、_____、_____等,它们是由动植物遗体埋在地层中,并在地壳中经过一系列非常复杂的变化而逐渐形成的。

2. 充分燃烧的条件:可燃物要充分燃烧,一是要有_____,二是_____。

板块二 自学思疑 初探问题

问题一

什么是燃烧? 如何理解燃烧热概念中的“1 mol 纯物质”“稳定的氧化物”? C 的燃烧热是 $\Delta H = -393.5 \text{ kJ/mol}$ 是什么意思?

教材导读

概念:_____时,_____纯物质完全燃烧生成_____时所放出的热量,叫做该物质的燃烧热,单位为_____。

注意:

(1)燃烧热一般是由实验测得的。物质燃烧时放出的热量多少与外界条件(温度、压强)有关;这里定义压强为 101 kPa,温度如果没有明确说明,一般指 25 ℃。

(2)定义中“1 mol 纯物质”指 1 mol 纯净物(单质或化合物)。

(3)定义中“完全燃烧生成稳定的氧化物”是指单质或化合物燃烧后变为最稳定的氧化物。即完全燃烧时,下列元素要生成对

应的氧化物: C—— $\text{CO}_2(\text{g})$, H—— $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$,
S—— $\text{SO}_2(\text{g})$ 。



问题二

据你所知,常见的能源有哪些? 哪些能源属于化石燃料? 哪些能源属于新能源,新能源有什么特点? 解决能源枯竭有哪些办法?

教材导读

1. 能源就是能提供能量的资源,它包括____、____、____、____、____、____等。
2. 化石燃料是目前的主要能源,包括____、____、____,它们都是____的能源,最终会枯竭。
3. 解决能源枯竭的办法有____、____、____。寻找新能源是目前研究的一个热点,正探索的新能源有____、____、____、____、____、____等。新能源的主要特点是资源丰富、____、____。

自主测评

1. 下列热化学方程式, ΔH 能正确表示物质的燃烧热的是 ()
 - A. $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -283.0 \text{ kJ/mol}$
 - B. $\text{C}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H = -110.5 \text{ kJ/mol}$
 - C. $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -241.8 \text{ kJ/mol}$
 - D. $2\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l}) + 25\text{O}_2(\text{g}) = 16\text{CO}_2(\text{g}) + 18\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -11\,036 \text{ kJ/mol}$
2. 下列燃料中,不属于化石燃料的是 ()
 - A. 煤

- B. 石油
- C. 天然气
- D. 水煤气

3. 氢能是一种既高效又干净的新能源,发展前景良好,用氢作能源的燃料电池汽车备受青睐。我国拥有完全自主知识产权的氢燃料电池轿车“超越三号”,已达到世界先进水平,并加快向产业化的目标迈进。氢能具有的优点包括 ()

- ①原料来源广
- ②易燃烧、热值高
- ③储存方便
- ④制备工艺廉价易行

- A. ①②
- B. ①③
- C. ③④
- D. ②④

4. 判断正误(正确的打“√”,错误的打“×”)。

(1) 1 mol 可燃物在任何条件下完全燃烧生成稳定氧化物时放出的热量即为该可燃物的燃烧热。 ()

(2) 1 mol H_2 完全燃烧生成水蒸气放出的热量叫 H_2 的燃烧热。 ()

(3) 12 g 碳在 O_2 中燃烧产生稳定的 CO 气体,放出的总热量为碳的燃烧热。 ()

(4) 开发利用各种新能源,减少对化石燃料的依赖,可以降低空气中 $\text{PM}_{2.5}$ 的含量。 ()

(5) 化石燃料和植物燃料燃烧时放出的能量均来源于太阳能。 ()

(6) 农村用沼气池产生的沼气作燃料属于生物质能的利用。 ()

(7) 低碳生活注重节能减排,尽量使用太阳能等代替化石燃料,减少温室气体的排放。 ()

(8) $\text{CO}(\text{g})$ 的燃烧热是 $283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $2\text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ 反应的 $\Delta H = +(2 \times 283.0) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。 ()



板块三 合作互助 共析问题



问题三

应根据什么标准来选择燃料？举例说明。

指导要求.....

燃料有很多种，请从燃料的燃烧热、燃料的储量、开采、运输、储存条件、价格、对生态环境的影响等方面综合考虑。



问题四

为什么强酸、强碱的中和热是相同的？而弱酸、弱碱参加的中和反应的中和热绝大多数小于 57.3 kJ/mol？

指导要求.....

在稀溶液中，酸与碱发生中和反应生成 1 mol H₂O 时的反应热叫中和热。请根据以下提示进行讨论：

(1) 稀 NaOH 溶液分别与稀硫酸、稀盐酸、稀醋酸反应，离子方程式是否相同？

(2) 醋酸电离是否存在吸、放热现象？如果存在，是放热、还是吸热？



问题五

可燃物充分燃烧需要充足的氧气，那是否空气越多越好呢？为什么？

指导要求.....

提示：是否氧气越多放热越多？



板块四 展示交流 探究问题



展题设计

展题 1 天然气的主要成分是甲烷。在 101 kPa 时，10 kg 甲烷完全燃烧生成 CO₂ (g) 和 H₂O(l) 放出热量 5.56×10^5 kJ，甲烷的燃烧热为 _____，甲烷用燃烧热表示的热化学方程式为 _____。

思路点拨：根据燃烧热的概念计算。用燃烧热表示的热化学方程式是指热化学方程式中反应热 ΔH 的数值等于燃烧热的数值。

展题 2 已知强酸与强碱完全反应的中和热为 57.3 kJ/mol，生成沉淀要放出热量，弱酸、弱碱电离要吸热，则下列反应的 ΔH 的数值小于 57.3 kJ/mol 的是 ()

- A. $\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \frac{1}{2} \text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq}) = \frac{1}{2} \text{BaSO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- B. $2\text{KOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) = \text{K}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- C. $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) = \text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- D. $\text{HCl}(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) = \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

思路点拨：化学反应中反应热的数值和多种因素有关，如物质的化学计量数、物质的状态等。所以此类题关键不是具体的计算，而是运用热化学方程式的概念和所给信息来解决问题。

归纳总结

本节课学习了燃烧热,上节课学习了反应热,测定实验中接触到了中和热,它们之间有怎样的联系和区别呢?请根据下表进行比较。

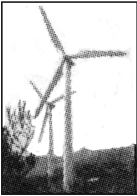
	反应热	燃烧热	中和热
定义			
要点			
标准			
ΔH 的正负			
单位			
联系			



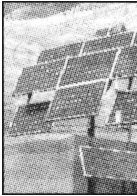
板块五 应用演练 再生新疑

基础反思

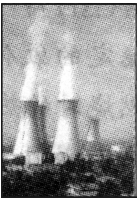
1. 下列分别是利用不同能源发电的实例,其中不属于新能源开发利用的是 ()



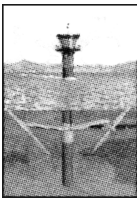
A. 风力发电



B. 太阳能发电



C. 火力发电



D. 潮汐能发电

2. 下列关于燃烧热的说法中,正确的是 ()

- A. 1 mol 物质燃烧所放出的热量
- B. 常温下,可燃物燃烧放出的热量

- C. 在 25 ℃、 1.01×10^5 Pa 时,1 mol 纯物质燃烧生成稳定的氧化物时所放出的热量
- D. 燃烧热随化学方程式前的化学计量数的改变而改变

3. 未来新能源的特点是资源丰富,在使用时对环境无污染或者污染很小,且可以再生。下列能源符合未来新能源标准的是 ()

- ①天然气 ②煤 ③核能 ④石油
- ⑤太阳能 ⑥生物质能 ⑦风能 ⑧氢能
- A. ①②③④
- B. ⑤⑥⑦⑧
- C. ③⑤⑥⑦⑧
- D. ③④⑤⑥⑦⑧

4. 下列说法中,不正确的是 ()

- A. 煤、石油、天然气均为化石燃料,它们属于可再生资源
- B. 生物质能来源于植物及其加工产品所贮存的能量
- C. 氢气的燃烧产物是水,不会污染环境,是理想的清洁燃料
- D. 大自然中利用太阳能最成功的是植物的光合作用

5. 下列对于太阳能、生物质能和氢能利用的说法不正确的是 ()

- A. 芒硝晶体($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)白天在阳光下暴晒后失水、溶解吸热,晚上重新结晶放热,实现了太阳能转化为化学能继而转化为热能
- B. 将秸秆、杂草和人畜粪便等加入沼气发酵池中,在富氧条件下,经过缓慢、复杂的氧化反应最终生成沼气,从而有效利用生物质能
- C. 在工农业生产、日常生活中需要大量应用氢能源,但需要解决氢气的廉价制备、氢气的储存和运输等问题
- D. 垃圾处理厂把大量生活垃圾中的生

物质能转化为热能、电能,减轻了垃圾给城市造成的压力,改善了城市环境

6. 下列说法正确的是 ()

- A. 1 mol 硫酸与 1 mol Ba(OH)₂ 完全中和所放出的热量为中和热
- B. 101 kPa 时, 1 mol H₂ 燃烧生成水蒸气放出的热量叫做 H₂ 的燃烧热
- C. CO 是不稳定的氧化物, 它能继续和氧气反应生成稳定的 CO₂, 所以 CO 的燃烧反应一定是吸热反应
- D. 101 kPa 时, 1 mol 碳完全燃烧生成 CO₂ 所放出的热量为碳的燃烧热

7. 下列有关热化学方程式的书写与对应表述均正确的是 ()

- A. 稀醋酸与 0.1 mol/L NaOH 溶液反应: $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 $\Delta H = -57.3 \text{ kJ/mol}$
- B. 密闭容器中, 9.6 g 硫粉与 11.2 g 铁粉混合加热生成硫化亚铁 17.6 g 时, 放出 19.12 kJ 热量, 则 $\text{Fe}(\text{s}) + \text{S}(\text{s}) = \text{FeS}(\text{s})$ $\Delta H = -95.6 \text{ kJ/mol}$
- C. 氢气的燃烧热为 285.5 kJ/mol, 则水电解的热化学方程式为 $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ $\Delta H = +285.5 \text{ kJ/mol}$
- D. 已知 $2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g})$ $\Delta H = -221 \text{ kJ/mol}$, 则可知 C 的燃烧热为 110.5 kJ/mol

8. 已知:

① 101 kPa 时, $2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g})$
 $\Delta H = -221 \text{ kJ/mol}$;

② 稀溶液中, $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H = -57.3 \text{ kJ/mol}$ 。

下列结论中, 正确的是 ()

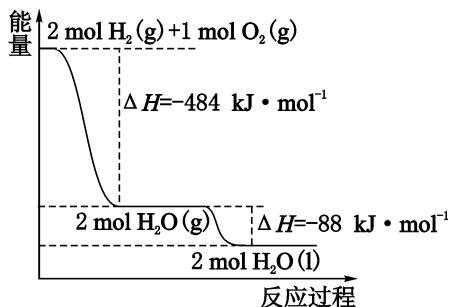
- A. 碳的燃烧热大于 110.5 kJ/mol
- B. ①的反应热为 221 kJ/mol
- C. 稀硫酸与稀 NaOH 溶液反应的中和

热为 -57.3 kJ/mol

D. 稀醋酸与稀 NaOH 溶液反应生成 1 mol 水, 放出 57.3 kJ 热量

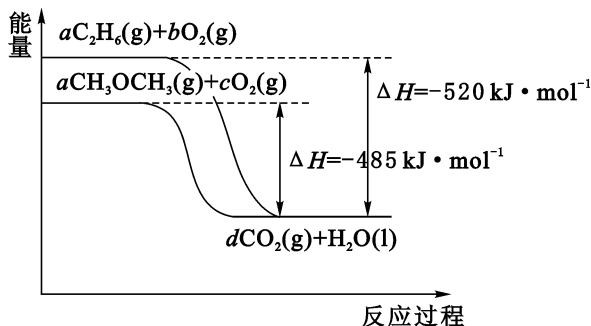
能力测控

9. 根据下图所示的能量变化曲线判断, 下列说法正确的是 ()



- A. $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H = -242 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. 若 H—H、O=O 的键能分别是 $436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $496 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 H—O 的键能是 $463 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- C. 据图可知, 氢气的燃烧热为 $242 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D. 10 g 氢气在氧气中完全燃烧, 放出热量为 1 210 kJ

10. 当今社会, 能源的发展已成为全世界共同关注的话题, 乙烷、二甲醚的燃烧热较大, 可用作燃料。下图表示乙烷、二甲醚燃烧过程中的能量变化。



请回答下列问题:

- (1) $a =$ _____。
- (2) 乙烷的燃烧热为 _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。
- (3) 等物质的量的液态乙烷比气态乙烷

完全燃烧生成稳定的氧化物时放出的热量
_____ (填“多”或“少”)。

(4)根据题图写出二甲醚完全燃烧时的
热化学方程式: _____。

(5)从环保角度分析,放出相同的热量时
选择 _____ (填“乙烷”或“二甲醚”)作为燃
料产生的 CO₂ 较少。

11. 0.3 mol 气态高能燃料乙硼烷(B₂H₆)
在 O₂ 中燃烧,生成固态的 B₂O₃ 和液态水,
放出 649.5 kJ 热量,其用燃烧热表示的热化
学方程式为 _____。

又已知: H₂O(l) = H₂O(g) ΔH =
+44 kJ/mol,则 22.4 L(标准状况)乙硼烷完
全燃烧生成气态水时放出的热量是
_____ kJ。

12. 到达地球表面的太阳辐射能的几条
主要去路如下表所示:

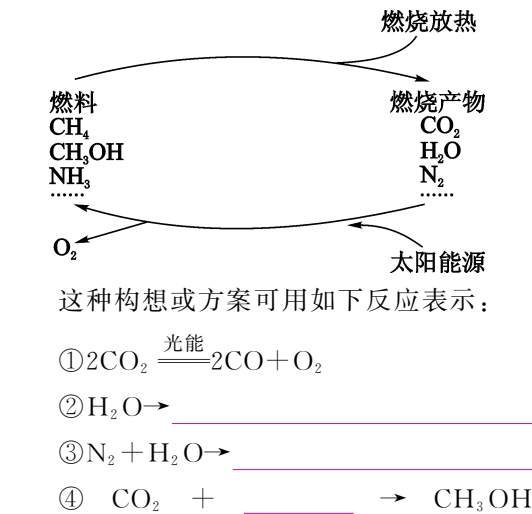
太阳辐射能去路	能量
直接反射	5.2×10 ¹³ kJ/s
以热能的方式离开地球	8.1×10 ¹³ kJ/s
水循环	4.0×10 ¹³ kJ/s
大气流动	3.7×10 ¹¹ kJ/s
光合作用	4.0×10 ¹⁰ kJ/s

请选用以上数据计算:
(1)地球对太阳能的利用率约为 _____。
(2)通过光合作用,每年有 _____ kJ 的
太阳能转化为化学能。(每年按 365 天计)

拓展创新

13. 保护环境已成为当前和未来的全球
性重大课题之一。为消除目前燃料使用过程
中的环境污染问题,并缓解能源危机,有的专
家提出了利用太阳能促使燃料循环使用的构

想,如下图所示。



这种构想或方案可用如下反应表示:
① 2CO₂ $\xrightarrow{\text{光能}}$ 2CO + O₂
② H₂O → _____
③ N₂ + H₂O → _____
④ CO₂ + _____ → CH₃OH

⑤ _____ + H₂O → CH₄ + _____

(1)请完成上述化学方程式。
(2)在此构想的物质循环中,太阳能最终转化为
()

A. 化学能 B. 热能
C. 生物质能 D. 电能

(3)要实现上述的一些构想,目前和今后
要解决的关键问题是 _____。

(4)如果光子的能量不够,上述反应是无
法完成的。而大自然已经解决了这个问题,
即 _____,它是
地球上最重要的化学反应之一,请写出该反
应的化学方程式: _____。

再生新疑

通过前两节的学习,我们学会了表示不
同化学反应的反应热,并知道如何测定反应
热。如果某一反应不易进行或其反应热难以
测定,我们如何确定其反应热呢? 我们将在
第三节中学习这一问题。

第三节 化学反应热的计算

板块一 创设问题 引领目标

问题呈现

在化学科学研究和化工生产中,常常需要通过实验测定物质在发生化学反应时的反应热,进而合理设计反应路径和条件。但是某些反应的反应热由于种种原因不能直接测得,例如,有的反应速率过慢,热量散失太多;有的反应条件难以控制;有的反应产物不纯等。如何计算这些反应的反应热呢?

材料链接

1. 反应热

化学反应过程中所_____的能量,又称为_____,符号为_____,单位为_____。当_____时为放热反应,当_____时为吸热反应。

2. 热化学方程式

表示参加反应_____和_____关系的化学方程式。

3. 燃烧热

在 25 °C、101 kPa 下,_____纯物质完全燃烧生成_____时放出的热量。

4. 可以通过互联网查询更多有关盖斯和盖斯定律的内容。

第一学时

板块二 自学思疑 初探问题

问题一

什么是盖斯定律? 盖斯定律存在的依据是什么? 使用催化剂可以改变反应速率,是否能改变反应热? 对于可逆反应,正反应与逆反应的反应热有何关系?

教材导读

1. 盖斯定律的内容

不管化学反应是一步完成或_____完成,其反应热是_____的。也就是说,化学反应的反应热只与_____有关,而与反应的_____无关。

2. 盖斯定律的依据

盖斯定律遵循_____定律,因能量的释放或吸收是以发生变化的_____为基础的,二者密不可分,所以反应热只与体系的始态和终态有关。

3. 盖斯定律的应用

反应热只与反应体系的始态和终态有关,与反应途径无关,所以使用催化剂_____反应热;可逆反应中正反应与逆反应的始态和终态正好相反,其他都不变,所以正反应的反应热和逆反应的反应热_____。

问题二

如何应用盖斯定律计算某一反应的反

应热?

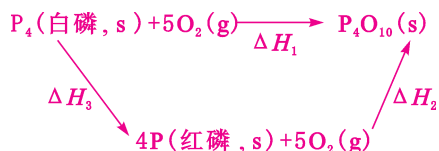
例如: $\text{P}_4(\text{白磷}, \text{s}) + 5\text{O}_2(\text{g}) = \text{P}_4\text{O}_{10}(\text{s})$
 $\Delta H_1 = -2\,983.2 \text{ kJ/mol}$,

$4\text{P}(\text{红磷}, \text{s}) + 5\text{O}_2(\text{g}) = \text{P}_4\text{O}_{10}(\text{s}) \quad \Delta H_2 =$
 $-2\,954 \text{ kJ/mol}$,

试计算: $\text{P}_4(\text{白磷}, \text{s}) = 4\text{P}(\text{红磷}, \text{s})$
 $\Delta H_3 = ?$

教材导读

应用盖斯定律计算某一反应的反应热,关键是弄清已知反应热的几个反应和所求反应热的反应之间的关系,上述3个反应间的关系为 $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$, $\Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2$ (如下图所示)。



所以 $\Delta H_3 =$ _____。

自主测评

1. 已知甲烷的燃烧热为 $890 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。若一定量的甲烷气体在常温常压下充分燃烧后放出 222.5 kJ 的热量,则这些甲烷在标准状况下的体积为多少?

2. 已知: $\text{N}_2(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{NO}_2(\text{g})$
 $\Delta H = +67.7 \text{ kJ/mol}$, $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) =$
 $\text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -534 \text{ kJ/mol}$, 则
 N_2H_4 和 O_2 反应生成 NO_2 和水的化学方程式为 _____。

3. 已知 $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$ 和 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ 的燃烧热分别是 $\Delta H = -1411.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $\Delta H =$
 $-1\,366.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则由 $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 反

应生成 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ 的 ΔH 为 _____。



板块三 合作互助 共析问题



问题三

应用盖斯定律计算反应热的一般方法是什么?

教材导读

应用盖斯定律计算某一反应的反应热,关键是弄清已知反应热的几个反应和所求反应热的反应之间的关系。如何弄清反应之间的关系呢? 试讨论解决以下几个例题,并在其基础上总结出一般方法。

1. 已知: ① $2\text{Zn}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{ZnO}(\text{s})$
 $\Delta H_1 = -696.6 \text{ kJ/mol}$,

② $2\text{Ag}(\text{s}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) = \text{Ag}_2\text{O}(\text{s}) \quad \Delta H_2 =$
 -31.0 kJ/mol ,

则 $\text{Zn}(\text{s}) + \text{Ag}_2\text{O}(\text{s}) = \text{ZnO}(\text{s}) +$
 $2\text{Ag}(\text{s})$ 的 $\Delta H =$ _____。

2. 根据下列3个热化学方程式:

① $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g})$
 $+ 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_1 = -870.3 \text{ kJ/mol}$

② $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_2 =$
 -393.5 kJ/mol

③ $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_3 =$
 -285.8 kJ/mol

试计算 $2\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) =$
 $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l})$ 的反应热。

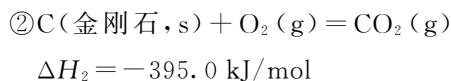
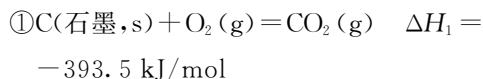
总结一般方法: _____



板块四 展示交流 探究问题

🔍 展题设计

🌸 **展题 1** 已知：在 25℃、101 kPa 下，石墨、金刚石燃烧的热化学方程式分别为：

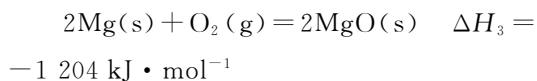
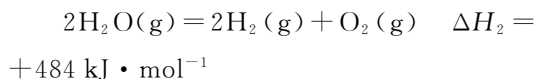


据此判断，下列说法正确的是 ()

- A. 由石墨制备金刚石是吸热反应；等质量时，石墨的能量比金刚石的低
- B. 由石墨制备金刚石是吸热反应；等质量时，石墨的能量比金刚石的高
- C. 由石墨制备金刚石是放热反应；等质量时，石墨的能量比金刚石的低
- D. 由石墨制备金刚石是放热反应；等质量时，石墨的能量比金刚石的高

🌸 **思路点拨：**根据盖斯定律计算同素异形体或同分异构体之间变化的反应热，从而判断其稳定性。

🌸 **展题 2** 已知： $\text{Mg(s)} + 2\text{H}_2\text{O(g)} = \text{Mg(OH)}_2(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = -441 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



则氢氧化镁分解的热化学方程式是 _____。

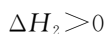
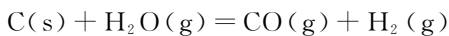
🌸 **思路点拨：**根据盖斯定律计算出氢氧化镁分解的反应热。

🌸 **展题 3** 工业上把煤作为燃料可通过下列两种途径：

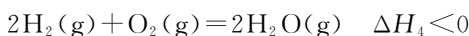
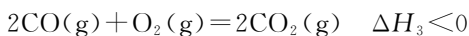
途径 I 煤直接燃烧： $\text{C(s)} + \text{O}_2(\text{g}) =$



途径 II 先制水煤气：



再燃烧水煤气：



请回答下列问题：

(1) 途径 I 放出的热量 _____ (填“大于”“等于”或“小于”) 途径 II 放出的热量。

(2) ΔH_1 、 ΔH_2 、 ΔH_3 、 ΔH_4 的数量关系是 _____。

(3) 由于制取水煤气的反应里，反应物具有的总能量 _____ (填“大于”“等于”或“小于”) 生成物具有的总能量，所以在化学反应时，反应物就需要 _____ 能量才能转化为生成物，因此其反应条件为 _____。

🌸 **思路点拨：**(1) 途径 II 中，根据盖斯定律可得途径 I 的热化学方程式，故两种途径放出的热量相同；(2) $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \frac{1}{2}(\Delta H_3 + \Delta H_4)$ ；(3) 因为 $\Delta H > 0$ ，故反应物的总能量小于生成物的总能量。

🔍 归纳总结

根据盖斯定律可以计算某些不能直接测定的反应热，请总结其方法。



板块五 应用演练 再生新疑

🔍 基础反思

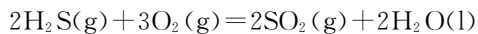
1. 下列关于盖斯定律的描述中，不正确的是 ()

- A. 化学反应的反应热不仅与反应体系的始态和终态有关，也与反应的途径有关
- B. 盖斯定律遵守能量守恒定律

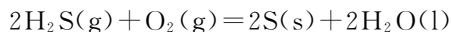
C. 利用盖斯定律可间接计算通过实验难测定的反应的反应热

D. 利用盖斯定律可以计算有副反应发生的反应的反应热

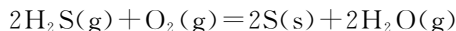
2. 根据以下三个热化学方程式:



$$\Delta H = -Q_1 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H = -Q_2 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H = -Q_3 \text{ kJ/mol}$$

判断 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 三者关系正确的是 ()

A. $Q_1 > Q_2 > Q_3$

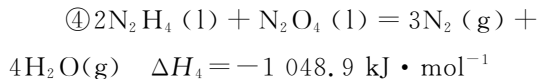
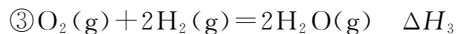
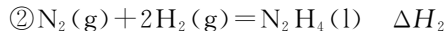
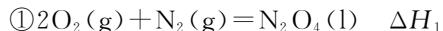
B. $Q_1 > Q_3 > Q_2$

C. $Q_3 > Q_2 > Q_1$

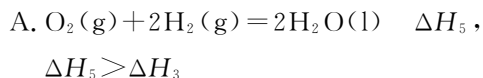
D. $Q_2 > Q_1 > Q_3$

3. 联氨(N_2H_4)常温下为无色液体, 可用作火箭燃料。

已知:



下列说法不正确的是 ()

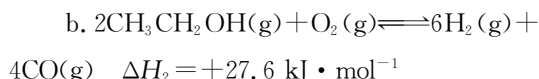
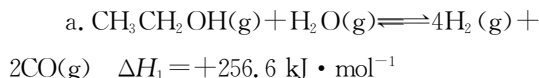


B. $\Delta H_4 = 2\Delta H_3 - 2\Delta H_2 - \Delta H_1$

C. 1 mol $\text{O}_2(\text{g})$ 和 2 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 具有的总能量高于 2 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

D. 联氨和 N_2O_4 作火箭推进剂的原因之一是反应放出大量的热

4. 已知通过乙醇制取氢气通常有如下两条途径:



则下列说法正确的是 ()

A. 升高 a 的反应温度, 乙醇的转化率增大

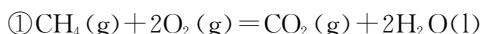
B. 由 b 可知: 乙醇的燃烧热为 $13.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

C. 对反应 b 来说, 增大 O_2 的浓度可使 ΔH_2 的值增大

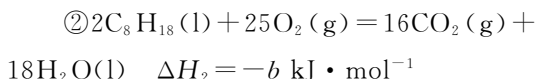
D. a、b 两种途径, 制取等量的氢气, 无论哪种途径, 消耗的能量均相同

5. 2017 年中国首次海域可燃冰($\text{CH}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, 密度为 $\rho_1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) 试开采成功。

已知:



$$\Delta H_1 = -a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



若以辛烷代表汽油(密度为 $\rho_2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) 的组成, 下列说法不正确的是 ()

A. 可燃冰适宜保存在低温、高压的环境中

B. 1 m^3 可燃冰可释放出标准状况下

$$\frac{22.4 \rho_1}{16 + 18n} \text{ m}^3 \text{ 的 } \text{CH}_4$$

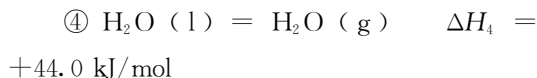
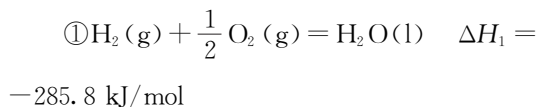
C. 汽油的燃烧热约为 $0.5b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

D. 1 m^3 可燃冰释放出的甲烷燃烧放出的热量约为等体积汽油的

$$\frac{228a\rho_1}{(16 + 18n)b\rho_2} \text{ 倍}$$

能力测控

6. 发射“嫦娥一号”月球探测卫星的“长征三号甲”运载火箭的第三子级使用的燃料是液氢和液氧。已知下列热化学方程式:



则反应 $\text{H}_2(\text{l}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{l}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的反应热 ΔH 为 ()

- A. +237.46 kJ/mol
B. -474.92 kJ/mol
C. -118.73 kJ/mol
D. -237.46 kJ/mol

7. $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -198 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 在 V_2O_5 存在时, 该反应的机理为: $\text{V}_2\text{O}_5 + \text{SO}_2 \rightarrow 2\text{VO}_2 + \text{SO}_3$ (快), $4\text{VO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{V}_2\text{O}_5$ (慢)。下列说法正确的是 ()

- A. 反应速率主要取决于 V_2O_5 的质量
B. VO_2 是该反应的催化剂
C. 该反应逆反应的活化能大于 198 kJ/mol
D. 升高温度, 该反应的 ΔH 增大

8. 为了合理利用化学能, 确保安全生产, 化工设计需要充分考虑化学反应的焓变, 并采取相应措施。化学反应的焓变通常用实验进行测定, 也可进行理论推算。

(1) 实验测得 5 g 甲醇在氧气中充分燃烧生成二氧化碳气体和液态水时释放出 113.5 kJ 的热量, 试写出甲醇燃烧的热化学方程式: _____。

(2) 由气态基态原子形成 1 mol 化学键释放的最低能量叫做键能。从化学键的角度分析, 化学反应的过程就是反应物的化学键被破坏和生成物的化学键形成的过程。在化学反应过程中, 破坏化学键需要消耗能量, 形成化学键又会释放能量。

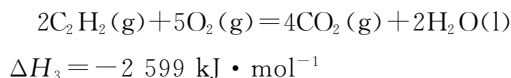
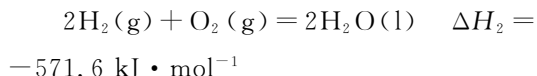
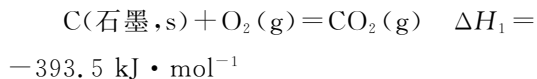
化学键	H—H	N—H	N≡N
键能/(kJ·mol ⁻¹)	436	391	945

已知反应: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H = a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

试根据表中所列键能数据估算 a 为 _____。

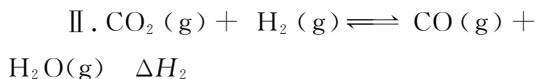
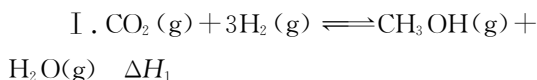
(3) 依据盖斯定律可以对某些难以通过实验直接测定的化学反应的焓变进行推算。

已知:



根据盖斯定律, 计算 298 K 时, 由 C(石墨, s) 和 $\text{H}_2(\text{g})$ 生成 1 mol $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$ 反应的焓变: $\Delta H =$ _____。

9. 催化还原 CO_2 是解决温室效应及能源问题的重要手段之一。研究表明, 在催化剂 Cu/ZnO 存在下, CO_2 和 H_2 可发生两个平衡反应, 分别生成 CH_3OH 和 CO。反应的热化学方程式如下:



某实验室控制 CO_2 和 H_2 的初始投料比为 1:2.2, 经过相同反应时间测得如下实验数据:

T(K)	催化剂	CO_2 转化率 (%)	甲醇选择性 (%)
543	Cat. 1	12.3	42.3
543	Cat. 2	10.9	72.7
553	Cat. 1	15.3	39.1
553	Cat. 2	12.0	71.6

【备注】Cat. 1: Cu/ZnO 纳米棒;

Cat. 2: Cu/ZnO 纳米片;

甲醇选择性: 转化的 CO_2 中生成甲醇的百分比。

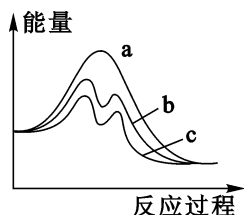
已知: ①CO 和 H_2 的标准燃烧热分别为 $-283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



请回答(不考虑温度对 ΔH 的影响):

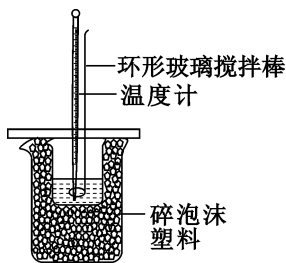
(1) 反应 II 的 $\Delta H_2 =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) 下图中分别画出了反应 I 在无催化剂、有 Cat. 1、有 Cat. 2 三种情况下的“反应过程—能量”示意图。



图中表示没有使用催化剂的曲线是 _____ (填字母序号); 表示有 Cat. 2 的曲线是 _____ (填字母序号), 理由是 _____。

10. 用 50 mL $0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸与 50 mL $0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氢氧化钠溶液在如图所示的装置中进行中和反应, 测定反应过程中所放出的热量并计算每生成 1 mol 液态水时放出的热量。



完成下列问题:

- (1) 烧杯间填满碎泡沫塑料的作用是 _____。
- (2) 大烧杯上如不盖硬纸板, 求得的生成 1 mol 液态水时放出热量的数值 _____ (填“偏大”“偏小”或“无影响”, 下同)
- (3) 用相同浓度和体积的氨水代替 NaOH 溶液进行上述实验, 测得的生成 1 mol 液态水时放出热量的数值会 _____。

再生新疑

通过本学时的学习, 我们学会了应用盖

斯定律计算不能直接测定的反应的反应热。在化工生产中, 经常会遇到关于放热、吸热多少的计算, 对此我们该如何进行规范的计算呢? 下一学时我们将学习这一问题。

第二学时

板块二 自学思疑 初探问题

问题一

如何计算反应放热的多少? 进行反应热计算时要注意哪些问题?

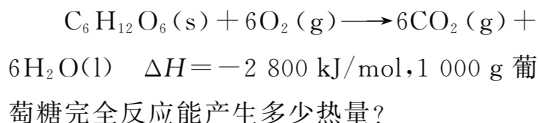
教材导读

1. 关于放热多少的计算

可燃物完全燃烧产生的热量 = 可燃物的物质的量 $\times$ 燃烧热

反应放出的热量 = 某一物质的物质的量 $\times$ 消耗(或生成) 1 mol 该物质放出的热量

例如人体内葡萄糖的消耗可用下述热化学方程式表示:



2. 反应热计算的注意要点

(1) 反应热的数值与 _____ 成正比, 所以各物质的化学计量数和 ΔH 的数值可以同时扩大或缩小相同的倍数。

(2)热化学方程式反写, ΔH 的_____改变,_____不变。

(3)要注意物质的聚集状态,这点很容易被忽略。

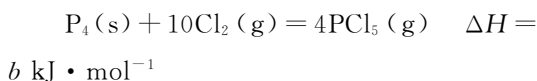
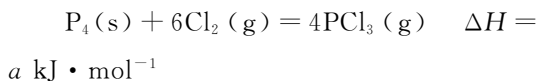
(4)根据盖斯定律可以将两个或两个以上的热化学方程式包括 ΔH 相加或相减,得到一个新的热化学方程式。

自主测评

1. 已知 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 $\Delta H = -285.8 \text{ kJ/mol}$, 要得到 1 000 kJ 的热量, 需要多少体积的氢气(换算成标准状况)?

2. 1 g CH_4 完全燃烧生成液态水和 CO_2 , 放热 55.6 kJ, 求甲烷的燃烧热。

3. 已知:



P_4 具有正四面体结构, PCl_5 中 P—Cl 键的键能为 $c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, PCl_3 中 P—Cl 键的键能为 $1.2c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。下列叙述正确的是

()

A. P—P 键的键能大于 P—Cl 键的键能
 B. 可求 $\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{PCl}_3(\text{g}) = \text{PCl}_5(\text{s})$ 的反应热 ΔH

C. Cl—Cl 键的键能为 $\frac{b-a+5.6c}{4} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

D. P—P 键的键能为 $\frac{5a-3b+12c}{8} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



板块三 合作互助 共析问题



问题二

结合前面所学知识, 总结一下有多少种方法可以确定化学反应的反应热, 具体又该如何确定?



教材导读

反应热是指化学反应过程中放出或吸收的热量, 可以通过实验测定、理论计算、应用盖斯定律等方法来确定。请分小组讨论总结其方法, 并完成后面的例题。

(1)实验测定法——“中和反应反应热的测定”的具体方法及要点:

反应仪器要_____, 化学反应要_____; 温度变化数据测量要_____, 一般要进行平行的实验_____; 计算反应热的方法为_____。

(2)理论计算——根据键能计算反应热。

化学反应的实质是旧键的断裂和新键的形成, 旧键断裂要吸收能量, 而新键形成会放出能量。

计算公式: $\Delta H =$ _____。

注意: 只有反应物、生成物都为气态时的反应, 其反应热才能通过这种方法求解。

(3)根据盖斯定律计算。

利用盖斯定律可以计算出难以测量的反

应的反应热，它是间接计算反应热的常用方法。

具体步骤与方法：_____

_____。

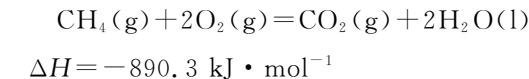
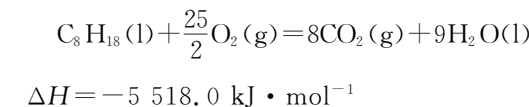
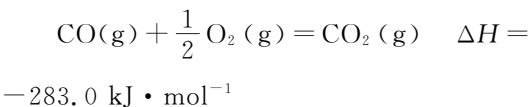
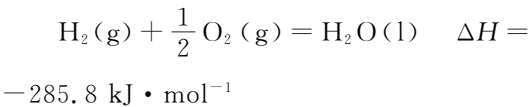
例：已知断开 1 mol O₂ 分子中的共价键需要吸收热量 496 kJ，断开 1 mol H—H 键需吸收热量 436 kJ，生成水蒸气中 1 mol H—O 键放出热量 463 kJ，且 H₂O(l)=H₂O(g) ΔH=+44 kJ/mol，计算 1 g H₂ 完全燃烧生成 H₂O(l)放出的热量。



板块四 展示交流 探究问题

🔍 展题设计

🌸展题 1 氢气、一氧化碳、辛烷、甲烷燃烧的热化学方程式分别为



相同质量的氢气、一氧化碳、C₈H₁₈、甲烷完全燃烧时，放出热量最多的是 ()

- A. H₂ B. CO
C. C₈H₁₈ D. CH₄

🌸思路点拨：先把 H₂、CO、C₈H₁₈、CH₄ 都换算成等质量，然后计算放出热量的多少。

🌸展题 2 已知下列两个热化学方程式：
C(s)+O₂(g)=CO₂(g) ΔH=−393.5 kJ/mol，
2H₂(g)+O₂(g)=2H₂O(g) ΔH=−483.6 kJ/mol。

现有 0.2 mol 炭粉和 H₂ 组成悬浮气，使其在 O₂ 中完全燃烧，共放出 63.53 kJ 的热量，则炭粉与 H₂ 的物质的量之比是 ()

- A. 1 4
B. 1 2
C. 2 8
D. 3 2

🌸思路点拨：本题可以用设未知数法，根据数学方程计算，也可以用十字交叉法计算。

🌸展题 3 已知 H₂(g)+Br₂(l)=2HBr(g) ΔH=−72 kJ/mol，蒸发 1 mol Br₂(l)需要吸收的能量为 30 kJ，其他相关数据如下表：

	H ₂ (g)	Br ₂ (g)	HBr(g)
1 mol 分子中的化学键断裂时需要吸收的能量/kJ	436	<i>a</i>	369

则表中 *a* 为 ()

- A. 404
B. 260
C. 230
D. 200

🌸思路点拨：本题涉及反应热的多种计算方法。要注意：根据键能计算出的反应热，各物质都是气体，因此需要考虑如何利用盖斯定律，计算出 Br₂(g)参加反应时的反应热。

归纳总结

本节主要是学习有关反应热的计算。请总结有关反应热计算的题型有哪些,并简述其解题思路。

题型	解题思路
1.	
2.	
3.	
4.	
.....	



板块五 应用演练 再生新疑

基础反思

1. 已知一些物质的燃烧热:

物质	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₅ OH
燃烧热 $\Delta H/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	-285.8	-890.3	-1 299.6	-1 366.8

等质量的下列物质充分燃烧放出热量最多的是

- A. H₂ B. CH₄
C. C₂H₂ D. C₂H₅OH

2. 1 g 氢气在氧气中完全燃烧生成气态水,放出热量 120.9 kJ,则

- A. 反应的热化学方程式: $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = +483.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
B. 2 mol H₂ 和 1 mol O₂ 的能量总和大于 2 mol H₂O(g) 的能量
C. 1 mol H₂O(l) 的能量大于 1 mol H₂O(g) 的能量
D. 氢气的燃烧热为 241.8 kJ · mol⁻¹

3. 下列关于反应能量的说法正确的是

- A. $\text{Zn}(\text{s}) + \text{CuSO}_4(\text{aq}) = \text{ZnSO}_4(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s}) \quad \Delta H = -216 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则

反应物总能量 > 生成物总能量

B. 相同条件下,如果 1 mol 氢原子所具有的能量为 E_1 ,1 mol 氢分子的能量为 E_2 ,则 $2E_1 = E_2$

C. 101 kPa 时, $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -572 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 H₂ 的燃烧热为 $-572 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

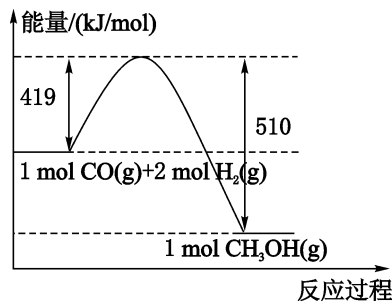
D. $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 含 1 mol NaOH 的氢氧化钠溶液与含 0.5 mol H₂SO₄ 的浓硫酸混合后放出 57.3 kJ 的热量

4. 下列热化学方程式中,正确的是 ()

A. 甲烷的燃烧热 ΔH 为 -890.3 kJ/mol , 则甲烷燃烧的热化学方程式可表示为 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -890.3 \text{ kJ/mol}$

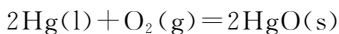
B. 含 20.0 g 的 NaOH 稀溶液与稀盐酸完全中和,放出 28.7 kJ 的热量,则稀醋酸和稀 NaOH 溶液反应的热化学方程式为 $\text{NaOH}(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) = \text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -57.4 \text{ kJ/mol}$

C. 下图是 298 K、101 kPa 时 CO 和 H₂ 合成 CH₃OH(g) 的反应过程中能量变化的曲线图,则该反应的热化学方程式为 $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \quad \Delta H = +91 \text{ kJ/mol}$

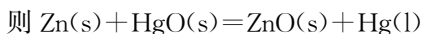


D. 已知: $2\text{Zn}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{ZnO}(\text{s})$

$$\Delta H = -701.0 \text{ kJ/mol}$$



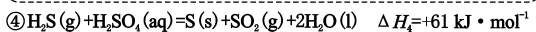
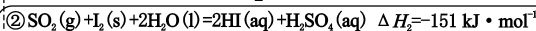
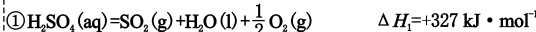
$$\Delta H = -181.6 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H = -259.7 \text{ kJ/mol}$$

5. 下图是通过热化学循环在较低温度下由水或硫化氢分解制备氢气的反应系统原理, 下列说法不正确的是 ()

热化学硫碘循环水分解制氢系统(I)



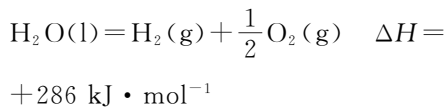
热化学硫碘循环硫化氢分解制氢气、硫黄系统(II)

A. 反应②为反应③提供了原料

B. 反应②也是 SO_2 资源利用的方法之一

C. 制得等量的 H_2 , 所需能量较少的是系统(I)

D. 系统(I)制氢的热化学方程式为



6. 硝化甘油($\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$)分解的产物为 N_2 、 CO_2 、 O_2 和 H_2O , 它的分解反应的化学方程式为_____。

已知 25°C 时, 2.27 g 硝化甘油分解放出热量为 15.4 kJ , 则每生成 1 mol 气体时放出的热量为_____ kJ 。

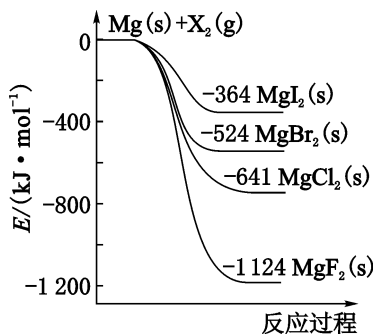
7. 25°C 时, 1.00 g $\text{N}_2\text{H}_4(\text{l})$ 与足量 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ 完全反应, 生成 $\text{N}_2(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, 放出 19.14 kJ 的热量, 则反应 $2\text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) = 3\text{N}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 $\Delta H =$ _____ kJ/mol 。

8. 乙炔燃烧时可放出大量的热, 常用于焊接、切割金属。在 25°C 、 101 kPa 下, 2.6 g 乙炔(气态)完全燃烧生成液态水和 $\text{CO}_2(\text{g})$ 时放热 130 kJ , 则表示乙炔燃烧热的热化学方程式为_____。

_____ ; 若要放出 $6.5 \times 10^5 \text{ kJ}$ 的热量, 需要_____ kg 乙炔; 若 $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = +44 \text{ kJ/mol}$, 则 1.12 L (标准状况下) 乙炔气体完全燃烧生成气态水, 放热_____ kJ 。

能力测控

9. 如图是金属镁和卤素单质(X_2)反应的能量变化示意图。下列说法正确的是 ()

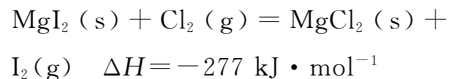


A. 卤素单质(X_2)与水反应均可生成两种酸

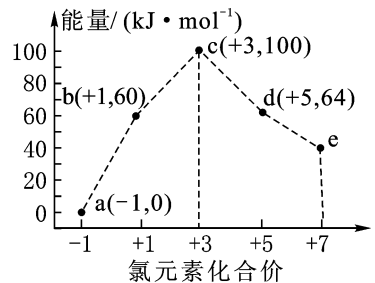
B. 用电子式表示 MgF_2 的形成过程为: $\cdot\ddot{\text{F}}\cdot + \text{Mg} + \cdot\ddot{\text{F}}\cdot \rightarrow \cdot\ddot{\text{F}}:\text{Mg}:\ddot{\text{F}}\cdot$

C. 热稳定性: $\text{MgI}_2 > \text{MgBr}_2 > \text{MgCl}_2 > \text{MgF}_2$

D. 由图可知此温度下 $\text{MgI}_2(\text{s})$ 与 $\text{Cl}_2(\text{g})$ 反应的热化学方程式为:



10. 一定条件下, 在水溶液中 1 mol Cl^- 、 ClO_x^- ($x=1, 2, 3, 4$) 的能量(kJ) 相对大小如图所示。下列有关说法正确的是 ()



- A. a、b、c、d、e 中, c 最稳定
 B. $b \rightarrow a + c$ 反应的活化能为反应物能量减生成物能量
 C. $b \rightarrow a + d$ 反应的热化学方程式为:
 $3\text{ClO}^-(\text{aq}) = \text{ClO}_3^-(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq})$
 $\Delta H = +116 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 D. 一定温度下, Cl_2 与 NaOH 溶液反应生成的产物有 a、b、d, 溶液中 a、b、d 的浓度之比可能为 11 : 4 : 2

11. 通过以下反应均可获取 H_2 。下列有关说法不正确的是 ()

- ① 太阳光催化分解水制氢: $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = +571.6 \text{ kJ/mol}$
 ② 焦炭与水反应制氢: $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_2 = +131.3 \text{ kJ/mol}$
 ③ 甲烷与水反应制氢: $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_3 = +206.1 \text{ kJ/mol}$

- A. 由反应 ① 可知 H_2 的燃烧热为 571.6 kJ/mol
 B. 反应 ② 中生成物的总能量高于反应物的总能量
 C. 反应 ③ 若改用新催化剂, ΔH_3 不变化
 D. 反应 $\text{CH}_4(\text{g}) = \text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ 的 $\Delta H = +74.8 \text{ kJ/mol}$

拓展创新

12. 利用中和热测定的实验方法, 可以测出 100 mL 0.45 mol/L 的 H_2SO_4 溶液与 100 mL 0.4 mol/L 的 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液充分反应时放出的热量是 5.12 kJ。已知强酸、强碱的中和热是 57.3 kJ/mol, 则 Na_2SO_4 溶液与 BaCl_2 溶液反应的热化学方程式为 _____。(用离子表示)

13. 联氨(又称联肼, N_2H_4 , 无色液体)是一种应用广泛的化工原料, 可用作火箭燃料。回答下列问题:

(1) 联氨分子电子式为 _____, 其中氮的化合价为 _____。

(2) ① $2\text{O}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) = \text{N}_2\text{O}_4(\text{l}) \quad \Delta H_1$

② $\text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) = \text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) \quad \Delta H_2$

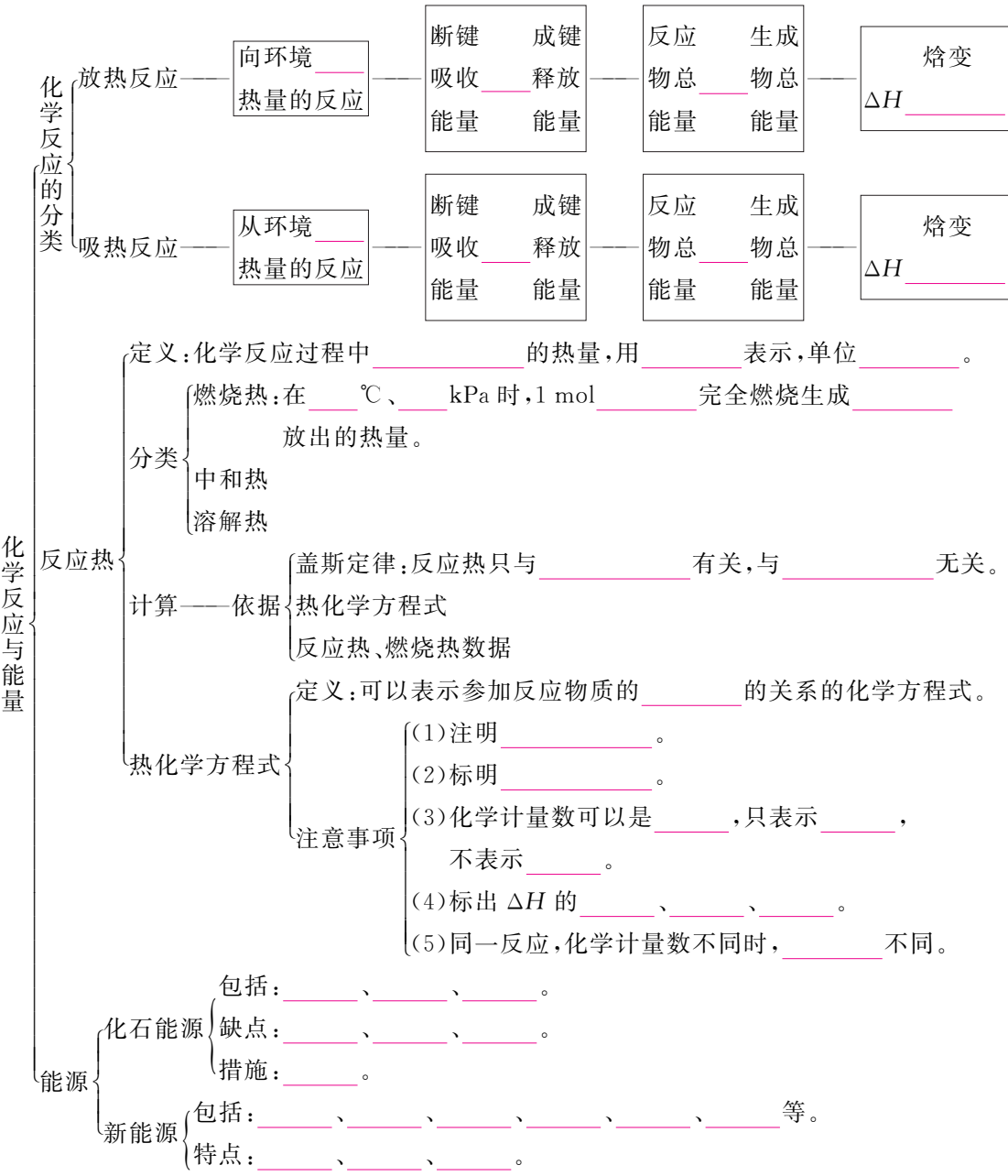
③ $\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_3$

④ $2\text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + \text{N}_2\text{O}_4(\text{l}) = 3\text{N}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_4 = -1\,048.9 \text{ kJ/mol}$

上述反应热效应之间的关系式为 $\Delta H_4 =$ _____, 联氨和 N_2O_4 可作为火箭推进剂的主要原因为 _____。

本章学习报告

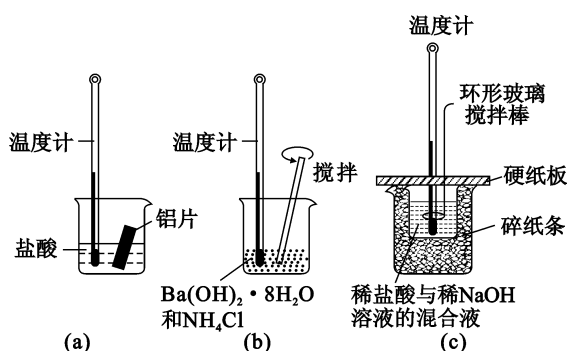
学习过本章后,同学们很好地掌握了理论知识和大量的实验内容,为了能灵活自如地应用这些知识,请完成下列知识网络。



第一章测试题

一、选择题

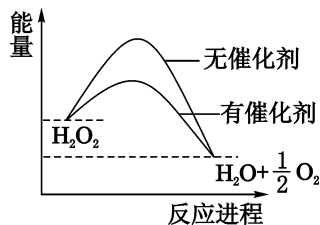
1. 某同学设计如图所示实验,探究反应中的能量变化。



下列判断正确的是 ()

- A. 由实验可知,(a)(b)(c)所涉及的反应都是放热反应
- B. 将实验(a)中的等质量的铝片更换为铝粉后释放出的热量有所增加
- C. 实验(c)中将环形玻璃搅拌棒改为铁质搅拌棒对实验结果没有影响
- D. 若用 NaOH 固体测定中和热,则测定结果偏高

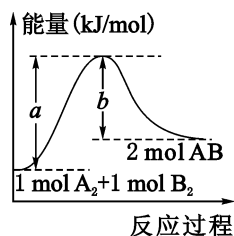
2. 已知 H_2O_2 在催化剂作用下分解速率加快,其能量随反应进程的变化如下图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 加入催化剂,减小了反应的热效应
- B. 加入催化剂,可提高 H_2O_2 的平衡转化率
- C. H_2O_2 分解的热化学方程式: $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + Q$

D. 反应物的总能量高于生成物的总能量

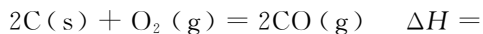
3. 反应 $\text{A}_2(\text{g}) + \text{B}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{AB}(\text{g})$ 的能量变化如图所示,下列叙述正确的是 ()



- A. 该反应是放热反应
- B. 加入催化剂,($b-a$)的差值减小
- C. 每生成 2 mol AB 分子吸收 b kJ 热量
- D. 若反应生成的 AB 为液态,吸收的热量小于($a-b$)kJ

4. 已知: $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$

$$\Delta H = a \text{ kJ/mol}$$

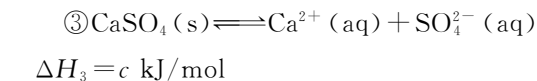
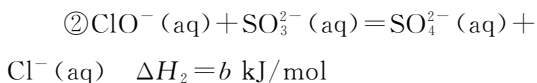
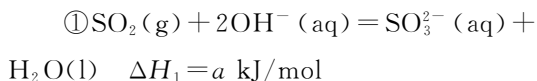


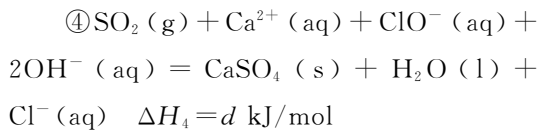
$$-220 \text{ kJ/mol}$$

$\text{H}-\text{H}$ 、 $\text{O}=\text{O}$ 和 $\text{O}-\text{H}$ 键的键能分别为 436 kJ/mol、496 kJ/mol 和 462 kJ/mol,则 a 为 ()

- A. -332
- B. -118
- C. +350
- D. +130

5. 煤燃烧排放的烟气中含有 SO_2 和 NO_x ,会污染大气。采用 NaClO 、 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 溶液作为吸收剂可同时对烟气进行脱硫、脱硝。下列说法正确的是 ()





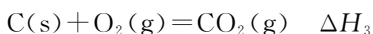
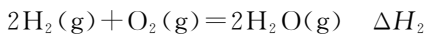
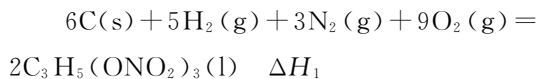
A. 随着吸收反应的进行,吸收剂溶液的 pH 逐渐减小

B. 反应①②均为氧化还原反应

C. 反应 $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) = \text{CaSO}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 $\Delta H = -c \text{ kJ/mol}$

D. $d = a + b + c$

6. 已知下列反应的热化学方程式:



则反应 $4\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3(\text{l}) = 12\text{CO}_2(\text{g}) + 10\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) + 6\text{N}_2(\text{g})$ 的 ΔH 为

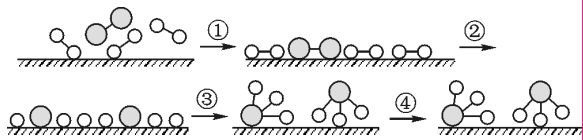
A. $12\Delta H_3 + 5\Delta H_2 - 2\Delta H_1$

B. $2\Delta H_1 - 5\Delta H_2 - 12\Delta H_3$

C. $12\Delta H_3 - 5\Delta H_2 - 2\Delta H_1$

D. $\Delta H_1 - 5\Delta H_2 - 12\Delta H_3$

7. 化学家格哈德·埃特尔证实了氢气与氮气在固体催化剂表面合成氨的反应过程,示意图如下:



下列关于合成氨反应的叙述中,不正确的是

A. 该过程表明,在化学反应中存在化学键的断裂与形成

B. 在催化剂的作用下,反应物的化学键变得容易断裂

C. 过程②需吸收能量,过程③则放出能量

D. 常温下该反应难以进行,是因为常温

下生成物的化学键难以形成

8. 已知胆矾溶于水时溶液温度降低,室温下,将 1 mol 无水硫酸铜制成溶液时放出的热量为 Q_1 。又知胆矾分解的热化学方程式为 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s}) = \text{CuSO}_4(\text{s}) + 5\text{H}_2\text{O}$

(l) $\Delta H = +Q_2 \text{ kJ/mol}$, 则 Q_1 和 Q_2 的关系为

A. $Q_1 < Q_2$

B. $Q_1 > Q_2$

C. $Q_1 = Q_2$

D. 无法确定

9. 处理燃烧产生的烟道气 CO 和 SO_2 , 方法之一是在一定条件下将其催化转化为 CO_2 和 S 。

已知:① $2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g})$
 $\Delta H = -566.0 \text{ kJ/mol}$

② $\text{S}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -296.0 \text{ kJ/mol}$

下列说法中,正确的是

A. 转化①有利于碳参与自然界的元素循环

B. 转化②中 S 和 O_2 属于不同的核素

C. 可用澄清的石灰水鉴别 CO_2 与 SO_2

D. 转化的热化学方程式是 $2\text{CO}(\text{g}) + \text{SO}_2(\text{g}) = \text{S}(\text{s}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +270 \text{ kJ/mol}$

10. CO 、 H_2 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 三种物质燃烧的热化学方程式如下:

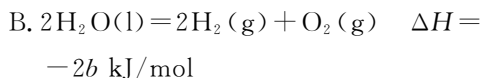
① $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = a \text{ kJ/mol}$

② $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = b \text{ kJ/mol}$

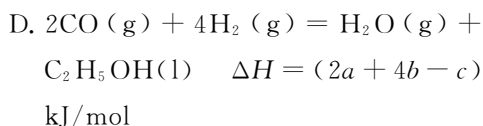
③ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_3 = c \text{ kJ/mol}$

下列说法正确的是

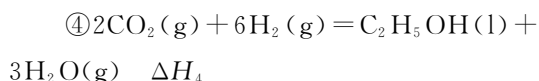
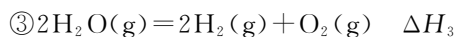
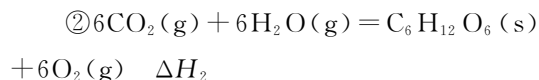
A. $\Delta H_1 > 0$



C. CO_2 与 H_2 合成 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 反应的原子利用率为 100%



11. 已知: ① $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) = 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1$

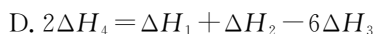


下列有关说法正确的是 ()

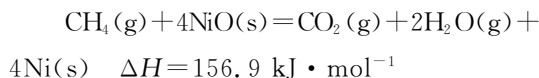
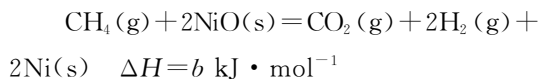
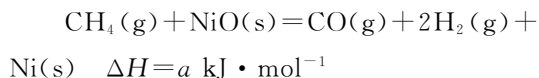
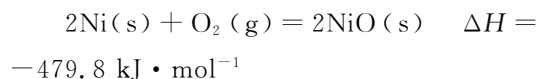
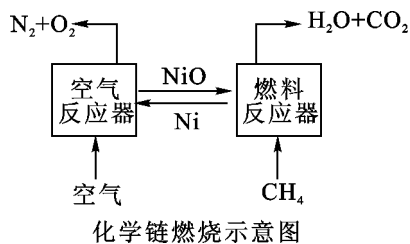
A. H_2 的燃烧热为 $\frac{\Delta H_3}{2}$

B. 反应①使用催化剂, ΔH_1 将减小

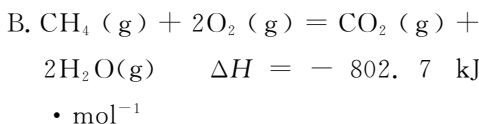
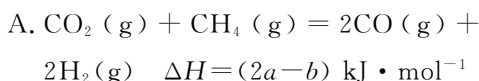
C. 标准状况下, 反应②生成 1.12 L O_2 , 转移的电子数为 $0.1 \times 6.02 \times 10^{23}$



12. 化学链燃烧技术是目前能源领域研究的热点之一, 用 NiO 作载氧体的化学链燃烧示意图和相关热化学反应如下:



下列说法错误的是 ()



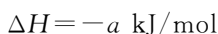
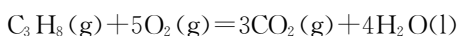
C. 甲烷在“燃料反应器”中反应时产生淡蓝色火焰并放出热量

D. 含碳燃料利用“化学链燃烧技术”有利于二氧化碳的分离与回收

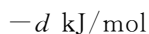
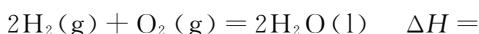
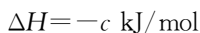
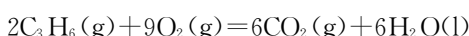
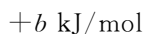
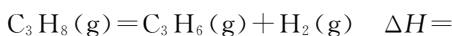
二、填空题

13. 丙烷燃烧可以通过以下两种途径:

途径 I :



途径 II :



(a 、 b 、 c 、 d 均为正值)

请回答下列问题:

(1) 判断等量的丙烷通过两种途径放出的热量: 途径 I 放出的热量 _____ (填“大于”“等于”或“小于”) 途径 II 放出的热量。

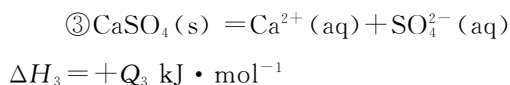
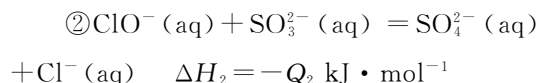
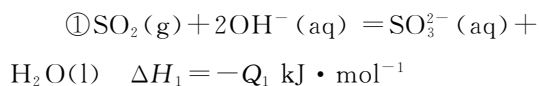
(2) 由于 $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) = \text{C}_3\text{H}_6(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ 的反应中, 反应物具有的总能量 _____ (填“大于”“等于”或“小于”) 生成物具有的总能量, 所以在进行化学反应时, 反应物就需要 _____ (填“放出”或“吸收”) 能量才能转化为生成物, 因此该反应的反应条件是 _____。

(3) b 与 a 、 c 、 d 的数量关系式是 _____。

14. 煤燃烧排放的烟气中含有的 SO_2 和 NO_x , 可形成酸雨, 污染环境, 用 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$

溶液作为吸收剂可对烟气进行脱硫。

(1) 已知下列反应:

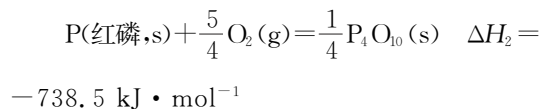
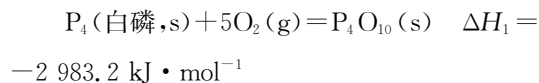


则反应④ $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{ClO}^-(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) = \text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ 的 $\Delta H =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。(用 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 表示)

(2) 如果在反应④过程中转移 $0.5N_A$ 个电子, 则反应放热为 _____ kJ 。

15. 白磷、红磷是磷的两种同素异形体, 在空气中燃烧得到磷的氧化物, 空气不足时生成 P_4O_6 , 空气充足时生成 P_4O_{10} 。

(1) 已知 298 K 时白磷、红磷完全燃烧的热化学方程式分别为:

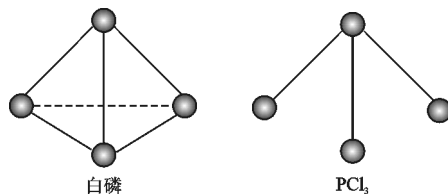


则该温度下白磷转化为红磷的热化学方程式为 _____。

(2) 已知 298 K 时白磷不完全燃烧的热化学方程式为 $\text{P}_4(\text{白磷}, \text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) = \text{P}_4\text{O}_6(\text{s})$

$\Delta H = -1638 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。在某密闭容器中加入 62 g 白磷和 50.4 L 氧气(标准状况), 控制条件使之恰好完全反应, 则所得到的 P_4O_{10} 与 P_4O_6 的物质的量之比为 _____, 反应过程中放出的热量为 _____。

(3) 已知白磷和 PCl_3 的分子结构如图所示, 现提供以下化学键的键能($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$): $\text{P}-\text{P}$ 198, $\text{Cl}-\text{Cl}$ 243, $\text{P}-\text{Cl}$ 331。



则反应 $\text{P}_4(\text{白磷}, \text{s}) + 6\text{Cl}_2(\text{g}) = 4\text{PCl}_3(\text{s})$ 的反应热 $\Delta H =$ _____。

16. 为了合理利用化学能, 确保安全生产, 化工设计需要充分考虑化学反应的焓变, 并采取相应措施。化学反应的焓变通常用实验进行测定, 也可进行理论推算。

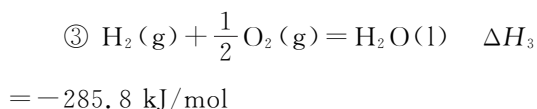
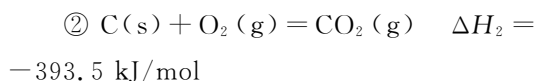
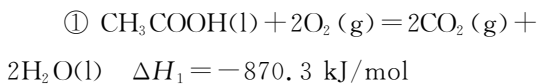
(1) 实验测得, 1g 甲醇(CH_3OH)在氧气中充分燃烧生成 CO_2 和液态水释放出 22.7 kJ 的热量, 试写出甲醇燃烧的热化学方程式: _____。

(2) 已知反应 $\text{CH}_3-\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2$, 有关化学键的键能如下:

化学键	C—H	C=C	C—C	H—H
键能 (kJ/mol)	414.4	615.3	347.4	435.3

试计算该反应的反应热: _____。

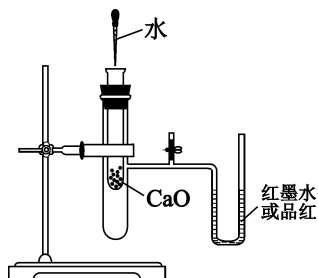
(3) 依据盖斯定律可以对某些难以通过实验直接测定的化学反应的焓变进行理论推算。已知:



计算反应 $2\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CH}_3\text{COOH}(\text{l})$ 的焓变: _____。

三、实验探究题

17. 下图是某同学设计的放热反应的观察装置。



氧化钙与水的反应

其实验顺序是：

- ①按图所示将实验装置连接好。
- ②在 U 形管内加入少量红墨水(或品红溶液)。打开 T 形管螺旋夹,使 U 形管内两边的液面处于同一水平面,再夹紧螺旋夹。
- ③在中间的试管里盛 1 g 氧化钙,当滴入 2 mL 左右的蒸馏水后,同时打开螺旋夹即可观察。

试回答：

- (1)实验中观察到的现象是_____。
- (2)该实验中必须进行的一步实验操作是_____。
- (3)该实验的原理是_____。
- (4)实验中所发生反应的化学反应方程式是_____。
- (5)CaO、H₂O 的能量与 Ca(OH)₂ 的能量之间的关系是_____。
- (6)若该实验中 CaO 换成 NaCl,实验还能否观察到相同现象? _____。

(填“能”或“否”)。

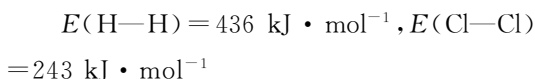
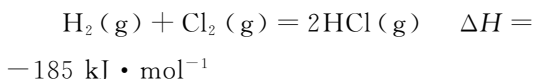
四、计算题

18. 到目前为止,由化学能转变的热能或电能仍然是人类使用的最主要的能源。

(1) 在 25℃、101 kPa 下,16 g 甲醇(CH₃OH)完全燃烧生成 CO₂ 和液态水时放出 352 kJ 热量,则甲醇燃烧的热化学方程式为_____。

(2) 化学反应中放出的热能(ΔH)与反应物和生成物的键能(E)有关。

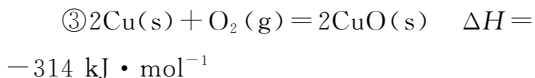
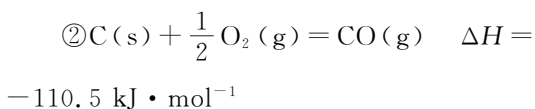
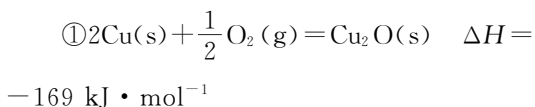
已知：



则 $E(\text{H}-\text{Cl}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(3) 纳米级 Cu₂O 由于具有优良的催化性能而受到关注。

已知：



则工业上用炭粉在高温条件下还原 CuO 制取 Cu₂O 和 CO 的热化学方程式为_____。

第二章 化学反应速率和化学平衡

本章学习导航

先行一步，步步先行

学习目标、内容及解析

本章是在同学们已经学习了《化学·必修2》的基础上,对化学反应速率和化学反应限度知识的拓展、延伸和提高。教材在编写上,力图体现从定量角度和定性角度更为深刻地认识化学反应,因此有关化学反应进行的方向、化学平衡移动及影响因素、平衡常数的表达和计算等方面的概念和理论,就构成了本章的教学重点。为了让同学们在学习中学少走弯路,有针对性地学习,把握住知识的重难点,请同学们认真阅读课标,深刻理解课标。

内容标准	学习要求
1. 知道化学反应速率的定量表示方法,通过实验测定某些化学反应的速率。	(1)知道化学反应速率的概念及其定量表示方法,能进行有关化学反应速率的简单计算。
	(2)了解测定化学反应速率的方法,通过实验测定某些化学反应的速率。
2. 知道活化能的含义及其对化学反应速率的影响。	(1)知道活化分子、有效碰撞和活化能的含义及其对化学反应速率的影响。
	(2)知道活化能是活化分子平均能量与普通反应物分子平均能量的差值,定性了解活化能的高低与反应速率大小的关系。
3. 通过实验探究温度、浓度、压强和催化剂对化学反应速率的影响,认识其一般规律。	(1)通过实验探究温度、浓度、压强和催化剂对化学反应速率的影响。
	(2)认识温度、浓度、压强和催化剂对化学反应速率的影响的一般规律,能用有效碰撞理论等予以简单解释。
4. 通过催化剂实际应用的实例,认识其在生产、生活和科学研究领域中的重大作用。	(1)了解催化剂及其影响化学反应速率的基本原理,知道催化剂不能改变反应的平衡常数和平衡转化率,知道催化剂具有选择性。
	(2)了解催化剂研制对提高反应速率、调控反应的重要作用。

续表

内容标准	学习要求
5. 能用焓变和熵变说明化学反应的方向。	(1)知道化学反应的方向问题主要是探讨某反应在一定条件下能否自发进行。
	(2)知道反应焓变和熵变是影响反应方向的两个重要因素。
	(3)化学反应发生的总趋向是体系能量降低和熵的增加,综合考虑反应的焓变和熵变等因素,分析某化学反应在某种条件下是否能够自发进行。
6. 描述化学平衡建立的过程,知道化学平衡常数的含义,能利用化学平衡常数计算反应物的转化率。	(1)可利用图象、数据等描述化学平衡的建立过程。
	(2)知道化学平衡常数的含义和表示方法,知道用化学平衡常数可以定量描述化学反应的限度。能利用化学平衡常数进行简单的计算。不要求用高次方程进行有关计算。
7. 通过实验探究温度、浓度和压强对化学平衡的影响,并能够用相关理论加以解释。	(1)通过实验探究温度、浓度和压强对化学平衡的影响,并能够用相关理论加以解释。
	(2)理解化学平衡移动原理,能运用该原理对化学平衡的移动情况进行分析。
8. 认识化学反应速率和化学平衡的调控在生活、生产和科学研究领域中的重要作用。	认识化学反应速率和化学平衡的调控在生活、生产和科学研究领域中的重要作用。

学法指导

本章知识的特点是概念多、理论性强、计算多,学习起来比较抽象、难理解。对本章知识的学习,不可盲目地陷入大量的题目之中而无法自拔,应该重点加强对教材中基本概念的理解,对每个概念的内涵与外延都要一清二楚。

1. 化学反应速率与化学平衡是相辅相成的,它们之间存在着密切的联系,化学反应速率是化学平衡理论的基础,平衡问题实质上也是速率问题。当在一个可逆反应的体系中,正反应与逆反应的速率达到相等时,才存在化学平衡;而两个速率不相等时,则平衡就要发生移动。因此,同学们只有在深刻理解化学反应速率的基础上,才能理解化学平衡移动原理。

2. 在学习化学平衡原理的过程中,又能增强对化学反应速率概念的理解,同时要加强“条件”的观点,由于速率、平衡都要受条件的限制,而影响条件又不尽相同,所以在解决问

题时要认真分析前提条件,例如:此反应是否是可逆反应?能否利用平衡来解释?此反应具有什么特点?是等温、等压,还是等温、等容呢?

3. 同学们在从定性的角度深刻理解化学平衡原理的同时,又引入了化学平衡常数(K),从定量的角度判断化学平衡进行的方向和程度。

4. 焓变和熵变的概念比较抽象,只要求常识性地了解,要学会直观地利用焓变和熵变判断化学反应能否自发地进行。

5. 同学们要掌握解有关速率平衡计算题的正确格式,这有利于分析问题的条理化、清晰化。

第一节 化学反应速率



板块一 创设问题 引领目标

问题呈现

在化学实验和日常生活中,我们经常观察到这样的现象:有的化学反应进行得快,如炸药爆炸,瞬间就完成;有些化学反应进行得慢,如溶洞的形成、金属的锈蚀;而有些反应则需要上万年甚至上百万年才能完成,如煤和石油的形成。那么我们如何来定量地表示反应的快慢?能否用实验来定量地测量反应的快慢?化学反应速率又如何表示?带着这些问题,我们进入本节课的学习。

材料链接

1. 与物理学中物体的运动快慢用“速度”表示相类似,化学反应过程进行的快慢用_____来表示。

2. 化学反应速率通常用_____的减少量或_____

的增加量来表示。

3. 更多有关化学反应速率的内容可上网查询。



板块二 自学思疑 初探问题



问题一

什么叫化学反应速率?它的符号、单位、表达式分别是什么?



教材导读

1. 化学反应速率的定义:化学反应速率用_____内_____来表示;符号为_____;单位为_____或_____.表达式是_____。



问题二

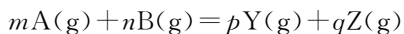
对同一反应,用不同物质的浓度表示的反应速率的数值可能不相同,为什么会不同呢?它们之间又有什么关系呢?



教材导读

2. 对任意一个化学反应,用符号来代替

具体的化学物质,反应方程式表示为



用不同的物质表示的反应速率分别为

$$v_A = \underline{\hspace{2cm}}, v_B = \underline{\hspace{2cm}},$$

$$v_Y = \underline{\hspace{2cm}}, v_Z = \underline{\hspace{2cm}},$$

$$v_A : v_B : v_Y : v_Z = \underline{\hspace{2cm}}$$

。

问题三

阅读教材中的“实验 2-1”,请同学们总结:化学反应的速率是通过什么手段测定的?人们常常利用物质性质的哪些方面来跟踪反应的过程和测量反应速率?

教材导读

3. 化学反应速率的测量

(1) 化学反应速率测量的基本思路: 化学反应的速率是通过 测定的。

(2) 用于化学反应速率测量的物质的性质包括能够直接观察的性质, 如释放出 和 ; 也包括依靠科学仪器才能测量的性质, 如 、 、 、 。在溶液中, 当反应物或产物本身有比较明显的颜色时, 人们常常利用 和 来跟踪反应的过程和测量反应速率。

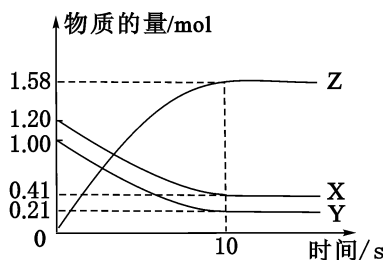
自主测评

1. 反应 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$, 在 2L 密闭容器中进行, 30 s 内有 0.6 mol NH_3 生成, 下列化学反应速率不正确的是 ()

- A. $v(NH_3) = 0.6 \text{ mol}/(L \cdot \text{min})$
- B. $v(N_2) = 0.005 \text{ mol}/(L \cdot s)$
- C. $v(H_2) = 0.9 \text{ mol}/(L \cdot \text{min})$
- D. $v(NH_3) = 0.02 \text{ mol}/(L \cdot s)$

2. 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

曲线如图所示。下列描述正确的是 ()



- A. 反应开始到 10 s, 用 Z 表示的反应速率为 $0.158 \text{ mol}/(L \cdot s)$
- 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 转化了 0.79 mol
- D. 反应的化学方程式为: $X(g) + Y(g) \rightleftharpoons Z(g)$

3. 判断正误(正确的打“√”, 错误的打“×”)。

(1) 化学反应速率是指一定时间内任何一种反应物浓度的减少或生成物浓度的增加。 ()

(2) 化学反应速率为 $0.8 \text{ mol}/(L \cdot s)$ 是指 1 s 时某物质的浓度为 0.8 mol/L 。 ()

(3) 化学反应速率的数值越大, 反应进行得越快。 ()

(4) 根据化学反应速率的数值可以推知化学反应进行的快慢。 ()

(5) 对于化学反应来说, 反应速率越大, 反应现象就越明显。 ()



板块三 合作互助 共析问题



问题四

使用化学反应速率时应注意哪些问题?

指导要求

同学们共同探究得出的结论: _____。



问题五

如何用实验手段来测定化学反应速率?

指导要求

实验用品: _____、_____, _____、双孔塞、直角导气管、铁架台、秒表、锌粒、1 mol/L 的硫酸、4 mol/L 的硫酸。

实验步骤:(1)组装好两套装置,并分别检查装置的气密性。

(2)取一套装置,加入锌粒,然后快速加入 40 mL 1 mol/L 的硫酸,测量收集 10 mL H_2 所用的时间。

(3)取另一套装置,加入与前一装置相同的锌粒,然后快速加入 40 mL 4 mol/L 的硫酸,测量收集 10 mL H_2 所用的时间。

实验现象: _____

实验结果:

加入试剂	反应时间 (min)	反应速率 (mL · min ⁻¹)
1 mol/L H_2SO_4		
4 mol/L H_2SO_4		

实验结论: _____

实验注意事项:

- ①装置的气密性要好,尤其是注射器的内外管的密合要好;
- ②锌粒的颗粒(即表面积)大小基本相同;
- ③40 mL 的硫酸溶液要迅速加入;
- ④计时要迅速、准确。



问题六

你还能根据反应速率相关量的哪些变化来测定锌和硫酸的反应速率?

指导要求

化学是一门以实验为基础的科学。该问题的提出,为锻炼同学们的发散思维能力和逻辑思维能力提供了平台。

小组活动记录: _____



板块四 展示交流 探究问题

展题设计

展题 1 一定条件下,向 2 L 密闭容器中加入 2 mol N_2 和 10 mol H_2 ,发生反应 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$, 2 min 时测得剩余 N_2 为 1 mol,表示此时化学反应速率不正确的是 ()

- $v(N_2) = 0.25 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- $v(H_2) = 0.75 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- $v(NH_3) = 1.0 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- $v(NH_3) = 0.5 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

思路点拨: 要准确掌握化学反应速率的概念,特别要注意的是参加反应的各物质的浓度的改变量。同时要充分利用由化学反应速率衍生出的一些性质和规律,如在同一化学反应中,各物质的化学反应速率之比等于它们的化学计量数之比。

展题 2 将等物质的量的 A、B 混合于 2 L 密闭容器中,发生如下反应:

$3A(g) + B(g) \rightleftharpoons xC(g) + 2D(g)$, 经 5 min 后,测得 D 的物质的量浓度为 $0.5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$, 并且 $c(A) : c(B) = 3 : 5$, C 的平均反应速率是 $0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 求:

- (1)此时 A 的物质的量浓度及反应开始前放入容器中的 A、B 的物质的量。
- (2)B 的平均反应速率。
- (3)x 的值是多少?

思路点拨: 该题为较为复杂的综合性计

算题,在围绕化学方程式计算的前提下,联系本节的重要知识点——化学反应速率,再利用三段式法解决问题。

归纳总结

化学
反
应
速
率

定义: _____
两个因素: _____、_____
表示方法: _____
单位: _____
计算: _____

板块五 应用演练 再生新疑

基础反思

1. 判断正误(正确的打“√”,错误的打“×”)。

(1) 对于任何化学反应来说,反应速率越快,反应现象就越明显。 ()

(2) 由 $v = \frac{\Delta c}{\Delta t}$ 计算平均速率,用反应物表示为正值,用生成物表示为负值。 ()

(3) 同一化学反应,相同条件下用不同物质表示的反应速率,其数值可能不同,但表示的意义相同。 ()

(4) 对于固体或纯液体反应物,其浓度视为常数,故一般不能用固体或纯液体物质表示化学反应速率。 ()

(5) 5 s 末,合成氨反应的 $v(\text{H}_2) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。 ()

2. 在一个 2 L 的容器中发生反应:
 $3\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) = 2\text{C}(\text{g})$ 。加入 2 mol A, 1 s 后剩余 1.4 mol A, 则 $v(\text{A}) =$ _____, $v(\text{B}) =$ _____, $v(\text{C}) =$ _____; 则 $v(\text{A}) : v(\text{B}) : v(\text{C}) =$ _____。

3. 在密闭容器里, A 与 B 反应生成 C, 其反应速率分别用 $v(\text{A})$ 、 $v(\text{B})$ 、 $v(\text{C})$ 表示。已知 $3v(\text{B}) = 2v(\text{A})$ 、 $2v(\text{C}) = 3v(\text{B})$, 则此反应

可表示为 ()

- A. $2\text{A} + 3\text{B} = 2\text{C}$ B. $\text{A} + 3\text{B} = 2\text{C}$
C. $3\text{A} + 2\text{B} = 3\text{C}$ D. $\text{A} + \text{B} = \text{C}$

4. 反应: $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{铂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ 在 10 L 的密闭容器中进行, 30 s 后水蒸气的物质的量增加了 0.45 mol。下列用不同物质表示的反应速率正确的是 ()

- A. $v(\text{NH}_3) = 0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
B. $v(\text{O}_2) = 0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
C. $v(\text{NO}) = 0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
D. $v(\text{H}_2\text{O}) = 0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

5. 在四个不同的容器中, 在不同条件下进行合成氨反应。根据下列在相同时间内测定的结果, 判断生成氨的速率最快的是 ()

- A. $v(\text{H}_2) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
B. $v(\text{N}_2) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
C. $v(\text{N}_2) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
D. $v(\text{NH}_3) = 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

6. 已知: $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightleftharpoons 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$, 若反应速率分别用 $v(\text{NH}_3)$ 、 $v(\text{O}_2)$ 、 $v(\text{NO})$ 、 $v(\text{H}_2\text{O})$ 表示, 则正确的关系式应为 ()

- A. $\frac{4}{5}v(\text{NH}_3) = v(\text{O}_2)$
B. $\frac{5}{6}v(\text{O}_2) = v(\text{H}_2\text{O})$
C. $\frac{2}{3}v(\text{NH}_3) = v(\text{H}_2\text{O})$
D. $\frac{4}{5}v(\text{O}_2) = v(\text{NO})$

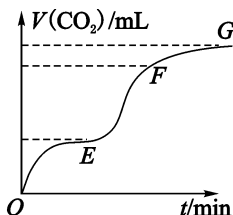
7. 反应 $4\text{A}(\text{s}) + 3\text{B}(\text{g}) = 2\text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{g})$, 经 2 min, B 的浓度减少 $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。下列叙述正确的是 ()

- A. 用 A 表示的该反应的反应速率是 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
B. 分别用 B、C、D 表示该反应的反应速率, 其比值是 3 : 2 : 1
C. 在 2 min 末的该反应的反应速率, 用

B 表示是 $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

D. 在这 2 min 内 B 和 C 两种物质的浓度都是逐渐减小的

8. 用大理石(杂质不与稀盐酸反应)与稀盐酸反应制 CO_2 , 实验过程记录如下图所示。下列有关说法正确的是 ()



- A. OE 段表示的反应速率最快
B. EF 段表示的反应速率最快, 收集的 CO_2 最多
C. FG 段表示收集的 CO_2 最多
D. OG 段表示随着时间的推移, 反应速率逐渐增大

9. 把 0.6 mol 气体 X 和 0.6 mol 气体 Y 混合于 2.0 L 的密闭容器中, 发生如下反应:
 $3\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons n\text{Z}(\text{g}) + 2\text{W}(\text{g})$, 测得 5 min 末已生成 0.2 mol W。又知以 Z 表示的平均反应速率为 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 则 n 值是 ()

- A. 1 B. 2 C. 3 D. 4

能力测控

10. 一定温度下, 向一容积为 2 L 的事先装入催化剂的真空密闭容器中通入 1 mol N_2 和 3 mol H_2 , 3 min 后测得容器内压强是起始时压强的 0.9 倍。在此时间内用 H_2 表示的该反应的平均反应速率 $v(\text{H}_2)$ 是 ()

- A. $0.2 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$
B. $0.6 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$
C. $0.1 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$
D. $0.3 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$

11. 一定温度下, 10 mL 0.40 mol/L 的 H_2O_2 溶液发生催化分解。不同时刻测得生

成 O_2 的体积(已折算为标准状况)如下表:

t/min	0	2	4	6	8	10
$V(\text{O}_2)/\text{mL}$	0.0	9.9	17.2	22.4	26.5	29.9

下列叙述不正确的是(溶液体积的变化忽略不计) ()

- A. $0 \sim 6 \text{ min}$ 的平均反应速率: $v(\text{H}_2\text{O}_2) \approx 3.3 \times 10^{-2} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$
B. $6 \sim 10 \text{ min}$ 的平均反应速率: $v(\text{H}_2\text{O}_2) < 3.3 \times 10^{-2} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$
C. 反应至 6 min 时, $c(\text{H}_2\text{O}_2) = 0.30 \text{ mol/L}$
D. 反应至 6 min 时, H_2O_2 分解了 50%

12. 向 2 L 密闭容器中通入 $a \text{ mol}$ 气体 A 和 $b \text{ mol}$ 气体 B, 在一定条件下发生反应:
 $x\text{A}(\text{g}) + y\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g}) + q\text{D}(\text{g})$

已知: 平均反应速率 $v_{\text{C}} = \frac{1}{2} v_{\text{A}}$; 反应 2 min 时, A 的浓度减少了 $\frac{1}{3}$, B 的物质的量减少了 $\frac{a}{2} \text{ mol}$, 有 $a \text{ mol}$ D 生成。

回答下列问题:

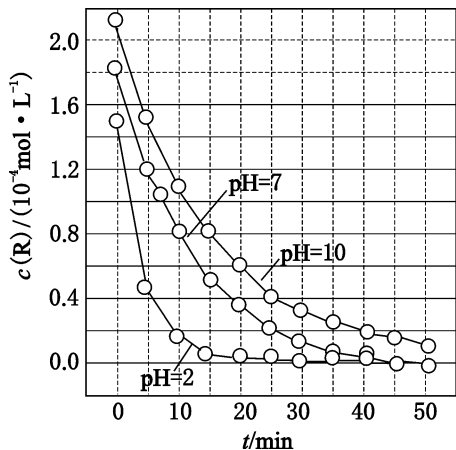
- (1) 反应 2 min 内, $v_{\text{A}} =$ _____, $v_{\text{B}} =$ _____。
(2) 化学反应中, $x =$ _____, $y =$ _____, $p =$ _____, $q =$ _____。

(3) 反应 5 min 时, D 为 $2a \text{ mol}$, 则 B 的转化率为 _____。

13. 一定条件下, 溶液的酸碱性对 TiO_2 光催化染料 R 降解反应的影响如下图所示。下列判断正确的是 ()

- A. 50 min 时, $\text{pH} = 2$ 和 $\text{pH} = 7$ 时 R 的降解百分率相等
B. 溶液酸性越强, R 的降解速率越小
C. R 的起始浓度越小, 降解速率越大
D. 在 $20 \sim 25 \text{ min}$ 之间, $\text{pH} = 10$ 时 R 的平均降解速率为 $0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

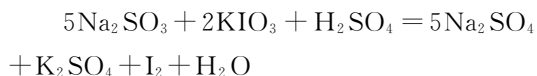
拓展创新



再生新疑

通过本节课的学习,我们认识了化学反应速率的表示方法、简单的计算以及化学反应速率的实验测定。在实验中,我们分别利用 1 mol/L 的硫酸、4 mol/L 的硫酸做实验,发现浓度大的,化学反应速率快。请同学们思考哪些因素还能影响化学反应速率。

14. 亚硫酸钠和碘酸钾在酸性溶液中发生如下反应:



(1) 若反应中有 5 mol 电子转移,则生成的 I_2 是 _____ mol。

(2) 该反应过程和机理较复杂,一般认为分以下 4 个步骤反应:

① $\text{IO}_3^- + \text{SO}_3^{2-} = \text{IO}_2^- + \text{SO}_4^{2-}$ (反应速率慢)

② $\text{IO}_2^- + 2\text{SO}_3^{2-} = \text{I}^- + 2\text{SO}_4^{2-}$ (反应速率快)

③ $5\text{I}^- + \text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ = 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ (反应速率快)

④ $\text{I}_2 + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{I}^- + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ (反应速率快)

根据以上条件推测,此反应总的反应速率由第 _____ 步反应决定。(填序号)

(3) 若预先加入淀粉溶液,则必须在 _____ 离子消耗完时,才会有淀粉变蓝的现象发生。

第二节 影响化学反应速率的因素

板块一 创设问题 引领目标

问题呈现

日常生活中,汽车加大油门、向炉膛鼓风、用煤粉代替煤块、把食物放在冰箱里、在糕点包装内放置小包除氧剂等措施,对化学反应速率的影响如何?对我们日常生活有何影响?带着这些问题,我们进入本节课的学习。

材料链接

1. 升高温度,化学反应速率_____;降低温度,化学反应速率_____。因此,通常采用调控温度的办法来控制化学反应速率。

2. MnO_2 、 FeCl_3 和 CuSO_4 可以加快 H_2O_2 分解的反应速率,起了_____的作用。

3. 影响化学反应速率的条件并不只是温度和催化剂,_____,_____、_____都可以影响化学反应速率。

4. 神奇的催化剂。催化剂是现代化学中关键而神奇的物质之一。据统计,约有80%~85%的化工生产过程中要使用催化剂(如合成氨,硫酸的生产,硝酸的合成,乙烯、丙烯、苯乙烯等的聚合,煤、石油、天然气的综合利用等),目的是加快反应速率,提高生产效率。在资源利用、能源开发、环境保护等领域,催化剂也大有作为。科学家正在这些领

域探索合适的催化剂,以期待在某些方面有新的突破。催化剂十分神奇,它能极大地加快化学反应速率。

(对于影响化学反应速率的因素,可以通过网络进行查询、了解。)

第一学时

板块二 自学思疑 初探问题

问题一

什么叫有效碰撞、活化分子、活化能?

教材导读

1. 有效碰撞的定义:_____。
2. 活化分子的定义:_____。
3. 活化能的定义:_____。

问题二

通过教材中的“实验2-2”,你得出浓度对反应速率的影响的结论是什么?

教材导读

在其他条件相同时,增大反应物的浓度,化学反应速率_____;减小反应物的浓度,化学反应速率_____。反应物的浓度增

大,活化分子百分数_____,活化分子数_____,有效碰撞的几率_____,反应速率_____。



问题三

压强对化学反应速率的影响是什么?



教材导读

1. 在一定温度下,对于有气体参加的化学反应来说,增大压强(或减小容器的体积)相当于_____,化学反应速率_____;减小压强(或增大容器的体积)相当于_____,化学反应速率_____。

2. 由于固体、纯液体粒子间的_____,增大压强几乎不能改变它们的_____,因此可以认为对只有固体或纯液体参加的反应,压强的变化对于化学反应速率的影响可以_____。



自主测评

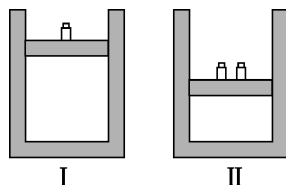
- 下列说法正确的是 ()
 - 增大反应物的浓度,可以增大活化分子的百分数,反应速率加快
 - 增大反应物的浓度,可以增大单位体积内活化分子的数目,反应速率加快
 - 改变压强,一定可以改变化学反应速率
 - 对所有的化学反应,增大反应物的浓度或增大压强,反应速率一定加快
- 下列措施能明显增大原反应的化学反应速率的是 ()
 - Na 与水反应时增加水的用量
 - 将稀 H_2SO_4 改为 98% 的浓 H_2SO_4 与铁反应制取 H_2
 - 在 H_2SO_4 与 NaOH 两溶液反应时,增大压强
 - 恒温恒容条件下,在工业合成氨反应

中,增加氮气的量

3. 反应 $3\text{Fe}(\text{s}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g})$ 在一可变容积的密闭容器中进行,下列条件的改变对其反应速率几乎无影响的是 ()

- 将块状的 Fe 换为铁粉
- 将容器的体积缩小一半
- 保持体积不变,充入 N_2 使体系压强增大
- 保持压强不变,充入 N_2 使容器体积增大

4. 如下图所示,相同温度下,在容器 I 和 II 中分别充入等物质的量的 HI,发生反应: $2\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$ 。下列关于反应起始时容器 I 和 II 中活化分子的说法正确的是 ()



- I 中活化分子数比 II 中多
- I 中活化分子数比 II 中少
- I 中活化分子百分数比 II 中小
- I 和 II 中活化分子百分数相等



板块三 合作互助 共析问题



问题四

浓度对化学反应速率的影响如何?

指导要求.....

实验原理: $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ 。

实验用品:试管、秒表、 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的高锰酸钾溶液、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的草酸溶液、

0.2 mol · L⁻¹的草酸溶液。

实验步骤:①向两支试管中各加入 4 mL 0.01 mol · L⁻¹的高锰酸钾溶液;

②向其中一支试管中加入 2 mL 0.1 mol · L⁻¹的草酸溶液,记录褪色所需的时间;

③向另一支试管中加入 2 mL 0.2 mol · L⁻¹的草酸溶液,记录褪色所需的时间。

实验现象:高锰酸钾溶液褪色。

实验结果:

加入试剂	0.1 mol · L ⁻¹ 的 H ₂ C ₂ O ₄ 溶液	0.2 mol · L ⁻¹ 的 H ₂ C ₂ O ₄ 溶液
实验现象		
褪色时间		
结论		

实验注意事项:①KMnO₄ 溶液的浓度不要过大;②草酸要过量一些;③KMnO₄ 溶液要用硫酸酸化。

问题思考:

①为什么 KMnO₄ 溶液的浓度不要过大?

_____。

②实验开始时溶液褪色的速率较慢,为什么后来会逐渐加快?

_____。

问题五

在一个密闭容器中,充入“无关气体”(如稀有气体或不参加反应的气体)对化学反应速率的影响如何?

指导要求:_____

小组活动记录:_____



板块四 展示交流 探究问题



展题设计

❁展题 1 在室温下,质量相同的同种规格的铝片分别与下列物质混合,化学反应速率最大的是 ()

- A. 0.1 mol · L⁻¹的盐酸 15 mL
- B. 0.2 mol · L⁻¹的盐酸 12 mL
- C. 0.15 mol · L⁻¹的硫酸溶液 10 mL
- D. 18 mol · L⁻¹的浓硫酸 15 mL

❁思路点拨:该题目考查的知识点是浓度对化学反应速率的影响, $c(\text{H}^+)$ 越大,反应速率越大。同时要注意不同种类、不同浓度的酸在化学性质上的差异。

❁展题 2 反应 $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ 在一可变容积的密闭容器中进行,下列条件的改变对其反应速率几乎无影响的是 ()

- A. 增加 C 的量
- B. 保持体积不变,充入 N₂ 使体系压强增大
- C. 将容器的体积缩小一半
- D. 保持压强不变,充入 N₂ 使容器体积增大

❁思路点拨:同学们解决此类问题时,往往错误地认为外界条件改变,化学反应速率就一定改变。事实上,如果外界条件的改变没有对单位体积内活化分子数产生影响,即各反应物的浓度不改变,则反应速率不改变。



归纳总结

(1)浓度对化学反应速率的影响:_____。

(2)压强对化学反应速率的影响:_____。



板块五 应用演练 再生新疑

基础反思

1. 下列食品添加剂中,其使用目的与反应速率有关的是 ()

- A. 抗氧化剂 B. 调味剂
C. 着色剂 D. 增稠剂

2. 已知某实验的结果如下表:

实验序号	反应物		在相同温度下测得的反应速率 $v/[\text{mol} \cdot (\text{L} \cdot \text{min})^{-1}]$
	大小相同的金属片	酸溶液	
1	镁条	$1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸	v_1
2	铁片	$1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸	v_2
3	铁片	$0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸	v_3

下列结论正确的是 ()

- A. $v_1 > v_2 > v_3$
B. $v_3 > v_2 > v_1$
C. $v_1 > v_3 > v_2$
D. $v_2 > v_3 > v_1$

3. 对于一个化学反应,下列说法中正确的是 ()

- A. 反应物分子的能量越低,反应速率越大
B. 反应物的用量越大,反应速率越大
C. 反应的活化能越大,反应速率越大
D. 反应的活化能越小,反应速率越大

4. 在一密闭容器中充入 2 mol H_2 和 2 mol I_2 ,压强为 p ,在一定温度下发生反应:
 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ 。

(1)恒容条件下,向其中加入 1 mol H_2 ,反应速率_____。(填“加快”“减慢”或“不变”,下同)

(2)恒容条件下,向其中加入 1 mol Ar ,反应速率_____。

(3)恒压条件下,向其中加入 1 mol Ar ,反应速率_____。

5. 硫代硫酸钠溶液与稀硫酸反应的化学方程式为 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{S} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 。下列各组实验中最先出现浑浊的是 ()

选	反应	Na ₂ S ₂ O ₃ 溶液		稀 H ₂ SO ₄		H ₂ O
项	温度/℃	V/mL	c/(mol·L ⁻¹)	V/mL	c/(mol·L ⁻¹)	V/mL
A	25	5	0.1	10	0.1	5
B	25	5	0.2	5	0.2	10
C	35	5	0.1	10	0.1	5
D	35	5	0.2	5	0.2	10

6. 把下列四种 X 溶液分别加入四个盛有 $10 \text{ mL } 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸的烧杯中,均加水稀释到 50 mL 。此时 X 和盐酸缓缓地进行反应,其中反应速率最大的是 ()

- A. $20 \text{ mL } 3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 X 溶液
B. $20 \text{ mL } 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 X 溶液
C. $10 \text{ mL } 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 X 溶液
D. $10 \text{ mL } 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 X 溶液

能力测控

7. 在下列事实中,是什么因素影响了化学反应的速率呢?

(1)集气瓶中有 H_2 和 Cl_2 的混合气体,在瓶外点燃镁条时发生爆炸:_____。

(2)黄铁矿煅烧时要粉碎成细小的矿粒:_____。

(3)熔化的 KClO_3 放出气泡的速度很慢,撒入少量 MnO_2 后很快产生气体:_____。

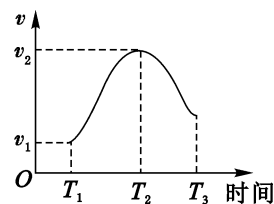
(4)同浓度、同体积的盐酸中放入同样大小的锌粒和镁块,产生气体有快有慢:_____。

(5)同样大小的石灰石分别在 0.1 mol/L 的盐酸和 1 mol/L 的盐酸中反应速率不同:_____。

(6)夏天的食品易变质发霉,冬天就不易发生该现象:_____。

8. 把除去氧化膜的镁条投入到盛有稀盐酸的试管中,发现 H_2 产生的速率变化情况如图所示,其中 $T_1 \sim T_2$ 速率变化的主要原因是

_____, $T_2 \sim T_3$ 速率变化的主要原因是_____。



9. 为了研究外界条件对过氧化氢分解速率的影响,某同学做了以下实验,请回答下列问题。

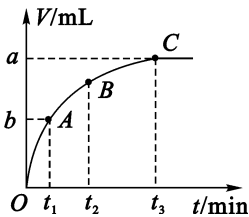
编号	操作	实验现象
①	分别在试管 A、B 中加入 5 mL 5% H_2O_2 溶液,各滴入 2 滴 $1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液。待试管中均有适量气泡出现时,将试管 A 放入盛有 $5\text{ }^\circ\text{C}$ 左右冷水的烧杯中浸泡;将试管 B 放入盛有 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 左右热水的烧杯中浸泡	试管 A 中产生气泡的速率变慢; 试管 B 中产生气泡的速率加快
②	另取两支试管分别加入 5 mL 5% H_2O_2 溶液和 5 mL 10% H_2O_2 溶液	均未见到有明显的气泡产生

(1)实验①的目的是_____。
实验中滴加 FeCl_3 溶液的目的在于_____。

(2)实验②未观察到预期的实验现象,为了帮助该同学达到实验目的,你提出的对上述操作的改进意见是_____。

(用实验中所提供的几种试剂)。

(3)某同学在 50 mL 一定浓度的 H_2O_2 溶液中加入一定量的二氧化锰,放出气体的体积(标准状况下)与反应时间的关系如图所示,则 A、B、C 三点所表示的瞬时反应速率中最慢的是_____ (填“A”“B”或“C”)。



10. 臭氧是一种强氧化剂,常用于消毒、灭菌等。

(1) O_3 与 KI 溶液反应生成的两种单质是_____和_____。(填化学式)

(2) O_3 在水中易分解,一定条件下, O_3 的浓度减少一半所需的时间(t)如下表所示。
已知: O_3 的起始浓度为 0.0216 mol/L 。

t/min $T/^\circ\text{C}$	pH	3.0	4.0	5.0	6.0
20		301	231	169	58
30		158	108	48	15
50		31	26	15	7

①pH 增大能加速 O_3 分解,表明对 O_3 分解起催化作用的是_____。

②在 $30\text{ }^\circ\text{C}$, pH=4.0 条件下, O_3 的分解速率为_____ $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ 。

③据表中的递变规律,推测 O_3 在下列条件下分解速率依次增大的顺序为_____ (填字母序号)。

- a. $40\text{ }^\circ\text{C}$ 、pH=3.0
- b. $10\text{ }^\circ\text{C}$ 、pH=4.0
- c. $30\text{ }^\circ\text{C}$ 、pH=7.0

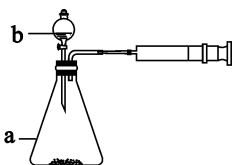
11. 某探究小组利用丙酮的溴代反应($\text{CH}_3\text{COCH}_3 + \text{Br}_2 \xrightarrow{\text{HCl}} \text{CH}_3\text{COCH}_2\text{Br} + \text{HBr}$)来研究反应物浓度与反应速率的关系。反应速率 $v(\text{Br}_2)$ 通过测定溴的颜色消失所需的时间来确定。在一定温度下, 获得如下实验数据:

实验序号	初始浓度 $c/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$			溴颜色消失所需时间 t/s
	CH_3COCH_3	HCl	Br_2	
①	0.80	0.20	0.001 0	290
②	1.60	0.20	0.001 0	145
③	0.80	0.40	0.001 0	145
④	0.80	0.20	0.002 0	580

- 分析实验数据所得出的结论不正确的是 ()
- A. 增大 $c(\text{CH}_3\text{COCH}_3)$, $v(\text{Br}_2)$ 增大
- B. 实验②和③的 $v(\text{Br}_2)$ 相等
- C. 增大 $c(\text{HCl})$, $v(\text{Br}_2)$ 增大
- D. 增大 $c(\text{Br}_2)$, $v(\text{Br}_2)$ 增大

拓展创新

12. 甲、乙两化学小组安装了两套如下图所示的装置, 用来探究影响 H_2O_2 分解速率的因素。



- (1) 仪器 a 的名称为 _____。
- (2) 检查装置气密性的操作为 _____

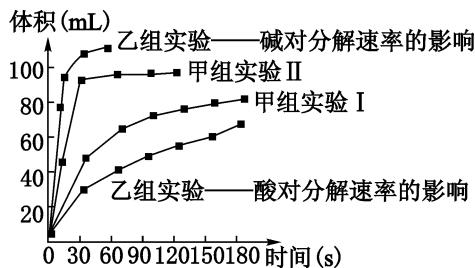
_____。

(3) 写出 MnO_2 催化下 H_2O_2 分解的化学方程式: _____。

(4) 甲小组有如下实验设计方案, 请帮助完成。

实验编号	实验目的	T/K	催化剂	浓度
实验 I	探究浓度对化学反应速率的影响	298	3 滴 FeCl_3 溶液	10 mL 2% H_2O_2
实验 II	探究温度对化学反应速率的影响	298	_____	10 mL 5% H_2O_2

(5) 甲、乙两小组得出如下数据:



① 由甲组实验得出的数据可知: 浓度越大, H_2O_2 分解速率 _____。

② 乙组研究酸、碱对 H_2O_2 分解的影响, 乙组提出可以用 BaO_2 固体与 H_2SO_4 溶液反应制备 H_2O_2 , 其化学方程式为 _____

_____ ;

支持这一方案的理由是 _____。

再生新疑

通过本节课的学习, 我们认识了影响化学反应速率的主要因素和外界因素, 从而达到通过调节外界条件来控制化学反应速率的目的。请同学们再联系日常的实际生活, 总结还有哪些因素能影响化学反应速率。

第二学时

板块二 自学思疑 初探问题

问题一

通过教材中的实验 2-3,你能得出温度对反应速率的影响是什么吗?

教材导读

其他条件相同时,升高温度,反应速率_____ ;降低温度,反应速率_____。

其他条件相同时,升高温度的作用可以归纳为两个方面:一方面是通过升高温度使分子_____ ;另一方面是含有较高能量的分子间的_____也随之提高。这两方面都使分子间_____的几率提高,反应速率因此也_____。

问题二

通过教材中的实验 2-4,你能得出催化剂对反应速率的影响是什么吗?

教材导读

写出 H_2O_2 分解的化学方程式:_____。

结论:一般地,使用催化剂,可以_____化学反应速率。

使用适当的催化剂是改变反应速率的常用的有效方法之一。由于催化剂可以改变反应的路径,使发生反应所需的_____降低,也就等于提高了_____,从而提高了_____。

问题三

还有哪些因素对化学反应速率有影响?

教材导读

影响化学反应速率的外界条件除浓度、压强、温度、催化剂外,还有很多因素可以改变反应速率,如_____、_____、_____、_____、_____等。

自主测评

1. 下列措施一定能使化学反应速率加快的是 ()

- A. 加入固体二氧化锰
- B. 升高温度
- C. 增大反应体系的压强
- D. 充入稀有气体

2. 下列有关影响化学反应速率的因素的说法中,错误的是 ()

- A. 影响化学反应速率的主要因素是内因,即反应物本身的性质
- B. 增大反应物浓度,活化分子百分数不变,单位体积内活化分子数增多
- C. 升高温度可以增大活化分子百分数,也可以增大分子碰撞的频率
- D. 在其他条件不变时,增大反应物浓度,反应物中的活化分子百分数增大

3. 将镁条投入盛放在敞口容器的盐酸中,下列因素中:①盐酸的浓度、②镁条的表面积、③溶液的温度、④盐酸的体积、⑤氯离子的浓度,能对氢气的产生速率有影响的是 ()

- A. ①④
- B. ③⑤
- C. ①②③
- D. ①②③⑤



板块三 合作互助 共析问题



问题四

温度对化学反应速率的影响如何？

指导要求.....

1. 实验原理： $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{S} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

实验用品：试管、秒表、烧杯、热水、冷水、 $0.1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液、 $0.1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液。

实验步骤：

①在两支试管中各加入 $5\text{ mL } 0.1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液，在另两支试管中各加入 $5\text{ mL } 0.1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液；

②将四支试管分成两组（一支盛有 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液，一支盛有 H_2SO_4 溶液），一组放入冷水中，一组放入热水中；

③在冷水中和热水中分别放置一段时间后，分别混合两组试管，记录出现浑浊所用的时间。

实验现象：_____。

实验结果：

加入试剂	$5\text{ mL } 0.1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	$5\text{ mL } 0.1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
	$5\text{ mL } 0.1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4	$5\text{ mL } 0.1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4
实验温度	热水	冷水
出现浑浊时间		
结论		

实验结论：_____。

实验注意事项：①本实验所用的冷水用自来水即可；②最好使用体育比赛所用的秒表来连续记时；③为了便于比较，使浑浊程度相同，可在试管背后做一个黑色标记，以其被遮住为准。

2. 实验原理： $4\text{H}^+ + 4\text{I}^- + \text{O}_2 = 2\text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

实验用品：试管、秒表、烧杯、热水、冷水、 $1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KI 溶液、 $0.1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液、淀粉溶液。

实验步骤：

①在两支试管中分别加入 $5\text{ mL } 1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KI 溶液，并加入几滴淀粉溶液；

②在另两支试管中各加入 $5\text{ mL } 0.1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液；

③将以上四支试管分成两组（一支盛有滴有淀粉溶液的 KI 溶液，一支盛有 H_2SO_4 溶液），分别放入冰水和热水中；

④一段时间后，分别将两组溶液混合，记录出现蓝色所用的时间。

实验结果：

试剂种类及用量	$5\text{ mL } 1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KI}$ $5\text{ mL } 0.1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$ 3 滴淀粉溶液	$5\text{ mL } 1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KI}$ $5\text{ mL } 0.1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$ 3 滴淀粉溶液
	置于热水中	置于冷水中
实验温度		
试剂加入顺序和理由		
实验现象		
结论		

问题思考：在 KI 和淀粉的混合溶液中，

为什么还要加入稀硫酸？

_____。

问题五

催化剂对化学反应速率的影响如何？

指导要求_____。

1. 实验原理： $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ 。

实验用品：_____、直
导管、带余烬的木条、5% H_2O_2 、 MnO_2 。

实验步骤：

①锥形瓶内盛 5% 的 H_2O_2 ，双孔塞上插
有直导管和漏斗；

②将带余烬的木条从直导管插入锥形瓶
内，木条不复燃；

③通过漏斗向锥形瓶内加入少量的
 MnO_2 ，锥形瓶内迅速产生大量气泡，带余烬
的木条迅速复燃。

实验现象：加入少量的 MnO_2 ，带余烬的
木条迅速复燃。

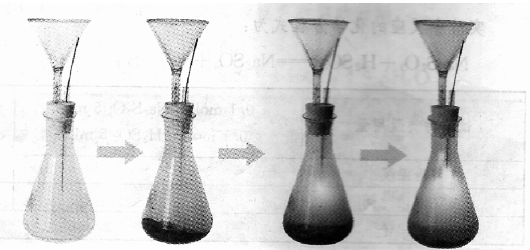
实验结果：_____。

实验结论：_____。

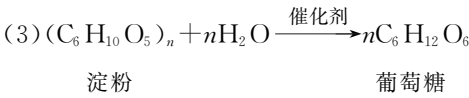
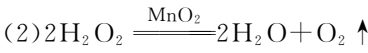
实验注意事项：①根据 H_2O_2 的浓度来
调整带余烬的木条距离液面的高度，直接使用
浓度较高的 (30%) H_2O_2 时，带余烬的木
条距离液面远些 (3 cm 左右)，否则会因泡沫
过多而使带余烬的木条熄灭。 H_2O_2 的浓度
较低时，带余烬的木条距离液面近些 (2 cm
左右)。

②当把带余烬的木条放入锥形瓶时，要
迅速向漏斗中撒入 MnO_2 粉末，不要让带余
烬的木条在锥形瓶内停留时间过长，以免烟

多影响观察。



2. 探究原理：(1) $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$



探究步骤：

①在两支试管中分别加入 2 mL 5% 的
 H_2O_2 溶液，再向 H_2O_2 溶液中分别滴入
 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 FeCl_3 溶液和 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
的 CuSO_4 溶液各 1 mL，比较 H_2O_2 的分
解速率。

加入 试剂	$0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 FeCl_3 溶液	$0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CuSO_4 溶液
现象		
结论		

②在两支试管中分别加入 4 mL
 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的高锰酸钾溶液和 2 mL
 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的草酸溶液，再向其中一支试
管中加入一粒黄豆大的 MnSO_4 固体。记录
溶液褪色所需时间。

加入 试剂	$0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$
	$0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KMnO_4	$0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KMnO_4 、 MnSO_4 固体

现象		
结论		

③取两支试管,各加入 5 mL 淀粉溶液和 2 滴碘水,然后向其中一支试管中加入 1 mL $2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液(必要时可加热);向另一支试管中加入 1 mL 唾液,振荡。观察、比较硫酸溶液、唾液对淀粉水解的催化效果。

反应物	硫酸溶液、淀粉溶液、碘水	唾液、淀粉溶液、碘水
褪色快慢		
结论		

探究结果:_____。



板块四 展示交流 探究问题

🔍 展题设计

🌸展题 1 在下列事实中,什么因素影响了化学反应速率?

(1)集气瓶中 H_2 和 Cl_2 的混合气体,在瓶外点燃镁条时发生爆炸。

_____。

(2)黄铁矿煅烧时要粉碎成颗粒。

_____。

(3)KI 晶体和 HgCl_2 晶体混合无明显现象,若一起投入水中,则很快生成红色的 HgI_2 。

_____。

(4)熔化的 KClO_3 放出气体很慢,撒入少量 MnO_2 很快产生气体。

_____。

(5)同浓度、同体积的盐酸中放入同样大小的锌粒和镁条,产生气体有快有慢。

_____。

(6)同样大小的石灰石分别在 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸和 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸中反应,反应速率不同。

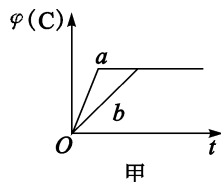
_____。

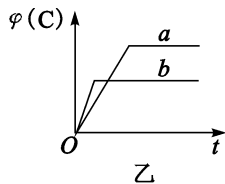
(7)夏天的食品易霉变,而冬天不易发生该现象。

_____。

🌸思路点拨:该题从不同角度考查外界条件对化学反应速率的影响,因此要准确地把握题干中所给出的有关信息。解题时要牢牢把握住相关知识点,仔细分析。关于浓度对化学反应速率的影响,需要注意的是:①增大反应物的浓度,可增大反应速率;②固体或纯液体的浓度是定值,增大或减小不会改变化学反应速率;③固体颗粒大小等也是影响反应速率的因素。

🌸展题 2 某可逆反应为 $\text{A}(\text{g})+\text{B}(\text{g})\rightleftharpoons 3\text{C}(\text{g})$,图甲、图乙分别表示在不同条件下,生成物 C 在反应混合物中的体积分数 $\varphi(\text{C})$ 与反应时间 t 的关系。





(1)若图甲中的 a 、 b 两条曲线分别表示有催化剂和无催化剂的情况,则曲线_____表示的是无催化剂时的情况(催化剂一般是指正催化剂)。

(2)若图乙中的 a 、 b 两条曲线分别表示在不同压强时的情况,则曲线_____表示的是压强较大时的情况。

思路点拨:分析化学反应速率图象,要注意分析图象的变化趋势,分清影响化学反应速率的因素。一般要从以下几个方面分析:

①分析起点:通过分析图象中线的起点,判断出反应物和生成物。反应物以高于原点为起点,生成物多以原点为起点。

②分析线的变化趋势:如升温、加压、增大浓度、使用催化剂,线的斜率增大;降温、减压、减小浓度,线的斜率减小。

③分析终点:确定反应物消耗的浓度或生成物增大的浓度。

④分析时间:如图象中的拐点、突变点等。注意分析曲线的连续或跳跃所代表的含义。

拓展 3 下列说法中,正确的是 ()

- A. 增大反应物浓度,可增大单位体积内活化分子的百分数,从而使有效碰撞次数增大
- B. 有气体参加的化学反应,若增大压强(即缩小反应容器的体积),可增大活化分子的百分数,从而使反应速率增大
- C. 升高温度能使化学反应速率增大的主要原因是增大了反应物分子中活化分子的百分数
- D. 催化剂能增大单位体积内活化分子

的百分数,从而增大反应速率

思路点拨:浓度和压强的变化改变了单位体积内的分子总数,尽管活化分子的百分数不变,但单位体积内活化分子的数目却发生了变化;温度、催化剂是改变活化分子的百分数,单位体积内分子总数不变。

归纳总结

外界对化学反应速率的影响及解释

变化结果 条件变化	活化能	单位体 积内活 化分子 数	活化分子 百分数	有效碰 撞次数	反应 速率
增大反应物 的浓度	不变	增多	不变	增多	
减小反应物 的浓度	不变	减少	不变	减少	
增大气体反应 物的压强(减 小容器容积)	不变	增多	不变	增多	
减小气体反应 物的压强(增 大容器容积)	不变	减少	不变	减少	
升高温度	不变	增多	增大	增多	
降低温度	不变	减少	减小	减少	
使用催化剂	降低	增多	增大	增多	
相互关系	单位体积内活化分子数 = 单位体 积内分子总数 × 活化分子百分数				



板块五 应用演练 再生新疑

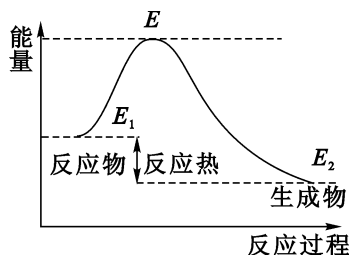


基础反思

1. 下列说法不正确的是 ()
- A. 反应物分子间的每次碰撞是反应的先决条件
 - B. 反应物分子的每次碰撞都能发生化学反应
 - C. 活化分子具有比普通分子更高的

能量

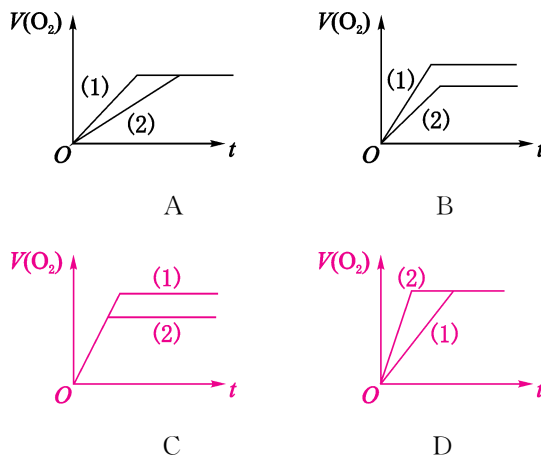
- D. 活化能是活化分子的平均能量与所有反应物分子平均能量之差, 如图所示, 正反应的活化能为 $E - E_1$



2. 下列事实能说明影响化学反应速率的决定性因素是反应物本身性质的是 ()

- A. Cu 能与浓硝酸反应, 但不能与浓盐酸反应
B. Cu 与浓硝酸反应比与稀硝酸反应快
C. N_2 与 O_2 在常温、常压下不反应, 放电时可以反应
D. Fe 与浓盐酸反应比与稀盐酸反应快

3. 在相同条件下, 做 H_2O_2 分解对比实验时, 其中(1)加入 MnO_2 催化, (2) 不加 MnO_2 催化。下图是反应放出 O_2 的体积随时间的变化关系示意图, 其中正确的是 ()



4. 下列化学反应的速率, 一定是前者大于后者的是 ()

- A. 反应 $A + B \xrightarrow{500\text{ }^\circ\text{C}} C$ 与反应 $D + E \xrightarrow{100\text{ }^\circ\text{C}} F$
B. 相同温度下, 与同浓度盐酸反应的锌

粉和铁粉产生氢气的速率

- C. 相同温度下, 颗粒大小相同的生铁分别在水和饱和食盐水中腐蚀生锈
D. 一定温度下, 相同氢离子浓度、相同体积的盐酸与硫酸分别与大小相同的锌片反应, 产生气泡的快慢

5. 对于反应 $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$, 下列变化可增大活化分子百分数而使反应速率加快的是 ()

- ①增大压强
②升高温度
③增大 O_2 的浓度
④使用催化剂

- A. ①③
B. ①④
C. ②③
D. ②④

6. 硝基苯甲酸乙酯在 OH^- 存在的条件下发生水解反应: $O_2NC_6H_4COOC_2H_5(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons O_2NC_6H_4COO^-(aq) + C_2H_5OH(aq)$, 两种反应物的初始浓度均为 $0.500\text{ mol} \cdot L^{-1}$, 不同温度下测得 $O_2NC_6H_4COOC_2H_5$ 的浓度 ($\text{mol} \cdot L^{-1}$) 随时间变化的数据如下表所示。

t/s	0	120	180	240	330	530	600	700	800
15 °C	0.500	0.335	0.291	0.256	0.210	0.155	0.148	0.145	0.145
35 °C	0.500	0.325	0.277	0.238	0.190	...	0.135	0.135	0.135

下列有关说法不正确的是 ()

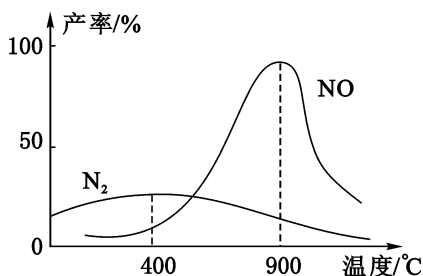
- A. 由数据可知, 温度升高反应速率加快
B. 由数据可知, 随着反应的进行, 反应物的浓度降低反应速率减慢
C. 530 s 时, 表格中 35 °C 对应的数据一定是 0.135
D. 该反应在 15 °C, 120 ~ 180 s 区间的平均反应速率 $v(O_2NC_6H_4COOC_2H_5) = 7.33 \times 10^{-4}\text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$

能力测控

7. 下列操作中,没有考虑反应速率的是 ()

- A. KMnO_4 酸性溶液与 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液反应时,加入少量的 MnSO_4
- B. Zn 与稀硫酸反应时,用锌粒不用锌块
- C. 铜丝与浓硫酸反应时,将铜丝做成螺旋状
- D. 铁丝能与水蒸气反应,不与冷水反应

8. 肼(N_2H_4)和氧气的反应情况受温度的影响。某同学设计方案探究温度对产物影响的结果如图所示。

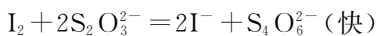
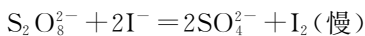


下列说法不正确的是 ()

- A. 温度较低时,肼和氧气主要发生的反应为 $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- B. $900\text{ }^\circ\text{C}$ 时,能发生反应: $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO}$
- C. $900\text{ }^\circ\text{C}$ 时, N_2 的产率与 NO 的产率之和可能小于 1
- D. 该探究方案是将一定量的肼和氧气在密闭容器中进行不断升温的实验

9. 碘在科研与生活中有重要应用。某兴趣小组的同学用 $0.50\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{KI}$ 、 0.2% 淀粉溶液、 $0.20\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 、 $0.10\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 等试剂,探究反应条件对化学反应速率的影响。

已知:



(1)向 KI 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 与淀粉的混合溶液中加入一定量的 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液,当溶液中的 _____ 耗尽后,溶液颜色将由无色变为蓝

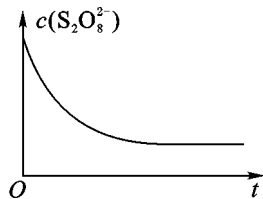
色。为确保能观察到蓝色, $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 与 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 初始的物质的量需满足的关系为: $n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) : n(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$ _____。

(2)为探究反应物浓度对化学反应速率的影响,该兴趣小组设计的实验方案如表所示。

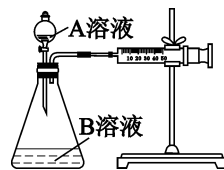
实验 序号	体积 V/mL				
	$\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液	水	KI 溶液	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液	淀粉溶液
①	10.0	0.0	4.0	4.0	2.0
②	9.0	1.0	4.0	4.0	2.0
③	8.0	V_x	4.0	4.0	2.0

表中 $V_x =$ _____,理由是 _____。

(3)已知某条件下,浓度 $[c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})]$ —反应时间(t)的变化曲线如下图,若保持其他条件不变,请在坐标图中,分别画出降低反应温度和加入催化剂时 $c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})-t$ 的变化曲线示意图(进行相应的标注)。



10. 用 KMnO_4 酸性溶液和 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (草酸)反应研究影响反应速率的因素,离子方程式为 $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ 。一实验小组欲通过测定单位时间内生成 CO_2 的速率,探究某种影响化学反应速率的因素,设计实验方案如下 (KMnO_4 溶液已酸化):



实验 序号	A 溶液	B 溶液
----------	------	------

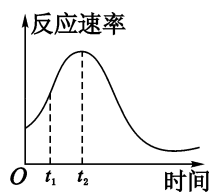
①	20 mL 0.1 mol · L ⁻¹ H ₂ C ₂ O ₄ 溶液	30 mL 0.01 mol · L ⁻¹ KMnO ₄ 溶液
②	20 mL 0.2 mol · L ⁻¹ H ₂ C ₂ O ₄ 溶液	30 mL 0.01 mol · L ⁻¹ KMnO ₄ 溶液

(1)该实验探究的是_____因素对化学反应速率的影响。相同时间内针筒中所得CO₂的体积大小关系是_____ > _____。(填实验序号)

(2)若实验①在2 min末收集了4.48 mL CO₂(标准状况),则在2 min末, $c(\text{MnO}_4^-) =$ _____ mol · L⁻¹(假设混合溶液体积为50 mL)。

(3)除通过测定一定时间内CO₂的体积来比较反应速率外,本实验还可通过测定_____来比较化学反应速率。

(4)小组同学发现反应速率的变化如下图所示,其中 $t_1 \sim t_2$ 时间内速率变快的主要原因可能是:①产物Mn²⁺是反应的催化剂,②_____。



拓展创新

11. 在锌和盐酸反应的实验中,一名学生得到的结果如下表所示:

实验序号	锌的质量/g	锌的形状	温度/℃	溶解于酸所用的时间/s
A	2	薄片	5	400
B	2	薄片	15	200
C	2	薄片	25	100
D	2	薄片	35	50
E	2	薄片	45	25

F	2	粉末	15	5
---	---	----	----	---

回答下列问题:

(1)画出 $t-T$ 的变化图象(纵轴表示时间,横轴表示温度)。

(2)利用图象,你得出什么结论?

(3)对比结果B与F,解释F为什么那么快。

再生新疑

通过本节课的学习,我们认识了影响化学反应速率的主要因素和外界因素。请同学们联系日常的实际生活,思考以下问题:向饱和食盐水中再加入一定量的食盐固体,食盐固体为什么不再溶解?在合成氨的工业生产中,为什么反应时间再长,氮气和氢气也总是反应不完?带着这些问题,我们进入下一节内容的学习。

第三节 化学平衡

板块一 创设问题 引领目标

问题呈现

17 世纪,英国的钢铁生产较发达,而高炉炼铁的主要反应是 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \xrightleftharpoons{\text{高温}} 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$,炼铁工程师为了充分利用 CO 而设法增加高炉的高度,但高炉尾气中 CO 的比例依然没有改变。直到 19 世纪下半叶,问题才得以解决,因为该反应是可逆反应,存在一定的反应限度。生活中,很多物质在溶于某种溶剂时,也存在限度问题。化学反应达到限度时,有何特征? 如何改变反应的限度? 带着这些问题,我们进入这一节内容的学习。

材料链接

1. _____,叫可逆反应。
2. 一个可逆反应在开始进行之初,正反应速率 _____ 逆反应速率,随着反应的进行,正反应速率 _____,逆反应速率 _____,当反应进行到一定程度时,正反应速率 _____ 逆反应速率,反应物的浓度和生成物的浓度 _____,达到一种表面静止的状态,我们称为“_____”,简称化学平衡。

第一学时

板块二 自学思疑 初探问题

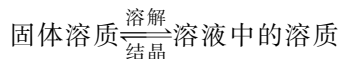
问题一

可逆反应与不可逆反应的定义分别是什么?

教材导读

当温度一定时,饱和溶液中的固体溶质溶解和溶液中的溶质回到固体溶质表面的结晶过程一直在进行,而且两种过程的速率 _____,于是饱和溶液的浓度和固体溶质的质量都 _____,我们把这类过程称作 _____。表述这类过程时约定用“ $\rightleftharpoons$ ”来代替反应式中原来的“=”,把从左向右的反应称作 _____;由右向左的反应称作 _____。

溶解、结晶的过程可表示为:



1. 可逆反应:在 _____ 既能向 _____ 方向进行,又能向 _____ 方向进行的反应叫做可逆反应。可逆反应中的正向反应和逆向反应必须同时存在于 _____ 中,在相同条件下,正、逆反应都能够自动进行。正、逆反应是相对的,不是绝对的,通常把 _____ 称作正反应, _____ 称作逆反应。任何可逆反应,在 _____ 进行的同时, _____ 也在进行。

2. 不可逆反应:正反应几乎能_____, 而逆反应进行的程度_____, 这样的反应通常称为不可逆反应,如酸碱中和反应。

问题二

什么叫化学平衡状态?

教材导读

在一定条件下,当_____时,反应体系中所有参加反应的_____保持_____。这时的状态称之为“_____”。

问题三

化学平衡状态的特征有哪些?

教材导读

- (1) 反应物和生成物处于同一_____, _____保持不变。
- (2) 达到平衡状态时,体系中所有物质的_____(或_____)保持不变。
- (3) _____相等,且不为_____,因此体系的反应并_____。

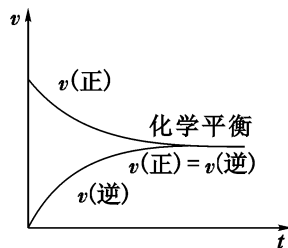
问题四

化学平衡状态是如何建立的?

教材导读

以可逆反应 $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g})$ 为例,若开始只有反应物,没有生成物,此时 A 和 B 的_____最大,因而_____最大,而 C 起始浓度为 0,因而_____为 0。随着反应的进行,反应物的浓度不断减少,生成物的浓度不断增大,从而使 $v(\text{正})$ 越来越小, $v(\text{逆})$ 越来越大,反应进行到某一时刻, $v(\text{正}) = v(\text{逆})$,这时就达到了化学平衡状态。如图所示:

自主测评



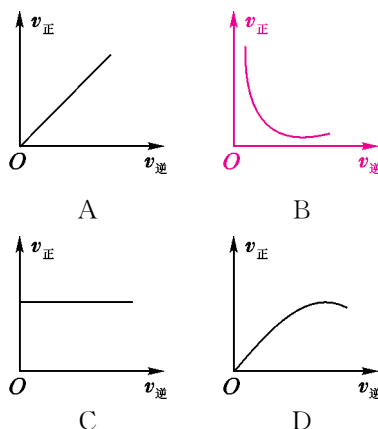
1. 下列有关可逆反应的说法中,不正确的是 ()

- 可逆反应是指在同一条件下能同时向正、逆两个方向进行的反应
- $2\text{HI} \xrightarrow{\text{加热}} \text{H}_2 + \text{I}_2$ 是可逆反应
- $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$ 与 $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ 互为可逆反应
- 可逆反应中,反应物和生成物同时存在

2. 下列理解不正确的是 ()

- 溶解平衡是一个动态平衡,达到平衡时, $v(\text{溶解}) = v(\text{结晶}) \neq 0$
- 化学平衡研究的对象主要是可逆反应
- 化学反应速率是研究化学反应进行的快慢问题,化学平衡是研究化学反应进行的程度问题
- 化学反应达到平衡时,正反应速率和逆反应速率相等,是对反应中的不同物质而言

3. 对于某一可逆反应,在不同条件下的平衡状态中,正、逆反应速率的关系是 ()





板块三 合作互助 共析问题



问题五

如何理解化学平衡状态的三个特征？

指导要求.....

- (1)动：.....。
- (2)定：.....。

(3)变：.....。



问题六

如何判断化学平衡状态？

指导要求.....

- (1)本质标志：.....。
- (2)特征标志：.....。

	$m\text{A}(\text{g})+n\text{B}(\text{g})\rightleftharpoons p\text{C}(\text{g})+q\text{D}(\text{g})$	化学反应是否达到平衡
混合物体系中各成分的含量	各组分的物质的量或物质的量的分数一定	平衡
	各组分的质量或质量分数一定	平衡
	各气体的体积或体积分数一定	平衡
	总体积、总压强、总物质的量一定	不一定平衡
正、逆反应速率的关系	在单位时间内消耗 $m\text{ mol A}$ ，同时也生成 $m\text{ mol A}$ ，即 $v_{\text{正}}=v_{\text{逆}}$	平衡
	在单位时间内消耗 $m\text{ mol A}$ ，同时也消耗 $p\text{ mol C}$ ，即 $v_{\text{正}}=v_{\text{逆}}$	平衡
	$v(\text{A}):v(\text{B}):v(\text{C}):v(\text{D})=m:n:p:q$	不一定平衡
	在单位时间内消耗 $q\text{ mol D}$ ，同时也生成 $n\text{ mol B}$	不一定平衡
	也可用化学键的断裂和形成来表示，但既要体现正反应又要体现逆反应，并且速率之比等于化学计量数之比	平衡
压强	$m+n\neq p+q$ 时，总压强一定(其他条件一定)	平衡
	$m+n=p+q$ 时，总压强一定(其他条件一定)	不一定平衡
混合气体的平均相对分子质量($\overline{M}_r$)	$m+n\neq p+q$ 时， $\overline{M}_r$ 一定	平衡
	$m+n=p+q$ 时， $\overline{M}_r$ 一定	不一定平衡
温度	任何化学反应都伴随着能量变化，当体系温度一定时(其他不变)	平衡
气体的密度	密度一定(参加反应的物质都是气体)	不一定平衡
	密度一定(有非气体物质参加的反应)	平衡
颜色	反应体系中有色物质的颜色稳定不变	平衡



板块四 展示交流 探究问题

🔍 展题设计

🌸 **展题 1** 可逆反应达到平衡的根本原因是 ()

- A. 反应混合物中各组分的浓度相等
- B. 正、逆反应都还在继续进行
- C. 正、逆反应的速率均为 0
- D. 正、逆反应的速率相等

🌸 **思路点拨:** 一个可逆反应不论是从正反应开始进行,还是从逆反应开始进行,或同时进行,反应速率一定有增大和减小的相对变化,从本质上讲,当正、逆反应的速率相等时,反应达到平衡状态。具体体现为反应混合物中各组分的浓度达到定值。

🌸 **展题 2** 接触法制硫酸工艺中,其主反应在 450 °C 并有催化剂存在下进行: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ $\Delta H = -190 \text{ kJ/mol}$ 。下列描述中能说明上述反应已达平衡的是 ()

- A. $v(\text{O}_2)_{\text{正}} = 2v(\text{SO}_3)_{\text{逆}}$
- B. 容器中气体的平均相对分子质量不随时间而变化
- C. 容器中气体的密度不随时间而变化
- D. 容器中气体的分子总数不随时间而变化

🌸 **思路点拨:** 通过化学平衡状态的特征,即可判断。

🌸 **展题 3** (1) 反应: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ 已经达到平衡状态的标志是 (填序号)。

- ① $c(\text{H}_2) = c(\text{I}_2) = c(\text{HI})$
- ② $c(\text{H}_2) : c(\text{I}_2) : c(\text{HI}) = 1 : 1 : 2$
- ③ $c(\text{H}_2)$ 、 $c(\text{I}_2)$ 、 $c(\text{HI})$ 不再随时间而变化
- ④ 单位时间内生成 $n \text{ mol H}_2$ 的同时生成 $2n \text{ mol HI}$
- ⑤ 单位时间内生成 $n \text{ mol H}_2$ 的同时生成 $n \text{ mol I}_2$
- ⑥ 反应速率 $v(\text{H}_2) = v(\text{I}_2) = \frac{1}{2}v(\text{HI})$
- ⑦ 一个 H—H 键断裂的同时,有两个

H—I 键断裂

⑧ 温度和体积一定时,容器内压强不再变化

⑨ 温度和体积一定时,混合气体的颜色不再变化

⑩ 温度和压强一定时,混合气体的密度不再变化

⑪ 条件一定,混合气体的平均相对分子质量不再变化

(2) 在上述第 ⑧ ~ ⑪ 的说法中能说明 $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ 达到平衡状态的是 (填序号)。

🌸 **思路点拨:** 该题的目的是考查化学平衡状态的特征,准确运用化学平衡状态的标志,即 $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$ 、各组分的含量达到定值、混合体系的颜色一定、混合体系的温度一定等一些平衡标志。

🔍 归纳总结

(1) 可逆反应: _____。

(2) 化学平衡状态: _____。

(3) 化学平衡状态的三大特点: _____、_____、_____。

(4) 判断某可逆反应达到平衡状态的方法: _____。



板块五 应用演练 再生新疑

🔍 基础反思

1. 下列有关可逆反应的说法中,正确的是 ()

- A. 既能向正反应方向进行又能向逆反应方向进行的反应叫做可逆反应
- B. 在可逆反应里正反应的速率是正值,逆反应的速率是负值
- C. 可逆反应不能完全进行,存在一定的限度
- D. $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$ 与 $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ 互为逆反应

2. 在恒温恒容条件下,当反应容器内总压强不随时间变化时,下列可逆反应一定达到平衡的是 ()

- A. $A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g)$
 B. $A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons 3C(g)$
 C. $A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g) + D(g)$
 D. 以上都达到平衡

3. 判断正误(正确的打“√”,错误的打“×”)。

(1) $2H_2O \xrightleftharpoons[\text{点燃}]{\text{电解}} 2H_2 \uparrow + O_2 \uparrow$ 为可逆反应。 ()

(2) 二次电池充、放电过程中发生的反应为可逆反应。 ()

(3) 一个可逆反应达到的平衡状态就是这个反应在该条件下所能达到的限度。 ()

(4) 化学反应的限度可以通过改变反应条件而改变。 ()

(5) 一定条件下,当 $v_{\text{正}}(N_2) = v_{\text{逆}}(NH_3)$ 时,合成氨反应达到平衡状态。 ()

4. 在一定温度下的定容容器中,当下列哪些物理量不再发生变化时,表明反应 $A(s) + 2B(g) \rightleftharpoons C(g) + D(g)$ 已达到平衡状态 ()

- ① 混合气体的压强
 ② 混合气体的密度
 ③ B 的物质的量浓度
 ④ 气体总物质的量
 ⑤ 混合气体的平均相对分子质量
 ⑥ $v(C)$ 与 $v(D)$ 的比值

- A. ②③⑤ B. ①②③
 C. ②③④⑥ D. ①③④⑤

5. 在一定条件下,可逆反应 $A_2(g) + B_2(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 达到平衡时,各物质的平衡浓度: $c(A_2) = 0.5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ 、 $c(B_2) = 0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ 、 $c(C) = 1.6 \text{ mol} \cdot L^{-1}$,若用 a 、 b 、 c 分别表示 A_2 、 B_2 、 C 的初始浓度

($\text{mol} \cdot L^{-1}$),则:

(1) a 、 b 应满足的关系是 _____。

(2) a 的取值范围是 _____。

6. 反应 $2SO_2 + O_2 \xrightleftharpoons[\text{勒}]{\text{催化剂}} 2SO_3$,在一定

温度下,将 $0.02 \text{ mol } SO_2$ 和 $0.01 \text{ mol } O_2$ 通入 1 L 密闭容器中,依据反应进行阶段,填空:

反应开始时	$\begin{cases} c(\text{反应物}) \rightarrow v(\text{正}) \\ c(\text{生成物}) = \end{cases}$
反应过程中	$\begin{cases} c(\text{反应物}) \rightarrow v(\text{正}) \\ c(\text{生成物}) \rightarrow v(\text{逆}) \end{cases}$
反应平衡时	$\begin{cases} v(\text{正}) = \\ c(\text{反应物}) \text{ 与 } c(\text{生成物}) \text{ 均 } \\ \text{mol} \cdot L^{-1} > c(SO_3) > \text{mol} \cdot L^{-1} \end{cases}$

7. 下列说法中,可以证明反应 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ (可逆反应) 达到平衡状态的是 ()

- A. $1 \text{ mol } N \equiv N$ 键断裂的同时,有 $3 \text{ mol } H-H$ 键形成
 B. $1 \text{ mol } N \equiv N$ 键断裂的同时,有 $3 \text{ mol } H-H$ 键断裂
 C. $3 \text{ mol } H-H$ 键形成的同时,有 $2 \text{ mol } N-H$ 键断裂
 D. $6 \text{ mol } N-H$ 键断裂的同时,有 $1 \text{ mol } N \equiv N$ 键形成

8. 在 $200^\circ C$ 时,将 $a \text{ mol } H_2(g)$ 和 $b \text{ mol } I_2(g)$ 充入到体积为 $V \text{ L}$ 的密闭容器中,发生反应: $I_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ 。

(1) 反应刚开始时,由于 $c(H_2) =$ _____, $c(I_2) =$ _____,而 $c(HI) =$ _____,所以化学反应速率中 _____ 最大,而 _____ 最小(为 0)。

(2) 随着反应的进行,反应混合物中各组分浓度的变化趋势为 $c(H_2)$ _____, $c(I_2)$ _____,而 $c(HI)$ _____,从而化学反应速率中 $v_{\text{正}}$ _____,而 $v_{\text{逆}}$ _____。

(3) 当反应进行到 $v_{\text{正}}$ 与 $v_{\text{逆}}$ _____

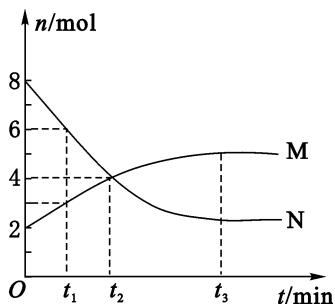
时,此可逆反应就达到了平衡,若保持外界条件不变时,反应混合物中各组分的物质的量、物质的量浓度、质量分数、体积分数、反应物的转化率和生成物的产率及体系的总压强(或各组分的分压)都将_____。

能力测控

9. 在一定温度下,可逆反应 $A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 达到平衡状态的标志是

- A. C 的生成速率与 A 的分解速率相等
- B. 单位时间生成 n mol A, 同时生成 $3n$ mol B
- C. A、B、C 的浓度不再变化
- D. A、B、C 的分子数之比为 1 : 3 : 2

10. 在一定温度下,容器内某一反应中 M、N 的物质的量随反应时间变化的曲线如图所示,下列表述中正确的是



- A. 反应的化学方程式为 $2M \rightleftharpoons N$
- B. t_3 时,正、逆反应速率相等,反应达到化学平衡状态
- C. t_2 时,正反应速率等于逆反应速率
- D. t_1 时,M 的物质的量是 N 的物质的量的 2 倍

11. 已知: $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ $\Delta H = -196.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$2NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ $\Delta H = -113.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

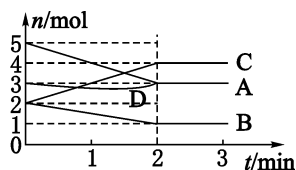
则反应 $NO_2(g) + SO_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g) + NO(g)$ 的 $\Delta H =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

一定条件下,将 NO_2 与 SO_2 以体积比 1 : 2 置于密闭容器中发生上述反应,下列能说明反

应达到平衡状态的是_____ (填字母序号)。

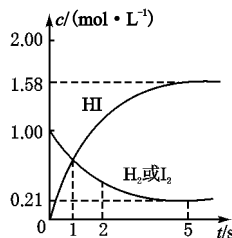
- a. 体系压强保持不变
- b. 混合气体颜色保持不变
- c. SO_3 和 NO 的体积比保持不变
- d. 每消耗 1 mol SO_3 的同时生成 1 mol NO_2

12. 某反应进行过程中,各物质的物质的量的变化情况如图所示。下列说法正确的是



- A. C、D 是生成物
- B. 反应的化学方程式: $2A + B \xrightarrow{D} 2C$
- C. 2 min 后各物质的物质的量不再变化
- D. 该反应不是可逆反应

13. 698 K 时,向 V L 的密闭容器中充入 2 mol $H_2(g)$ 和 2 mol $I_2(g)$, 发生反应: $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ $\Delta H = -26.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 测得各物质的物质的量浓度与时间变化的关系如下图所示。



请回答下列问题:

- (1) $V =$ _____。
- (2) 该反应达到最大限度的时间是 _____, 该时间内平均反应速率 $v(HI) =$ _____。
- (3) 该反应达到平衡状态时, _____ (填“吸收”或“放出”)的热量为 _____。

再生新疑

通过本节课的学习,我们认识了化学平衡状态是如何建立的,可逆反应达到平衡时

具有一定的特征。但是,如果改变外界条件,化学反应速率会发生改变,那么化学平衡状态会发生改变吗?带着这个问题,我们进入下一学时的学习。

第二学时

板块二 自学思疑 初探问题

问题一

一定条件下,某一个可逆反应达到了化学平衡状态,当外界条件改变时,平衡受到了破坏。那么,影响化学平衡状态的因素有哪些呢?

教材导读

当一个可逆反应达到平衡状态后,如果改变_____、_____、_____等反应条件,原来的平衡状态会被破坏,化学平衡会发生移动,一段时间后达到新的平衡状态。这种由原平衡状态向新平衡状态的变化过程,就是_____。

(1) 浓度

增大反应物浓度,_____加快,平衡向_____移动;减小生成物的浓度,_____减慢,平衡向_____移动;增大生成物的浓度,_____加快,平衡向_____移动;减小反应物的浓度,_____减慢,平衡向_____移动。

(2) 温度

升高温度,正反应速率_____,逆反应速率_____,平衡向_____移动;降低温度,正反应速率_____,逆反应速率_____,平衡向_____移动。

(3) 压强

对有气体参加或有气体生成的可逆反应来说,压强对平衡状态的影响是通过改变气

体物质的浓度来实现的。压强改变,浓度不变时,_____不发生改变,所以平衡状态_____。不特别指明的情况下,体系压强的改变,就是通过改变体积来实现的。

其他条件不变时,在已经达到平衡状态的反应体系中增大压强(缩小容器体积),体系中气态物质的浓度都_____,正、逆反应速率都_____,平衡状态向_____移动。若减少体系的压强(扩大容器体积),体系中气态物质的浓度都_____,正、逆反应速率都_____,平衡状态向_____移动。

对无气体参加的可逆反应来说,在已经达到平衡状态的反应体系中改变压强,对平衡状态不影响。

(4) 催化剂

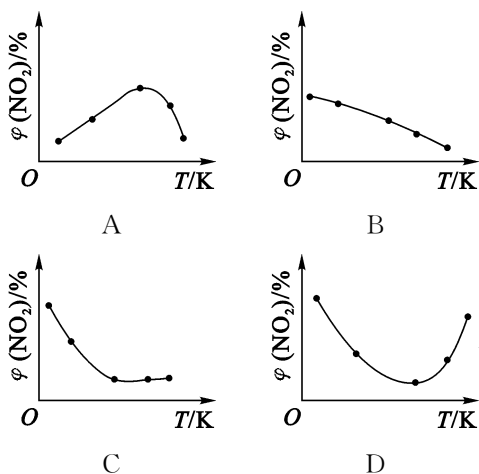
由于使用催化剂对_____与_____影响的程度是等同的,所以使用催化剂不会使化学平衡移动。

自主测评

1. 对已达到化学平衡的反应: $2X(g) + Y(g) \rightleftharpoons 2Z(g)$,减小压强时,对反应产生的影响是 ()

- A. 逆反应速率增大,正反应速率减小,平衡向逆反应方向移动
- B. 逆反应速率减小,正反应速率增大,平衡向正反应方向移动
- C. 正、逆反应速率都减小,平衡向逆反应方向移动
- D. 正、逆反应速率都增大,平衡向正反应方向移动

2. 取五等份 NO_2 ,分别加入温度不同、容积相同的恒容密闭容器中,发生反应: $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g) \quad \Delta H < 0$ 。反应相同时间后,分别测定体系中 NO_2 的体积分数,并作出其随反应温度变化的关系图。下列示意图中,可能与实验结果相符的是 ()



3. 在一定条件下的密闭容器中,当 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 达到平衡时,改变下列条件,能提高 H_2 的转化率的是 ()

A. 升温 B. 减压
C. 加入催化剂 D. 再充入一定量的 N_2



板块三 合作互助 共析问题



问题二

如何通过实验来探究浓度对化学平衡的影响呢?

指导要求.....

1. 实验原理:



橙色

黄色

实验用品:试管、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液、浓 H_2SO_4 、 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液。

实验步骤:

①取两支试管各加入 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液;

②向一支试管中滴加 5~10 滴浓 H_2SO_4 ,观察并记录溶液颜色;

③向另一支试管中滴加 10~20 滴 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液,观察并记录溶液颜色。

实验结果和现象:

	滴加 5~10 滴 浓 H_2SO_4	滴加 10~20 滴 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液		

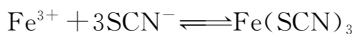
实验结论:.....。

实验注意事项:

①为了使溶液的体积变化忽略不计,所加酸和碱的浓度都要大些,以使加入量不多,且可避免生成多酸;

②为了进行颜色对比,可以再取一支试管,只加入 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液并与加酸、碱后的试管进行对比。

2. 实验原理:



实验用品:试管、5 mL $0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeCl}_3$ 溶液、饱和 FeCl_3 溶液、 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KSCN}$ 溶液、 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KSCN}$ 溶液、 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液。

实验步骤:

①向盛有 5 mL $0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeCl}_3$ 溶液的试管中加入 5 mL $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KSCN}$ 溶液,溶液呈血红色。

②将①中血红色溶液分置于 3 支试管中;向其中一支试管中滴加饱和 FeCl_3 溶液 4 滴,充分振荡,观察溶液颜色变化;向另一支试管中滴加 4 滴 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KSCN}$ 溶液,观察溶液颜色变化;第三支试管作为对照。

③向②的两支试管中各加入 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液 3~5 滴,观察现象。

步骤②	饱和 FeCl_3 溶液	滴加 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KSCN}$ 溶液
现象		
步骤③	滴加 NaOH 溶液	滴加 NaOH 溶液
现象		
结论		

实验注意事项:

①本实验的关键是第一次获得的 $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ 溶液浓度要小,然后滴加浓的 FeCl_3 溶液、 KSCN 溶液时才会有明显的颜色变化。

②因为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的溶解度非常小,滴加 NaOH 溶液后发生反应: $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$,使溶液中的 Fe^{3+} 浓度降低,混合液的颜色变浅。所以 NaOH 溶液不要加入过多,只要使溶液的红色变浅即可。

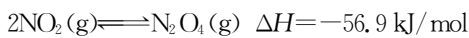


问题三

探究温度对化学平衡的影响。

指导要求

实验原理:



红棕色 无色

实验用品:圆底烧瓶、烧杯、热水、冰水、 NO_2 。

实验步骤:

①用三个相同的烧瓶收集三瓶颜色相同的 NO_2 和 N_2O_4 的混合气体;

②将一瓶气体放在常温下,另外两瓶气体用带有止水夹的导管连接起来,分别放在两个盛有热水和冰水的烧杯中;

③待几分钟后,比较三个烧瓶中气体颜色的变化。

实验现象:_____。

实验结论:_____。

实验注意事项:可把两个烧瓶(或 NO_2 的平衡球)在热水和冰水中交替进行浸泡,观察颜色变化。



问题四

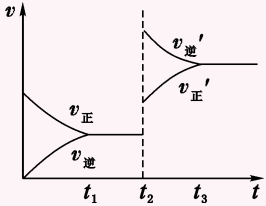
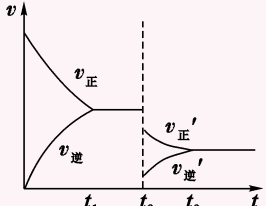
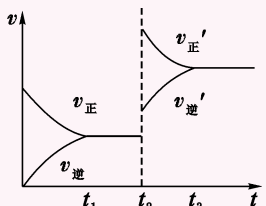
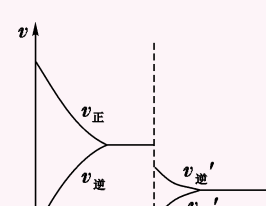
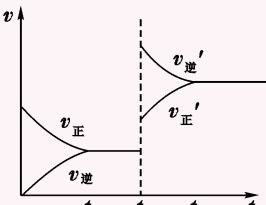
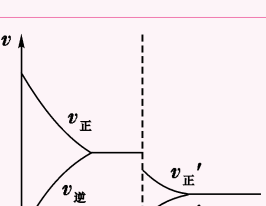
在化学平衡图象中如何体现外界条件对化学平衡的影响?

指
要

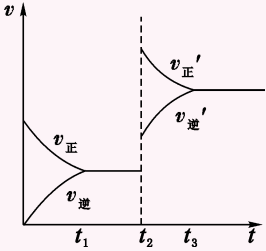
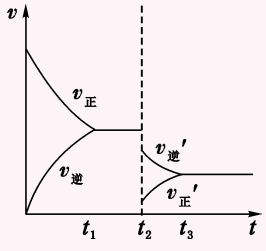
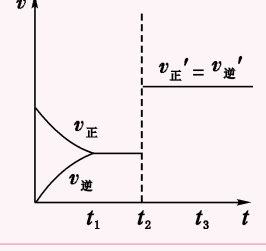
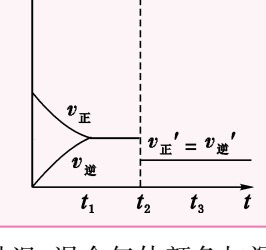
导

平衡体系	条件变化	速率变化	平衡变化	速率变化曲线
任一平衡体系	增大反应物的浓度	$v_{\text{正}}、v_{\text{逆}}$ 均增大,但 $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$	正向移动	
	减小反应物的浓度	$v_{\text{正}}、v_{\text{逆}}$ 均减小,但 $v_{\text{正}} < v_{\text{逆}}$	逆向移动	
	增大生成物的浓度	$v_{\text{正}}、v_{\text{逆}}$ 均增大,但 $v_{\text{正}} < v_{\text{逆}}$	逆向移动	
	减小生成物的浓度	$v_{\text{正}}、v_{\text{逆}}$ 均减小,但 $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$	正向移动	

续表

平衡体系	条件变化	速率变化	平衡变化	速率变化曲线
正反应方向为气体体积增大的反应	增大压强	$v_{\text{正}}、v_{\text{逆}}$ 均增大, 但 $v_{\text{正}} < v_{\text{逆}}$	逆向移动	
	减小压强	$v_{\text{正}}、v_{\text{逆}}$ 均减小, 但 $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$	正向移动	
正反应方向为气体体积减小的反应	增大压强	$v_{\text{正}}、v_{\text{逆}}$ 均增大, 但 $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$	正向移动	
	减小压强	$v_{\text{正}}、v_{\text{逆}}$ 均减小, 但 $v_{\text{正}} < v_{\text{逆}}$	逆向移动	
正反应为放热反应	升高温度	$v_{\text{正}}、v_{\text{逆}}$ 均增大, 但 $v_{\text{正}} < v_{\text{逆}}$	逆向移动	
	降低温度	$v_{\text{正}}、v_{\text{逆}}$ 均减小, 但 $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$	正向移动	

续表

平衡体系	条件变化	速率变化	平衡变化	速率变化曲线
正反应为吸热反应	升高温度	$v_{\text{正}}、v_{\text{逆}}$ 均增大, 但 $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$	正向移动	
	降低温度	$v_{\text{正}}、v_{\text{逆}}$ 均减小, 但 $v_{\text{正}} < v_{\text{逆}}$	逆向移动	
任一平衡体系	使用正催化剂	$v_{\text{正}}、v_{\text{逆}}$ 均增大, 但 $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$	不移动	
	使用负催化剂	$v_{\text{正}}、v_{\text{逆}}$ 均减小, 但 $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$	不移动	



板块四 展示交流 探究问题

🔍 展题设计

❀ 展题 1 一定温度下, 反应 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 在带有活塞的密闭容器中达到平衡。下列说法正确的是 ()

A. 体积不变, 升温, 正反应速率减小

- B. 体积不变, 升温, 混合气体颜色加深
- C. 温度不变, 压缩气体的体积, 平衡不移动, 颜色加深
- D. 体积、温度不变, 充入氦气后, 正反应速率将增大

❀ 思路点拨: 该题是一道气体体积前后不变的可逆反应, 改变压强平衡不移动, 又带有活塞, 说明容器的体积可以变化, 体系可以保持恒压; 该反应体系中, 只有碘蒸气有颜色; 升高温度, 平衡逆向移动。

❀ 展题 2 在一密闭容器中进行反应:

$\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H > 0$, 达到平衡后, 改变下列条件, 则指定物质的浓度及平衡如何变化?

(1) 增加 C, 则平衡 _____, $c(\text{CO})$ _____。

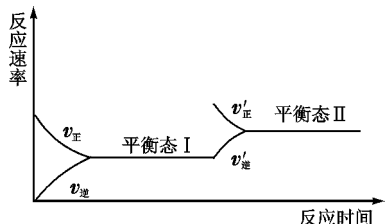
(2) 减小密闭容器体积, 保持温度不变, 则平衡 _____, $c(\text{CO}_2)$ _____。

(3) 通入 N_2 , 保持密闭容器体积和温度不变, 则平衡 _____, $c(\text{CO}_2)$ _____。

(4) 保持密闭容器体积不变, 升高温度, 则平衡 _____, $c(\text{CO})$ _____。

思路点拨: 该题考查的是外界条件对化学平衡的影响。一定要熟悉并能正确理解外界条件对化学平衡移动的影响, 才能准确地解决相关问题。

展题 3 下图是恒温下某化学反应的反应速率随反应时间变化的示意图。下列叙述与示意图不相符的是 ()



- A. 反应达到平衡时, 正反应速率和逆反应速率相等
- B. 该反应达到平衡态 I 后, 增大反应物浓度, 平衡发生移动, 达到平衡态 II
- C. 该反应达到平衡态 I 后, 减小反应物浓度, 平衡发生移动, 达到平衡态 II
- D. 同一种反应物在平衡态 I 和平衡态 II 时浓度不相等

思路点拨: 从平衡态 I 到平衡态 II, 注意观察 $v'_正$ 、 $v'_逆$ 的变化。

归纳总结

(1) 浓度对化学平衡的影响: _____。

(2) 压强对化学平衡的影响: _____。

(3) 温度对化学平衡的影响: _____。



板块五 应用演练 再生新疑

基础反思

1. 反应 $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g})$ 在恒容密闭容器中进行, 达到平衡后, 充入 N_2 , 下列说法正确的是 ()

- A. 平衡向逆反应方向移动, N_2 和 O_2 的转化率都减小
- B. 平衡向正反应方向移动, N_2 和 O_2 的转化率都增大
- C. 压强增大平衡不移动, N_2 的转化率不变
- D. 平衡向正反应方向移动, N_2 的转化率减小, O_2 的转化率增大

2. 一定温度下, 向 1.0 L 密闭容器中加入 0.60 mol $\text{X}(\text{g})$, 发生反应: $\text{X}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Y}(\text{s}) + 2\text{Z}(\text{g}) \quad \Delta H > 0$, 测得反应物 X 的浓度与反应时间的数据如下表:

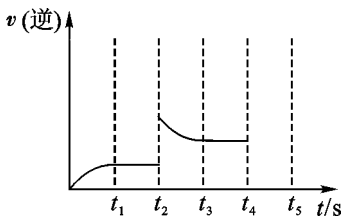
反应时间 t/min	0	1	2	3	4	6	8
$c(\text{X})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	0.60	0.42	0.30	0.21	0.15	a	0.037 5

(1) 0~3 min 用 Z 表示的平均反应速率 $v(\text{Z}) =$ _____。

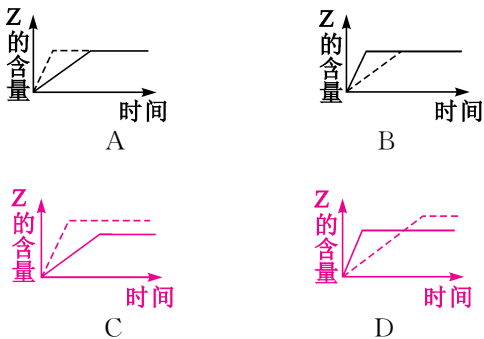
(2) 分析该反应中反应物的浓度与时间的关系, 得出的结论是 _____。由此关

系推出反应在 6 min 时反应物的浓度 a 为 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(3)反应的逆反应速率随时间变化的关系如图所示, t_2 时改变的条件可能是_____。



3. 已知: $\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{Z}(\text{g})$, X 与 Y 在有催化剂条件下发生反应, 建立的平衡如下列各图实线所示; 在无催化剂条件下发生反应, 建立的平衡如下列各图虚线所示, 则相应的图示正确的是 ()



4. 一定温度下 ($T_2 > T_1$), 在 3 个体积均为 2.0 L 的恒容密闭容器中发生反应: $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{ClNO}(\text{g})$ (正反应放热) 达到平衡, 下列说法正确的是 ()

容器	温度 / $^{\circ}\text{C}$	物质的起始浓度 / $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$			物质的平衡浓度 / $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$
		$c(\text{NO})$	$c(\text{Cl}_2)$	$c(\text{ClNO})$	$c(\text{ClNO})$
I	T_1	0.20	0.10	0	0.04
II	T_1	0.20	0.10	0.20	c_1
III	T_2	0	0	0.20	c_2

- A. 达到平衡时, 容器 I 与容器 II 中的总压强之比为 1 : 2
- B. 达到平衡时, 容器 III 中 ClNO 的转化率小于 80 %

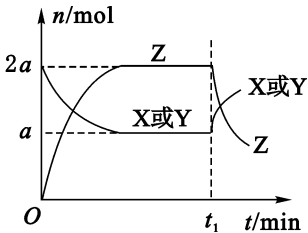
C. 达到平衡时, 容器 II 中 $\frac{c(\text{ClNO})}{c(\text{NO})}$ 比容器 I 中的大

D. 若温度为 T_1 , 起始时向同体积恒容密闭容器中充入 0.20 mol $\text{NO}(\text{g})$ 、0.20 mol $\text{Cl}_2(\text{g})$ 和 0.20 mol $\text{ClNO}(\text{g})$, 则该反应向正反应方向进行

5. 将 BaO_2 放入密闭的真空容器中, 反应 $2\text{BaO}_2(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{BaO}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$ 达到平衡。保持温度不变, 缩小容器容积, 体系重新达到平衡, 下列说法正确的是 ()

- A. 平衡常数减小
- B. BaO 量不变
- C. 氧气压强不变
- D. BaO_2 量增加

6. 已知某密闭容器中发生反应: $\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons m\text{Z}(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 。反应过程中, X 、 Y 、 Z 的物质的量随时间的变化如图所示, 则 t_1 时刻改变的条件可能是 ()



- A. 升高温度
- B. 加入更高效的催化剂
- C. 增大压强
- D. 加入一定量的 Z

7. 已知: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -197 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。向同温、同体积的三个密闭容器中分别充入气体: (甲) 2 mol SO_2 和 1 mol O_2 ; (乙) 1 mol SO_2 和 0.5 mol O_2 ; (丙) 2 mol SO_3 。恒温、恒容下反应达到平衡时, 下列关系一定正确的是 ()

- A. 容器内压强 (p): $p_{\text{甲}} = p_{\text{丙}} > 2p_{\text{乙}}$
- B. SO_3 的质量 (m): $m_{\text{甲}} = m_{\text{丙}} > 2m_{\text{乙}}$
- C. $c(\text{SO}_2)$ 与 $c(\text{O}_2)$ 之比 (k): $k_{\text{甲}} = k_{\text{丙}} > k_{\text{乙}}$

D. 反应放出或吸收热量的数值(Q):

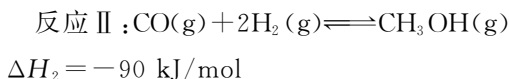
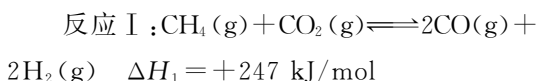
$$Q_{\text{甲}} = Q_{\text{丙}} > 2Q_{\text{乙}}$$

8. 在密闭容器中, 一定量混合气体发生下列反应: $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons dD(g)$, 达到平衡后, 测得 A 气体的浓度为 0.5 mol/L。当在恒温下, 将密闭容器的体积压缩为原来的一半, 再达到平衡时, 测得 A 气体的浓度为 0.8 mol/L。下列叙述正确的是 ()

- A. 反应速率减小
- B. 平衡向左移动
- C. A 的转化率提高
- D. $a+b < d$

能力测控

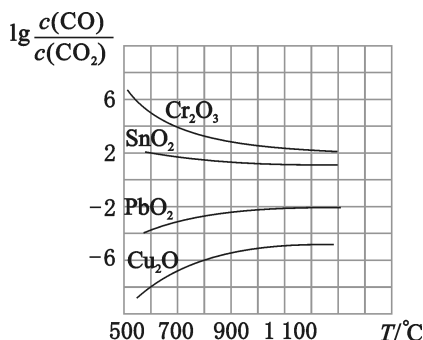
9. 以甲烷为原料合成甲醇的反应如下:



已知: $T_1^\circ\text{C}$ 时, 反应 II 的平衡常数数值为 100; $T_2^\circ\text{C}$ 时, 反应 II 在密闭容器中达到平衡, 测得 CO、 H_2 、 CH_3OH 的物质的量浓度 (mol/L) 分别为 0.05、0.1、0.1。下列说法中正确的是 ()

- A. 反应 I 中, 使用催化剂可以减小 ΔH_1 , 提高反应速率
- B. 反应 II 中, 加热或加压均可提高原料气的平衡转化率
- C. 由上述数据可判断反应 II 的温度: $T_1 > T_2$
- D. $\text{CO}(g) + \text{CH}_3\text{OH}(g) \rightleftharpoons \text{CH}_4(g) + \text{CO}_2(g)$ $\Delta H = +157 \text{ kJ/mol}$

10. CO 常用于工业冶炼金属, 如图是在不同温度下 CO 还原四种金属氧化物达到平衡后气体中 $\lg \frac{c(\text{CO})}{c(\text{CO}_2)}$ 与温度 (T) 的关系曲线图。



下列说法正确的是 ()

- A. 工业上可以通过增高反应装置来延长矿石和 CO 接触的时间, 减少尾气中 CO 的含量
- B. CO 不适宜用于工业冶炼金属铬 (Cr)
- C. 工业冶炼金属铜 (Cu) 时较高的温度有利于提高 CO 的利用率
- D. CO 还原 PbO_2 的反应 $\Delta H > 0$

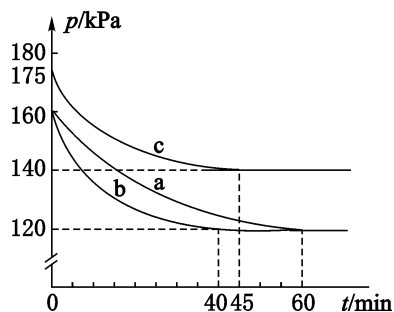
11. 利用反应: $2\text{NO}(g) + 2\text{CO}(g) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(g) + \text{N}_2(g)$ $\Delta H = +746.8 \text{ kJ/mol}$, 可净化汽车尾气, 如果要同时提高该反应的速率和 NO 的转化率, 采取的措施是 ()

- A. 降低温度
- B. 增大压强, 同时加催化剂
- C. 升高温度, 同时充入 N_2
- D. 及时将 CO_2 和 N_2 从反应体系中移走

12. 化合物 AX_3 和单质 X_2 在一定条件下反应可生成化合物 AX_5 。回答下列问题:

(1) 已知 AX_3 的熔点和沸点分别为 -93.6°C 和 76°C , AX_5 的熔点为 167°C 。室温时 AX_3 与气体 X_2 反应生成 1 mol AX_5 , 放出热量 123.8 kJ。该反应的热化学方程式为 _____。

(2) 反应 $\text{AX}_3(g) + \text{X}_2(g) \rightleftharpoons \text{AX}_5(g)$ 在容积为 10 L 的密闭容器中进行。起始时 AX_3 和 X_2 均为 0.2 mol。反应在不同条件下进行, 反应体系总压强随时间的变化如图所示。



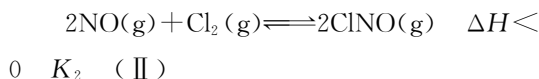
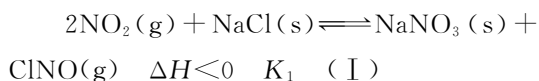
①列式计算实验 a 从反应开始至达到平衡时的反应速率: $v(\text{AX}_5) =$ _____。

②图中 3 组实验从反应开始至达到平衡时的反应速率 $v(\text{AX}_5)$ 由大到小的次序为 _____ (填实验序号); 与实验 a 相比, 其他两组改变的实验条件及判断依据是: b. _____

c. _____。

(3) 用 p_0 表示开始时总压强, p 表示平衡时总压强, α 表示 AX_3 的平衡转化率, 则 α 的表达式为 _____; 实验 a 和 c 的平衡转化率: α_a 为 _____、 α_c 为 _____。

13. 研究氮氧化物与悬浮在大气中海盐粒子的相互作用时, 涉及如下反应:



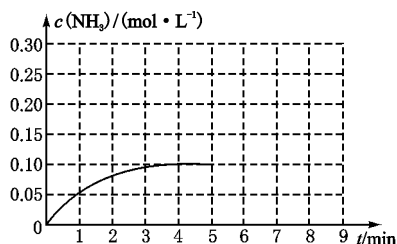
(1) $4\text{NO}_2(\text{g}) + 2\text{NaCl}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{NaNO}_3(\text{s}) + 2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ 的平衡常数 $K =$ _____ (用 K_1 、 K_2 表示)。

(2) 为研究不同条件对反应 (II) 的影响, 在恒温条件下, 向 2 L 恒容密闭容器中加入 0.2 mol NO 和 0.1 mol Cl_2 , 10 min 时反应 (II) 达到平衡。测得 10 min 内 $v(\text{ClNO}) = 7.5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 则平衡后 $n(\text{Cl}_2) =$ _____ mol, NO 的转化率 $\alpha_1 =$ _____。

_____。其他条件保持不变, 反应 (II) 在恒压条件下进行, 平衡时 NO 的转化率 α_2 _____ (填“>”“<”或“=”) α_1 , 平衡常数 K_2 _____ (填“增大”“减小”或“不变”)。

拓展创新

14. 在一容积为 2 L 的密闭容器中, 加入 0.2 mol 的 N_2 和 0.6 mol 的 H_2 , 在一定条件下发生如下反应: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 。反应中 NH_3 的物质的量浓度的变化情况如图所示, 请回答下列问题:



(1) 根据图象, 计算从反应开始到平衡时, 用 NH_3 表示的平均反应速率: $v(\text{NH}_3) =$ _____。

(2) 该反应达到平衡时, H_2 的转化率为 _____。

(3) 反应达到平衡后, 第 5 min 末, 若保持其他条件不变, 仅改变反应温度, 则 NH_3 的物质的量浓度不可能为 _____。(填字母序号)

- A. $0.20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- B. $0.12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- C. $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- D. $0.08 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

(4) 反应达到平衡后, 第 5 min 末, 若保持其他条件不变, 只把容器的体积缩小一半, 平衡 _____ (填“向逆反应方向”“向正反应方向”或“不”) 移动。

(5) 在第 5 min 末将容器的体积缩小一半后, 若在第 8 min 末达到新的平衡(此时

NH_3 的浓度约为 $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$),请在图中画出第 5 min 末到平衡时 NH_3 浓度的变化曲线。

再生新疑

通过本学时的学习,我们认识到改变外界条件,化学平衡会发生改变,那么平衡移动有没有一定的规律性呢?带着这个问题,我们进入下一学时内容的学习。

第三学时

板块二 自学思疑 初探问题

问题一

勒夏特列原理的内容是什么?

教材导读

如果改变影响平衡的条件之一(如 _____、_____ 以及 _____ 等),平衡就会向着 _____ 的方向移动,叫做勒夏特列原理。

勒夏特列原理适用于所有的动态平衡,不仅能用于判断 _____,也能用于判断 _____ 等其他平衡移动的方向,但不能用来判断 _____。

问题二

化学平衡常数的含义及其表达式是什么?

教材导读

在一定温度下,当一个 _____ 达到化学平衡状态时,生成物 _____ 与反应物 _____ 的比值是一个常数。这个常数就是该反应的化学平衡常

数(简称平衡常数),用符号 _____ 表示。

对于一般的可逆反应 $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g}) + q\text{D}(\text{g})$,当在一定的温度下达到化学平衡状态时,平衡常数的表达式为 $K =$ _____。

K 值越大,说明平衡体系中生成物所占的比例越大,它的 _____ 进行的程度越大,即反应进行得越完全,反应物 _____ 越大;反之,就越不完全, _____ 就越小。一般地,当 _____ 时,该反应进行得就基本完全了。

自主测评

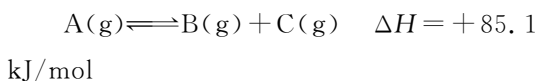
1. 下列事实能用勒夏特列原理解释的是 ()

- A. 使用催化剂有利于合成氨的反应
- B. 由 $\text{H}_2(\text{g})$ 、 $\text{I}_2(\text{g})$ 和 $\text{HI}(\text{g})$ 组成的平衡体系加压后颜色变深
- C. 对于反应: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -92.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 来说, 500°C 时比室温更有利于合成氨的反应
- D. 将混合气体中的氨液化有利于合成氨反应

2. 二氧化氮存在下列平衡: $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \quad \Delta H < 0$,在测定 NO_2 的相对分子质量时,下列条件中较为适宜的是 ()

- A. 温度 130°C 、压强 $3.03 \times 10^5 \text{ Pa}$
- B. 温度 25°C 、压强 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$
- C. 温度 130°C 、压强 $5.05 \times 10^4 \text{ Pa}$
- D. 温度 0°C 、压强 $5.05 \times 10^4 \text{ Pa}$

3. 在 1.0 L 密闭容器中放入 $0.10 \text{ mol A}(\text{g})$,在一定温度下进行如下反应:



反应时间(t)与容器内气体总压强(p)的数据见表:

时间 t/h	0	1	2	4	8	16	20	25	30
总压强 $p/100\text{ kPa}$	4.91	5.58	6.32	7.31	8.54	9.50	9.52	9.53	9.53

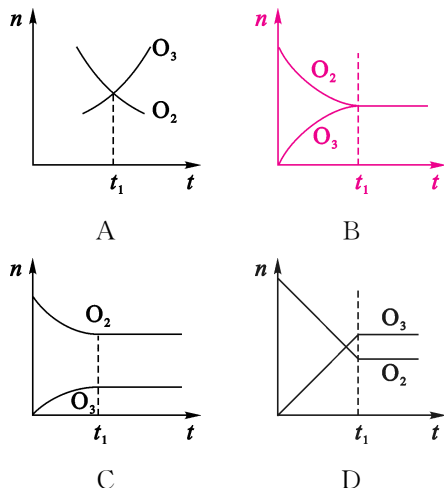
回答下列问题:

(1)欲提高 A 的平衡转化率,应采取的措施为_____。

(2)由总压强 p 和起始压强 p_0 计算反应物 A 的转化率 $\alpha(A)$ 的表达式为_____。

平衡时 A 的转化率为_____,列式并计算反应的平衡常数:_____。

4. 将 3 mol O_2 加入 $V\text{ L}$ 的反应器中,在高温下放电,经 $t_1\text{ s}$ 建立了平衡: $3\text{O}_2 \xrightleftharpoons{\text{高温、放电}} 2\text{O}_3$,此时测得 O_2 的转化率为 30%。下列表示气体的物质的量(n)与时间(t)的关系的图象中,正确的是 ()



板块三 合作互助 共析问题



问题三

如何理解勒夏特列原理?



教材导读

(1)内容:_____。



问题四

使用化学平衡常数时应注意哪些方面?



教材导读

(1)常数 K 只受_____的影响,与反应物和生成物的浓度无关。

(2)一定温度下,一个可逆反应方程式只有一个平衡常数,正向和逆向反应的平衡常数互为_____。

(3) K 值越大,表示反应进行的_____越大,反应物的_____越大。

(4)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。



问题五

如何理解化学平衡的图象?



教材导读

(1)看懂图象。

一看面:看清图象中横坐标和纵坐标的含义;弄清曲线表示的是哪些量之间的关系。

二看线(线的走向、变化趋势):弄清图象中线的斜率或线走势的意义;注意分清曲线的递增性和递减性。

三看点:注意曲线上的特殊点,明确曲线的起点、终点、交点及拐点等,正确理解每一个点的含义。

四看是否需要辅助线:如等温线、等压线。

五看定量图象中有关量的多少。

(2)联想规律,得出结论。

联想外界条件对化学反应速率和化学平衡的影响规律,运用好勒夏特列原理。

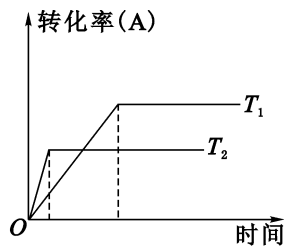
(3)解题方法与技巧。

①“定一议二”原则

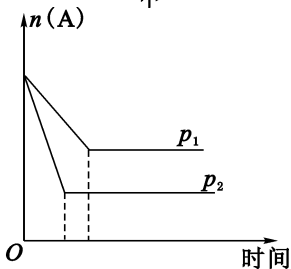
在化学平衡图象中,包括纵坐标、横坐标和曲线所表示的三个量的意义,确定纵坐标所表示的量后,讨论纵坐标与曲线的关系,或确定纵坐标所表示的量后,讨论横坐标和曲线的关系。

②“先拐先平,数值大”原则

对于同一化学反应,在化学平衡图象中,先出现拐点的反应先达到平衡,先出现拐点的曲线表示的温度较高(如图甲)或表示的压强较大(如图乙)。如:



甲



乙

甲图中: $T_2 > T_1$, 正反应为放热反应;

乙图中: $p_2 > p_1$, 正反应为气体总体积减小的反应, 即 $m + n > p + q$ 。



问题六

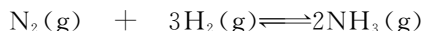
如何理解等效平衡?



教材导读

概念:同一个可逆反应,在相同条件下(恒温、恒压或恒温、恒容),初始加入物质的物质的量不同,而达到平衡状态时,如果两个平衡中同种物质的百分含量相同,则这样的两个平衡称为等效平衡。

如恒温、恒容下,可逆反应:



- | | | | |
|---|---------|---------|-------|
| ① | 1 mol | 3 mol | 0 mol |
| ② | 0 mol | 0 mol | 2 mol |
| ③ | 0.5 mol | 1.5 mol | 1 mol |

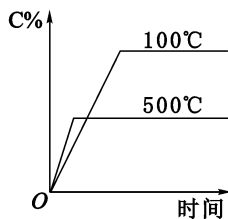


板块四 展示交流 探究问题

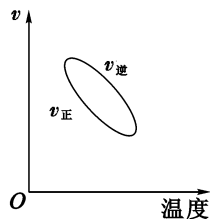


展题设计

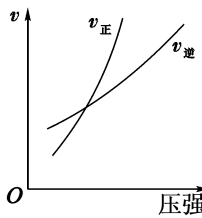
✳展题1 用来表示可逆反应 $2A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ $\Delta H < 0$ 的正确图象为 ()



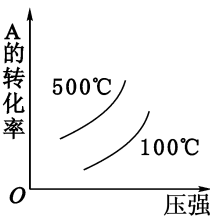
A



B



C

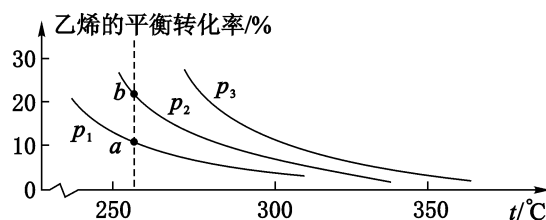


D

思路点拨:要熟悉化学平衡图象的解题

思路。一看法:看清图象中横坐标和纵坐标的含义;二看线:弄清图象中线的斜率或线走势的意义;三看点:明确曲线的起点、终点、交点及拐点等;四看是否需要辅助线。

展题 2 已知气相直接水合法制取乙醇的反应为 $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{g})$ 。在容积为 3 L 的密闭容器中,当 $n(\text{H}_2\text{O}) : n(\text{C}_2\text{H}_4) = 1 : 1$ 时,乙烯的平衡转化率与温度、压强的关系如下图所示:



下列说法正确的是 ()

- A. a 、 b 两点平衡常数: $b > a$
- B. 压强大小顺序: $p_1 > p_2 > p_3$
- C. 当混合气的密度不变时,反应达到了平衡
- D. 其他条件不变,增大起始投料比

$\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{C}_2\text{H}_4)}$,可提高乙烯的转化率

思路点拨:充分利用图中的横纵变化。

展题 3 在容积可变的密闭容器中,2 mol N_2 和 8 mol H_2 在一定条件下发生反应,达到平衡时, H_2 的转化率为 25%,则平衡时氮气的体积分数接近于 ()

- A. 5% B. 10%
- C. 15% D. 20%

思路点拨:利用转化了的 H_2 的物质的量可以计算出平衡时 N_2 、 H_2 、 NH_3 各自的量。

归纳总结

1. 勒夏特列原理: _____。

2. 化学平衡常数 { K 越大: _____
表达式: _____
计算步骤: _____



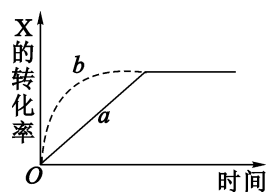
板块五 应用演练 再生新疑

基础反思

1. 下列叙述中一定能判断某化学平衡发生移动的是 ()

- A. 混合物中各组分的浓度改变
- B. 正、逆反应速率改变
- C. 混合物中各组分的百分含量改变
- D. 混合体系的压强发生改变

2. 如图所示,曲线 a 表示放热反应 $\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Z}(\text{g}) + \text{M}(\text{g}) + \text{N}(\text{s})$ 进行过程中 X 的转化率随时间变化的关系。若要改变起始条件,使反应过程按 b 曲线进行,可采取的措施是 ()



- A. 升高温度
- B. 加催化剂
- C. 增大体积
- D. 加大 X 的投入量

3. 在恒温恒容的密闭容器中,某储氢反应: $\text{MH}_x(\text{s}) + y\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{MH}_{x+2y}(\text{s})$ $\Delta H < 0$ 达到化学平衡时,则下列有关叙述正确的是 ()

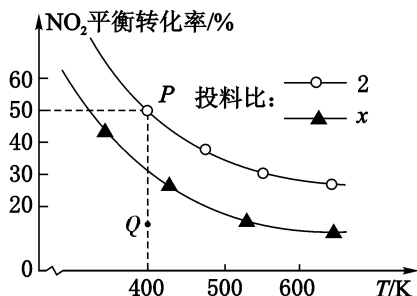
- A. 容器内气体压强保持不变
- B. 吸收 y mol H_2 只需 1 mol MH_x
- C. 若降温,该反应的平衡常数减小
- D. 若向容器内通入少量氢气,则 $v(\text{放氢}) > v(\text{吸氢})$

4. 在某温度下,可逆反应 $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g}) + q\text{D}(\text{g})$ 的平衡常数为 K ,下列说法正确的是 ()

- A. K 值越小,达到平衡时,反应物的转化率越大

- B. K 值越大,达到平衡时,生成物的含量越大
 C. 反应物的转化率越大,达到平衡时, K 值越大
 D. 温度越高,达到平衡时, K 值越大

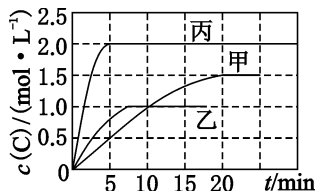
5. 已知: $2\text{NO}_2(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{催化剂}} \text{N}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H$, 向容积为 2 L 的恒容密闭容器中,充入 NO_2 和 CH_4 的混合气体 0.3 mol 充分反应。不同投料比 $\left[\text{投料比} = \frac{n(\text{NO}_2)}{n(\text{CH}_4)} \right]$ 时, NO_2 的平衡转化率与温度的关系如下图所示。下列说法中不正确的是 ()



- A. $\Delta H < 0$
 B. $x > 2$
 C. 400 K 时,反应的平衡常数为 5×10^{-2}
 D. 投料比为 2 时, Q 点 $v_{\text{逆}}(\text{CH}_4)$ 小于 P 点的 $v_{\text{逆}}(\text{CH}_4)$

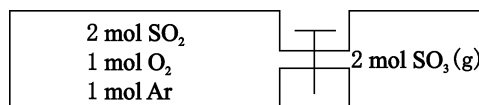
6. 向甲、乙、丙三个恒容密闭容器中分别充入一定量的 A 和 B,发生反应: $\text{A}(\text{g}) + x\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$ 。相关数据见下表,反应过程中 C 的浓度随时间变化的关系如图所示。下列说法正确的是 ()

容器	甲	乙	丙
容积/L	0.5	0.5	1.0
温度/ $^{\circ}\text{C}$	T_1	T_2	T_2
反应物起始量	1.5 mol A 0.5 mol B	1.5 mol A 0.5 mol B	6 mol A 2 mol B



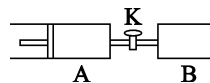
- A. $T_1 > T_2, x = 1$
 B. $T_2^{\circ}\text{C}$ 时,该反应的平衡常数为 0.8
 C. A 的平衡转化率 $\alpha(\text{甲})$ 与 $\alpha(\text{乙}) = 2:8$
 D. 15 ~ 20 min 内 C 的平均反应速率 $v(\text{乙}) < v(\text{丙})$

7. 如图所示,左室容积为右室容积的 2 倍,温度相同,现分别按照如图所示的量充入的气体,同时加入少量固体催化剂使两室内气体充分反应达到平衡,打开活塞,继续反应再次达到平衡,下列说法不正确的是 ()



- A. 第一次平衡时, SO_2 的物质的量:左室更多
 B. 通入气体未反应前,左室压强和右室一样大
 C. 第一次平衡时,左室内压强一定小于右室内压强
 D. 第二次平衡时, SO_2 的总物质的量比第一次平衡时左室中 SO_2 的物质的量的 2 倍还要多

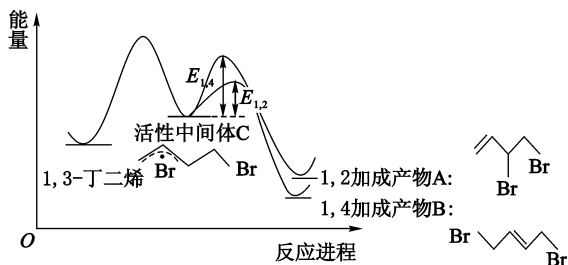
8. 如图所示,向 A、B 中均充入 1 mol X、1 mol Y,起始时 A、B 的体积都等于 1 L。在同温、同压和催化剂存在的条件下,关闭活塞 K,使两容器中都发生反应: $\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Z}(\text{g}) + \text{W}(\text{g}) \quad \Delta H < 0$,达到平衡时, A 的体积为 1.4 L。下列说法错误的是 ()



- A. 两容器中的反应分别达到平衡时,反应物 X 的速率: $v(\text{B}) > v(\text{A})$
 B. A 容器中 X 的转化率为 80%
 C. 平衡时的压强: $p_A < p_B$
 D. 平衡时 Y 体积分数: $A > B$

能力测控

9. 当 1,3-丁二烯和溴单质 1:1 加成时, 其反应机理及能量变化如下:



不同反应条件下, 经过相同时间测得生成物的组成如下表:

实验编号	反应条件	反应时间	产物中 A 的物质的量分数	产物中 B 的物质的量分数
1	-15 °C	t min	62%	38%
2	25 °C	t min	12%	88%

下列分析不合理的是 ()

- A. 产物 A、B 互为同分异构体, 由中间体生成 A、B 的反应互相竞争
- B. 相同条件下由活性中间体 C 生成产物 A 的速率更快
- C. 实验 1 测定产物组成时, 体系已达到平衡状态
- D. 实验 1 在 t min 时, 若升高温度至 25 °C, 部分产物 A 会经活性中间体 C 转化成产物 B

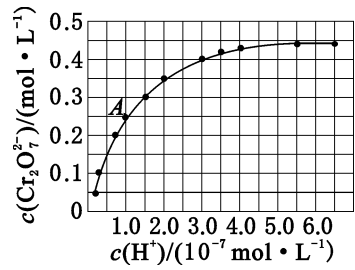
10. 一定温度下, 在 3 个体积均为 1.0 L 的恒容密闭容器中, 反应 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 达到平衡, 有关数据如下表所示。

容器	温度 /K	物质的起始浓度/(mol · L ⁻¹)			物质的平衡浓度/(mol · L ⁻¹)
		c(H ₂)	c(CO)	c(CH ₃ OH)	c(CH ₃ OH)
I	400	0.20	0.10	0	0.080
II	400	0.40	0.20	0	
III	500	0	0	0.10	0.025

下列说法中正确的是 ()

- A. 该反应的正反应吸热
- B. 达到平衡时, 容器 I 中反应物转化率比容器 II 中的大
- C. 达到平衡时, 容器 II 中 c(H₂) 大于容器 III 中 c(H₂) 的 2 倍
- D. 达到平衡时, 容器 III 中的正反应速率比容器 I 中的大

11. 元素铬(Cr)在溶液中主要以 Cr³⁺ (蓝紫色)、Cr(OH)₄⁻ (绿色)、Cr₂O₇²⁻ (橙红色)、CrO₄²⁻ (黄色) 等形式存在, Cr(OH)₃ 为难溶于水的灰蓝色固体。CrO₄²⁻ 和 Cr₂O₇²⁻ 在溶液中可相互转化。室温下, 初始浓度为 1.0 mol · L⁻¹ 的 Na₂CrO₄ 溶液中 c(Cr₂O₇²⁻) 随 c(H⁺) 的变化如下图所示。

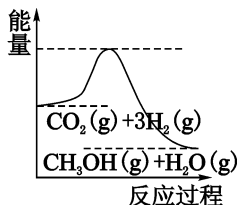


(1) 用离子方程式表示 Na₂CrO₄ 溶液中的转化反应: _____。

(2) 由图可知, 溶液酸性增大, CrO₄²⁻ 的平衡转化率 _____ (填“增大”“减小”或“不变”)。根据 A 点数据, 计算出该转化反应的平衡常数为 _____。

(3) 升高温度, 溶液中 CrO₄²⁻ 的平衡转化率减小, 则该反应的 ΔH _____ (填“大于”“小于”或“等于”)0。

12. 由于温室效应和资源短缺等问题, 如何降低大气中的 CO₂ 的含量并加以开发利用引起了社会各界的普遍重视。目前, 工业上有一种方法是用 CO₂ 生产燃料甲醇。一定条件下发生反应: $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 该反应的能量变化如图所示:



(1)上述反应平衡常数 K 的表达式为 _____ ,
温度降低,平衡常数 K _____ (填“增大”
“不变”或“减小”)。

(2)在体积为 2 L 的密闭容器中,充入
1 mol CO_2 和 3 mol H_2 ,测得 CO_2 的物质的
量随时间变化如表所示。从反应开始到 5
min 末,用氢气浓度的变化表示的平均反应
速率 $v(\text{H}_2) =$ _____。

t/min	0	2	5	10	15
$n(\text{CO}_2)/\text{mol}$	1	0.75	0.5	0.25	0.25

(3)要想提高 H_2 利用率,以下操作可行
的是 _____ (填字母序号)。

- 增大反应体系压强
- 提高反应温度
- 增加 CO_2 配比
- 降低反应温度
- 选择适当催化剂
- 增加 H_2 配比

13. 在一定体积的密闭容器中,进行如下
化学反应: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) +$
 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$,其化学平衡常数 K 和温度 t 的关
系如下表:

$t/^\circ\text{C}$	700	800	830	1 000	1 200
K	0.6	0.9	1.0	1.7	2.6

回答下列问题:

(1)该反应的化学平衡常数表达式为
 $K =$ _____。

(2)该反应为 _____ (填“吸热”或“放
热”)反应。

(3)能判断该反应是否达到化学平衡状

态的依据是 _____ (填字母序号)。

- 容器中压强不变
- 混合气体中 $c(\text{CO})$ 不变
- $v_{\text{正}}(\text{H}_2) = v_{\text{逆}}(\text{H}_2\text{O})$
- $c(\text{CO}_2) = c(\text{CO})$

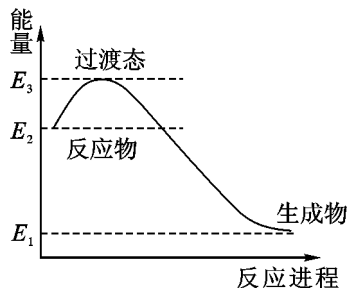
(4)某温度下,平衡浓度符合下式:
 $c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2) = c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})$,则此时
的温度为 _____ $^\circ\text{C}$ 。

拓展创新

14. 纳入空气质量报告的主要污染物有
 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 SO_2 、 NO_2 、 O_3 、 CO 等物质。研
究脱硝(除 NO_x)技术和脱硫(除 SO_2)技术
都是环境科学研究的热点,对于消除环境污
染有重要意义。

(1)已知:催化剂存在的条件下 H_2 可以
将 NO 还原为 N_2 。下图是一定条件下 H_2
还原 NO 生成 N_2 和 1 mol 水蒸气的能量变
化示意图。写出该反应的热化学方程式: _____。

(ΔH 用 E_1 、 E_2 或 E_3 表示)



(2)升高温度,大多数化学反应的速率增
大,但是 $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ 的速
率却随着温度的升高而减小。某化学小组为
研究该特殊现象的实质原因,通过查阅资料
得知, $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ 的反应
历程分两步:

I. $2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 < 0$
(快); $v_{1\text{正}} = k_{1\text{正}} \cdot c^2(\text{NO})$; $v_{1\text{逆}} = k_{1\text{逆}} \cdot$
 $c(\text{N}_2\text{O}_2)$

II. $\text{N}_2\text{O}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$

$$\Delta H_2 < 0 (\text{慢}); v_{2\text{正}} = k_{2\text{正}} \cdot c(\text{N}_2\text{O}_2) \cdot c(\text{O}_2);$$

$$v_{2\text{逆}} = k_{2\text{逆}} \cdot c^2(\text{NO}_2)$$

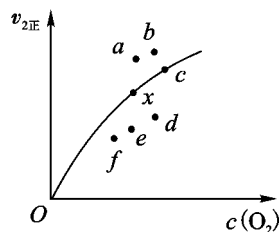
请回答下列问题:

①一定温度下,反应 $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ 达到平衡状态,请写出用 $k_{1\text{正}}$ 、 $k_{1\text{逆}}$ 、 $k_{2\text{正}}$ 、 $k_{2\text{逆}}$ 表示的平衡常数表达式:
 $K =$ _____。

②决定反应 $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ 速率的是反应 II,反应 I 的活化能 E_{I} 与反应 II 的活化能 E_{II} 的大小关系为: E_{I} _____
 (填“>”“<”或“=”) E_{II} 。根据速率方程分析,升高温度该反应速率减小的原因是 _____
 (填字母序号)。

- A. $k_{2\text{正}}$ 增大, $c(\text{N}_2\text{O}_2)$ 增大
- B. $k_{2\text{正}}$ 减小, $c(\text{N}_2\text{O}_2)$ 减小
- C. $k_{2\text{正}}$ 增大, $c(\text{N}_2\text{O}_2)$ 减小
- D. $k_{2\text{正}}$ 减小, $c(\text{N}_2\text{O}_2)$ 增大

③由实验数据得到 $v_{2\text{正}} - c(\text{O}_2)$ 的关系可用下图表示。当 x 点升高到某一温度时,反应重新达到平衡,则变为相应的点是 _____
 (填字母)。



再生新疑

通过本节课的学习,我们认识了形形色色的化学反应和生活中的神奇现象。有些反应是可逆反应,既能正向进行,又能逆向进行;有的反应进行得比较彻底,有的反应常温下能进行,有的反应高温下才能进行,有的反应放热,有的反应吸热……这些现象该如何解释?带着这些问题,我们进入下一节内容的学习。