[금속 반응 총 정리]

INTRO : 왜 금속 반응을 공부해야하는가?

작년(2023학년도)부터 개정 교육 과정에서 사라졌다고 생각한 금속 반응 문제가 부활하였습니다. 교육과정상 '금속의 반응성'을 물어보지를 못하기에 전 교육 과정처럼 킬러급으로 나올 것으로 보이지는 않습니다만, 현 **교육 과정에 맞는 기출 문제 부족**으로 인해 학생들이 공부, 대비를 못하여서 **난이도가 조금만 높아져도 다른 유형에 비해 어려워하는 모습을 보입니다.**

개정 후 지금까지는 금속 반응이 '비킬러'에 가깝게 출제되었지만, 최근 출제되는 경향을 보면 언젠가 **준킬러로 출제될 가능성**이 열려 있습니다. 거기에 최근 사회적 이슈로 킬러가 더 약화된다면, 결국 준킬러로 변별력을 유지해야할 텐데, 현시점 **객관적 난이도를 많이 높이지 않으면서 변별력을 주기에 가장 좋은 주제**가 금속 반응이기에 준킬러로 출제될 가능성을 더욱더 배제할 수 없게 되었습니다.

여러모로 혼란스럽고 출제 방향을 예측하기 힘든 현 상황에서 금속 반응에 대해서도 조금 깊이 있는 대비를 할 필요가 있다고 느꼈고, 이 칼럼을 계획하게 되었습니다.

[INDEX]

0. 금속 반응의 출제 경향
1. 금속 반응 반응식
2. 전하량 보존 법칙
3. 양이온 변화량 이용
4. 고체 금속 + 양이온 일정
5. 금속 투입 VS 양이온 투입
6. 고체 금속 자료에 대하여
7. 금속 반응에서 주입형
8. 음이온에 대한 개념
9. OUTRO : 어떻게 금속 반응을 공부해야하는가?

© 2023 데일리만쥬

0. 금속 반응의 출제 경향

0) 전 교육과정(09 교육 과정)

양적 관계, 중화 반응과 함께 3킬러로 불릴 정도로 까다롭게 출제되었습니다. 지금과는 다르게 '금속의 반응성'에 대해 배웠고 이를 추론하는 것이 핵심이었습니다.

1) 2023학년도 6월 모의평가

개정 이후 처음으로 금속 문제가 부활하였습니다. 금속 반응의 기본 논리가 되는 화학 반응식을 제시하면서 간접적으로 금속 반응에 대한 **개념을 소개**하는 문제로 보입니다.

2) 2023학년도 9월 모의평가

6월에 반응식을 주면서 개념 소개를 해줬으니, 이제는 **반응식 없이 출제**하겠다는 메시지를 보여주는 문항이었습니다. 문제는 전하량 보존만으로 쉽게 풀립니다.

3) 2023학년도 수능

금속의 반응성 이슈 때문에 하나의 수용액 안에는 2종류의 금속만 들어갈 것이라고 예상한 사람들이 많았습니다만, **하나의 수용액에 3가지 금속**을 넣는 문제를 출제하였습니다. 반응성 이슈가 생기지 않도록 쉽게 출제되었지만, 금속 3개가 한 용액 안에 들어가는 문제가 출제될 수 있음을 보여줬습니다. 따라서 최악의 경우 금속 3개를 반응시키면서 과거에 쓰였던 "A^{a+}이 모두 반응한 후 B^{b+}이 반응하였다." 같은 표현으로 반응성 이슈를 슬쩍 넘기며 출제될 가능성도 배제할 수는 없게 되었습니다.

4) 2024학년도 6월 모의평가

[1] 전 교육과정에서도 반응 후 양이온의 양만을 이용해서 출제하다가 5년만인 2018학년도에 반응 후 고체 금속의 양을 물어보았는데, 이번엔 2년만에 바로 반응 후 **고체 금속의 양을 물어보았습니다.**

[2] 반응 후 고체 금속의 양을 물어보면서 전하량 보존만으로는 쌩귀류를 써야하고, 다른 논리를 이용해야 풀 수 있게 출제되었습니다. 이전까지는 "금속 반응은 전하량 보존 안에서만 출제될거다." "전하량 보존만으로 풀릴 것이다." 라는 말들이 많았지만, 이 문제는 엄연히 전하량 보존 외의 논리가 출제되었으므로, **"전하량 보존만으로 다 풀린다." 도 이제 옛말이 되었습니다.**

정리하자면

23 6월	금속 반응 첫 출제
23 9월	반응식 없이 출제
23 수능	한 용액 속 금속 3개 출제
24 6월	고체 금속의 양 출제
24 수능	???

이렇게 개정 후 금속 반응 문제는 매번 새로운 영역을 조금씩 확장해나간다? 라고 할 수 있습니다. 이 흐름을 보며 저는 '언젠가 준킬러로 출제될 준비를 위해 조금씩 리미트를 풀고 있다.'는 느낌을 받았고, 킬러 관련 이슈까지 더해져, 금속 반응이 까다로운 준킬러로 출제될 경우를 대비해야할 필요성을 느꼈습니다. (다른 사설 출제진들도 이렇게 생각하고 최근 금속 난이도를 올린게 아닐까...)

© 2023 데일리만쥬

01. 금속 반응 반응식

2023학년도 6월 모의평가에서 소개해준 금속 반응의 반응식이자, 모든 금속 반응 문제의 베이스가 되는 반응식입니다.

<금속 반응 반응식>

$$bA^{a+}(aq) + aB(s) \rightarrow bA(s) + aB^{b+}(aq)$$

이 반응식으로부터 우리는 다음과 같은 명제들을 뽑아낼 수 있습니다.

<금속 반응의 명제>

1. 반응 전후 양이온의 전하량 총합은 일정하다.
2. 양이온의 전하량 비가 $a:b$면 $b:a$의 몰비로 반응하고, 생성된다.
3. 반응 전후 [고체 금속 + 양이온]의 양은 일정하다.

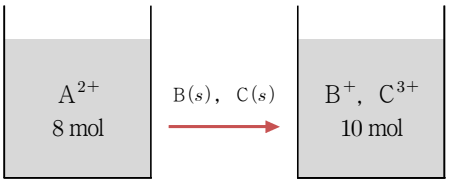
⇒ 이 반응식과 명제들을 활용해 금속 반응 문제를 풀게 됩니다.

02. 전하량 보존 법칙

명제1 "반응 전후 양이온의 전하량 총합은 일정하다." = **전하량 보존 법칙**

또는 "반응한 양이온의 전하량 합" = "생성된 양이온의 전하량 합" 의 관점도 가능합니다.
전하량 보존 법칙을 이용하면 용액 속 양이온의 수, 또는 비율을 수월하게 구할 수 있습니다.
전하량 보존 법칙은 모든 금속 반응 문제에서 1순위로 고려해야하는 논리입니다.

예제



반응 후 B^{+}과 C^{3+}은 각각 몇몰인가?

[풀이1] B^{+}과 C^{3+}의 몰수를 각각 x, y로 두자. 전체 양이온 몰수는 10 mol이므로, $x+y=10$이고, 반응 전 양이온의 전하량 총합은 16이므로, $x+3y=16$이다. 두 식을 연립하면 $x=7$, $y=3$이다.

이런 상황에서 "모두 닮이라면"을 이용하면 조금 더 빠르게 양이온의 몰수를 구할 수 있습니다.

[풀이2] 10 mol이 모두 B^{+}이라면 전하량의 총합은 10으로 실제 전하량 총합과 6만큼 차이난다. B^{+} 1몰을 C^{3+}으로 바꿀 때 전하량의 총합이 2증가하므로 C^{3+}은 3 mol이다.

(일명 '평균 전하량' 개념으로 이 문제에서는 평균 전하량이 8/5이다. 로 내분을 하는 방법도 있지만, 이런 상황에선 "모두 닮이라면"이 더 유리하다는 입장.)

03. 양이온 변화량 이용

명제2 "양이온의 전하량 비가 $a:b$이면 $b:a$의 몰비로 반응하고 생성된다."

일반화하자면 위와 같지만, 금속 반응에서 출제되는 전하량은 1, 2, 3뿐이기에(+4도 이론상 가능은하나 출제된 적 없기에 일단 제외) 다음과 같이 정리하고, 익숙해지면 좋습니다.

© 2023 데일리만쥬

<금속 반응에서 1회 반응>

[1가 + 2가]

$$A^{2+} + 2B \rightarrow A + 2B^{+} \ / \ 2A^{+} + B \rightarrow 2A + B^{2+}$$

→ 1회 반응 = 1가 금속 2몰 반응, 생성 / 2가 금속 1몰 반응, 생성 / 전체 양이온 1몰 변화

[1가 + 3가]

$$A^{3+} + 3B \rightarrow A + 3B^{+} \ / \ 3A^{+} + B \rightarrow 3A + B^{3+}$$

→ 1회 반응 = 1가 금속 3몰 반응, 생성 / 3가 금속 1몰 반응, 생성 / 전체 양이온 2몰 변화

[2가 + 3가]

$$2A^{3+} + 3B \rightarrow 2A + 3B^{2+} \ / \ 3A^{2+} + 2B \rightarrow 3A + 2B^{3+}$$

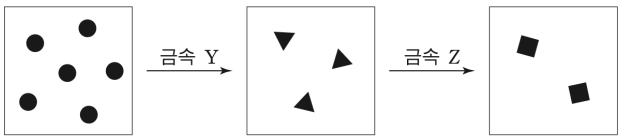
→ 1회 반응 = 2가 금속 3몰 반응, 생성 / 3가 금속 2몰 반응, 생성 / 전체 양이온 1몰 변화

① 예를 들어 문제에서 A^{a+}이 3몰 반응해 B^{b+}이 2몰 생성되는 상황이 나온다면 바로 $a:b=2:3$을 구할 수 있어야합니다. (산화수의 역수비 = 반응, 생성 몰비)

예제

2014학년도 대학수학능력시험

13. 그림은 금속 X 이온이 들어 있는 수용액에 금속 Y와 Z를 순서대로 넣었을 때 수용액 속에 존재하는 금속 양이온만을 모형으로 나타낸 것이다.



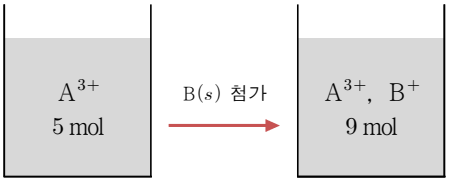
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 음이온은 반응에 참여하지 않는다.) [3점]

●, ▲, ■의 산화수의 비는?

[풀이] ●와 ▲가 2:1의 몰비로 반응하므로 산화수의 비는 1:2이고, ▲와 ■가 3:2의 몰비로 반응하므로 산화수의 비는 2:3이다. ∴ ● : ▲ : ■ = 1:2:3

② 반응 전후 전체 금속 양이온의 양이 주어질 때 "몇회 반응했는가?"를 통해 변화량을 이용할 수 있습니다.

예제



반응 후 B^{+}은 몇몰인가?

[풀이] [1가 + 3가] 반응이므로 1회 반응시 전체 양이온은 2몰 변화한다. 반응에서 4mol 증가했으니 2회 반응하였고, B^{+}은 6 mol이다.
(전하량 보존으로는 연립해야하지만, 변화량을 이용하면 미지수 없음.)

© 2023 데일리만쥬

04. 고체 금속 + 양이온 일정

명제3 "반응 전후 [고체 금속 + 양이온]의 양은 일정하다."

각각의 금속에서도 성립하고, 전체 금속과 양이온에서도 성립합니다.
→ **[A + A^{a+}]의 양 일정 / [B + B^{b+}]의 양 일정 / [전체 고체 금속 + 전체 양이온]의 양 일정**

예제 2024학년도 6월 모의평가

7. 표는 금속 양이온 A^{3+} $5N$ mol이 들어 있는 수용액에 금속 B $3N$ mol을 넣고 반응을 완결시켰을 때, 석출된 금속 또는 수용액에 존재하는 양이온에 대한 자료이다. B는 모두 B^{n+}이 되었고, ㉠과 ㉡은 각각 A와 B^{n+} 중 하나이다.

금속 또는 양이온	A^{3+}	㉠	㉡
양(mol)(상댓값)	3	3	2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, A와 B는 물과 반응하지 않으며, 음이온은 반응에 참여하지 않는다.)

<보 기>

ㄱ. A^{3+}은 환원제로 작용한다.
ㄴ. ㉠은 B^{n+}이다.
ㄷ. $n=3$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

이 문제를 "[고체 금속 + 양이온]의 양 일정" 논리 없이 "딱봐도"라면서 표의 값에 N을 붙여서 ㉠과 ㉡을 결정하는 논리 비약을 범한 학생들이 많습니다.(해설을 올린 선생님(?) 중에도 종종 있습니다.)

[풀이1] [전체 금속 + 전체 양이온]의 양은 일정하므로 반응 후 [전체 금속 + 전체 양이온]의 양도 $8N$ mol이다. 따라서 표의 실젯값은 각각 $3N$, $3N$, $2N$이고, B $3N$ mol이 모두 B^{n+}이 되었으므로 ㉠ = B^{n+}이고, ㉡ = A이다.
생성물인 B^{n+}와 A가 3:2로 생성되었으므로 양이온의 전하량 비는 2:3이고, $n=2$이다.
(이렇게 양이온뿐만 아니라 고체 금속도 양이온 산화수의 역수비가 반응/생성 몰비임을 이용하면 좋습니다.)

[풀이2] [A + A^{a+}]의 양과 [B + B^{b+}]의 양이 각각 일정하므로 [A + A^{a+}] : [B + B^{b+}]은 5:3을 유지한다. 따라서 ㉠이 B^{n+}, ㉡이 A이다.

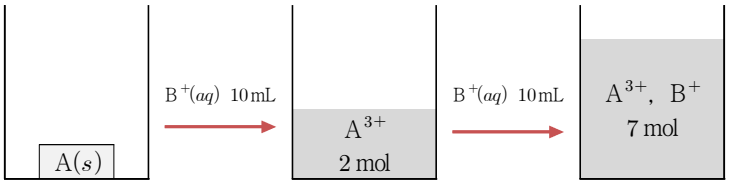
05. 금속 투입 vs 양이온 투입

1) 금속 투입
→ 양이온의 전하량 총합 일정

2) 양이온 투입
→ 투입한 양이온의 전하량 만큼 양이온의 전하량 총합 증가
: 양이온을 넣는 상황에서 핵심 논리입니다. 각 과정 또는 비커의 양이온의 전하량 총합이 다르니 각각의 전하량 총합을 구하는 것이 중요합니다.

© 2023 데일리만쥬

예제



반응 후 A^{3+}의 양은 몇몰인가?

[풀이] 2번째 비커에서 양이온의 전하량 총합은 6이다. 즉, 넣어 준 $B^{+}(aq)$ 10mL에 들어 있는 전하량 총합이 6이다. 따라서 3번째 비커에서 양이온 전하량 총합은 12이고, 만약 7 mol이 모두 B^{+}이라면 전하량 총합은 7이므로 실제보다 5만큼 부족하고, 이 차이를 보정하면 A^{3+}이 2.5 mol이다.

06. 고체 금속 자료에 대하여

올해 6모에서 반응 후 고체 금속의 양에 대한 자료를 제시했습니다. 양이온에 대한 자료만 있을 때는 대부분 '전하량 보존'만으로 풀리지만 고체 금속의 양이 주어진 경우 '전하량 보존'만으로는 풀리지 않는 문제가 출제될 수 있기에 이에 대한 대비가 필요합니다. 특히 [고체 금속 + 양이온] 일정 논리에도 유의해야합니다.

예제

2016학년도 10월 학력평가

20. 표는 $A^{3+}(aq)$의 부피와 금속 B의 질량을 달리한 산화 환원 반응 실험에 대한 자료이다.

실험		(가)	(나)
반응 전	$A^{3+}(aq)$의 부피(mL)	V	$2V$
	금속 B의 질량(g)	$3x$	x
반응 후	수용액 속 양이온의 종류	B^{n+}	A^{3+}, B^{n+}
	수용액 속 전체 양이온 수	$2N$	$3N$
	생성된 금속 A의 질량(g)	$2y$	y

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B는 임의의 원소 기호이고, B는 물과 반응하지 않으며, 음이온은 반응하지 않는다.) [3점]

< 보 기 >

ㄱ. n은 2이다.
ㄴ. (가)에서 남아 있는 B의 질량은 x g이다.
ㄷ. (나)에서 반응 후 이온 수는 A^{3+}이 B^{n+}의 2배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

◦ 이런 금속 반응 문제에 익숙하지 않다면 오래 걸리거나, 풀지 못했을 수 있습니다. 만약 자신이 그랬다면, 문제 옆에 금속 반응식인 [$nA^{3+} + 3B \rightarrow nA + 3B^{n+}$]를 쓰고 쉬운 양적관계 문제 풀 듯이 다시 접근해봅시다. 체감 난이도가 훨씬 낮아질 것입니다.

[풀이] 생성된 A의 질량이 2:1 즉, 생성물의 양이 2:1이므로 반응한 반응물의 양도 2:1이다. → (가)에서는 A^{3+}이 모두 반응, (나)에서는 B가 모두 반응하였다. 생성된 B^{n+}도 2:1이니 (나)에서 반응후 B^{n+} 수는 N이고, 나머지 2N이 A^{3+}의 수이다. 반응 전 양이온의 전하량 총합은 (가) : (나) = 1 : 2이므로, $2\times n : (1\times n) + (2\times 3) = 1:2$, $n = 2$이다.

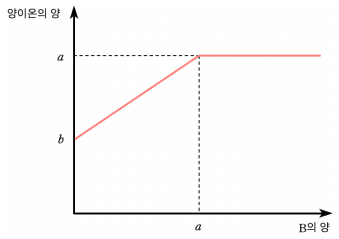
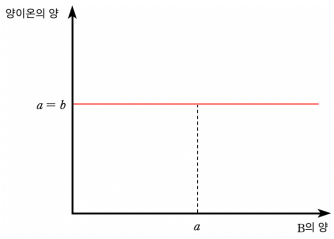
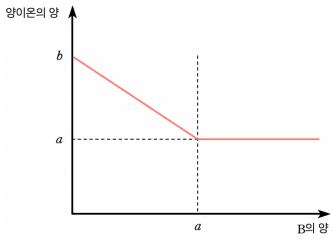
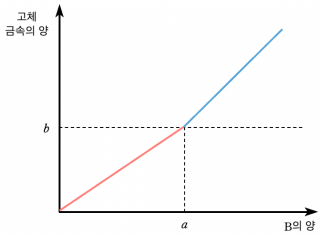
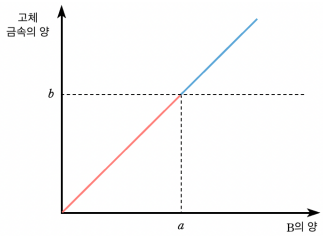
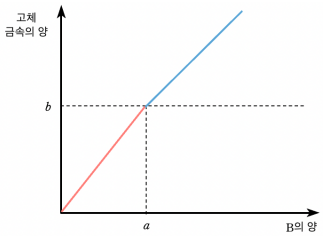
∴ 풀이 논리가 잘 안보이는 경우에는 반응식을 쓰고 쉬운 양적 관계 문제를 푼다는 마인드로 접근하자
(꼭 고체 금속이 나오는 상황이 아니더라도 금속 반응이 헷갈릴 때, **쉬운 양적 관계를 푼다는 태도**는 유용합니다.)

© 2023 데일리만쥬

07. 금속 반응에서 주입형

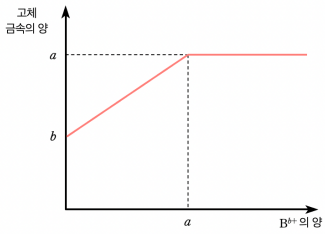
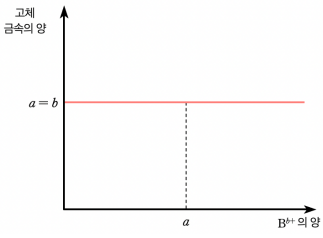
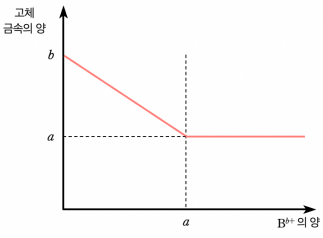
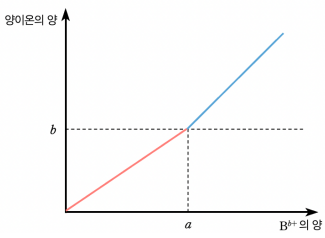
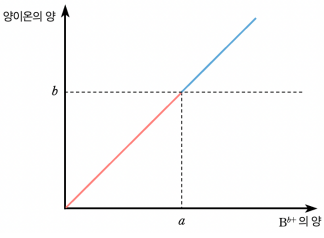
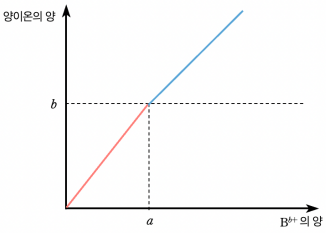
양적관계나 중화반응에서 주입형이 출제되듯이 전 교육과정에서 주입형으로 금속 반응이 출제되기도 하였습니다. 수능날 주입형으로 출제되어도 앞선 Tip과 같이 쉬운 주입형 양적관계 푼다는 생각으로 접근하면 좋겠습니다.

[1] 고체 금속 주입(A^{a+}에 금속 B 주입) → A^{a+} b몰 있다면 B a몰 넣었을 때 완결

	$a > b$	$a = b$	$a < b$
양이온의 양			
고체 금속의 양			

a, b의 대소에 따른 그래프를 일일이 외울 필요는 없습니다. 왜 이런 개형이 나타나는지 이해하시고, 필요시 직접 그릴 수 있을 정도면 충분합니다. 금속이 킬러로 나오던 시절에는 그래프의 기울기도 공식화하여서 $\frac{b-a}{a}$ 이런 식으로 외워서 문제 풀이에도 쓰였지만, 현 교육과정에서는 굳이(?)라는 입장입니다.

[2] 금속 양이온 주입(금속 A에 B^{b+} 주입) → A b몰 있다면 B^{b+} a몰 넣었을 때 완결

	$a > b$	$a = b$	$a < b$
고체 금속의 양			
양이온의 양			

역시나 왜 이런 그래프 개형이 나오는지만 한번씩 이해해주시면 되겠습니다.

© 2023 데일리만쥬

예제

표는 $A^{3+}(aq)$에 $B(s)$를 조금씩 넣을 때 수용액 속 양이온에 대한 자료이다. 반응한 B는 B^{+}이 되었다.

넣어 준 $B(s)$의 양(mol)	N	$3N$	x	$12N$
전체 양이온의 양(mol)(상댓값)	2	3	4	y

x와 y는?

[풀이] 전체 양이온의 양이 더 증가하므로, B $3N$ mol 넣었을 때는 완결점 전이다. 따라서 처음 전체 양이온의 양은 상댓값으로 1.5이고, A^{3+}이 반응해 B^{+}이 생성되니 완결점 이후 전체 양이온 양은 처음의 3배인 4.5로 일정하다. 2, 3, 4가 등차수열이므로 넣어 준 B의 양도 등차이고, $x=5N$이다. B $12N$ mol 넣었을 때는 완결점 후이므로 $y=4.5$이다.

예제

표는 $A(s)$가 들어 있는 비커에 $B^{3+}(aq)$을 조금씩 넣을 때 수용액 속 양이온에 대한 자료이다. 반응한 A는 A^{n+}이 되었다.

넣어 준 $B^{3+}(aq)$의 부피(mL)	V	$2V$	$3V$
전체 양이온의 양(mol)	$6N$	$11N$	$15N$

n은? / $B^{3+}(aq)$을 몇 mL 넣었을 때 완결점인가?

[풀이] 반응 완결점 전까지 전체 양이온의 양 그래프는 0에서 시작하는 일차함수이다. $B^{3+}(aq)$ 2V 넣었을 때 양이온 수가 V 넣었을 때의 2배가 아니므로, 2V 지점은 완결 후이다. 따라서 2V → 3V에서 증가한 양이온 $4N$ mol은 $B^{3+}(aq)$ VmL에 들어 있는 B^{3+}의 양이다. 0 → V에서 $6N$ 증가했으니 B^{3+} $4N$이 반응해 A^{n+} $6N$이 생성된 것이다. 따라서 $n=2$이다. 완결점까지 넣어 준 $B^{3+}(aq)$의 부피를 xV라고 하면, 완결점에서 양이온의 양은 $6x=4x+3$ 이고, $x=1.5$이다.

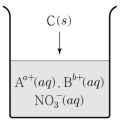
08. 음이온에 대한 개념

모든 금속 반응 문제의 단 조건에 '음이온과 반응하지 않는다.' 표현이 나옵니다. 다른 말로 하면 모든 금속 반응 문제의 수용액에는 음이온이 들어 있다는 것입니다. 보통 그냥 고체 금속을 물에 넣는다고 양이온이 되지 않으니, 금속 양이온 수용액을 만들려면 NaCl, $Cu(NO_3)_2$ 같은 이온 결합 물질을 녹여서 금속 양이온과 음이온이 생성되도록 하는 것입니다. 중성물질을 녹이는 것이기에 양이온의 전하량 총합과 음이온의 전하량 총합은 같습니다.(중화 반응과 같은 논리) 다음 문제와 같이 이 음이온에 대해 문제에서 물어볼 수도 있습니다.

〔실험 과정〕

(가) A^{a+}, B^{b+}, NO_3^-이 들어 있는 수용액을 준비한다.

(나) (가)의 수용액에 $C(s)$를 1g씩 넣어 반응시킨다.



〔실험 결과〕

- 반응한 $C(s)$는 C^{c+}이 되었다.
- A^{a+}이 모두 반응한 후, B^{b+}이 반응하였다.
- 반응이 완결되었을 때, 넣어 준 $C(s)$의 총 질량에 따른 수용액에 존재하는 전체 이온 수

넣어 준 $C(s)$의 총 질량(g)	0	1	2	3	4
수용액에 존재하는 전체 이온 수 (상댓값)	34	31	30	31	x

이런 경우 아래 내용에만 유의해주시면 됩니다.

1) 전체 이온수(양이온 수 + 음이온 수)에 주의
2) 양이온 전하량 총합 = 음이온 전하량 총합 [수용액은 전기적 중성]
3) 음이온 수는 변하지 않는다.

© 2023 데일리만쥬

09. OUTRO : 어떻게 금속 반응을 공부해야하는가?

아래는 제가 생각하는 2024학년도 수능을 위해 금속 반응을 공부하는 방법입니다.

[0] 금속 반응에 대한 실전 개념을 공부한다. (방금 완료하셨습니다.)

[1] 전 교육과정의 금속 반응성 기출을 푼다.

: '금속의 반응성'에 대한 개념이 빠졌기에 현 교육과정과 맞지 않지만, 그 부분만 잠시 꾹 참고 날 잡아서 한번 빠르게 풀어보시면 금속 반응에 대한 이해도와 자신감이 많이 올라올 것입니다. 그렇기에 평가원 문제를 위주로 예전 금속 반응 문제도 선별해서 풀어보는 것을 추천합니다. (저도 작년 6월 처음 금속 반응이 나오고, 과거 기출을 모아서 풀어본게 금속 반응에 익숙해지는데 많은 도움이 되었습니다.)

[2] 사설 금속 문제를 모아서 푼다.

: 현 교육과정에 맞는 금속 기출은 매우 부족하기에 현 교육과정에 맞는 문제로 연습하려면 결국 사설 문항으로 연습해야합니다. 요즘 사설 실모의 금속 반응이 많이 어렵기에.... 금속 반응 문항이 모아져 있는 N제를 통해 먼저 훈련하시면, 실모의 어려운 금속 반응 문제들에도 도전할 준비가 되실 것입니다.

(요즘 사설 모의고사에서 금속을 어렵게 내는 것도 맞지만, 학생들이 금속에 대한 훈련이 안되어 있어서 사설 금속의 체감 난도를 더 높게 느끼고 있는 것도 있습니다.. 근데 그게 수능이 될 수도 있으니...)

그러나 문제는 이 금속을 공부할 컨텐츠가 시중에 턱없이 부족하다는 것이죠... 일단 반응성 이슈로 모든 기출 문제집에서 과거 금속 기출이 빠져있습니다. 금속 반응 기출만 따로 선별해 해설해준 컨텐츠도 없습니다. 사설 컨텐츠 중에서도 준킬러급의 금속 반응을 충분히 풀어볼 수 있는 N제가 거의 없습니다. 그렇게 금속 반응에 대한 연습을 거의 할 수 없는 상황에서 실모의 준킬러 금속 문제를 만나니, 많은 학생들이 금속 반응에 대해 두려움과 막연함만 느끼는 답답한 상황인 것 같습니다.

그래서 이 칼럼의 연장선으로 학생들이 금속 반응을 훈련할 수 있도록 {기출 선별집 + 변형 N제}를 배포하고자합니다. {기출 선별 15제 + 변형 문제 15제}와 이 칼럼을 적용한 해설지를 통해, 금속 반응이 가장 낯선 유형에서 가장 자신 있는 유형으로 되도록 제작했습니다. 부족한 칼럼 읽어주셔서 감사하고, 금속 반응 30제도 많은 관심 부탁드립니다.

© 2023 데일리만쥬