마지막으로, 최대한 많은 방법을 소개하고자 하였으나 이 책에서 소개하는 방법 말고도 화학 Ⅱ는 더 무궁무진하고, 본인에게 잘 어울리는 풀이법이 정말 많을 것입니다. 화학 Ⅱ에 투자할 시간과 여유가 된다면, 그리고 본인의 목표가 높은 곳일수록 중간에 만족하지 말고 끝없이 한계를 넘어섰으면 좋겠습니다. 1년에 단 한번뿐인 입시인 만큼, 할 수 있는 최선을 다해서 입시를 만족스럽게 마무리하시기를 간절히 기원합니다.

다음은 이 책을 검토해주신 검토진 분들의 후기입니다.

검토진 후기

강민재(서울대학교 화학교육과)

화학2를 처음 공부했을 당시 산염기 평형 문제가 가장 어려웠다. 직관적인 상상과 수식으로 계산할 때의 상황이 잘 매치가 되지 않았기 때문이다. 그런데 이 책은 계산에 들어가기 전부터 적정에서의 상황 분류를 정확하게 설명함으로써 산염기 평형 자체의 이해를 돕는다. 또한 산염기 평형에서 실수할 법한 오개념을 짚어주어서 좀 더 본질적인 이해를 할 수 있었다.
그뿐만 아니라 산염기 평형 문제의 특성상 소수점 이하의 계산을 다룰 수밖에 없는데, 계산을 간편하게 할 수 있도록 다양한 방법을 제시한 점이 놀라웠다. 5시간을 고민하여 겨우 고안해낼 풀이법을 단 5분 만에 이해할 수 있도록 구성하였다.
그 어떤 개념 교재보다 세밀하고, 가장 평가원의 기조를 잘 따라가는 듯한 느낌도 받았다. 1등급을 목표로 하거나 적어도 2등급 이상 받기를 희망한다면 이 책을 꼭 보아야 한다고 생각한다.

김동윤(서울대학교 의과대학 의예과)

2년째 Another class를 검토하면서, 제가 수험생 때 했던 다양한 생각들, 정리해 놓은 풀이법들이 그대로 녹아있음에 항상 감탄했습니다. 특히 모두가 소위 킬러라고 부르는 기체와 화학 평형 단원에서, 단순히 계산을 어떻게 해 나가야 할지만을 알려주는 것이 아닌, 어떻게 해야 조금이라도 더 명료하고 간단하게 접근할 수 있으며 근본적으로 어떻게 사고해야 할지를 정리해 주는 화학Ⅱ 책은 이 책이 유일하다고 확신합니다. 그렇기에 처음부터 끝까지 꼼꼼하게 정독하신다면 어느새 수능 화학Ⅱ에 익숙해져 있는 스스로의 모습을 발견하실 수 있을 것이라고 생각합니다.
마지막으로, 화학Ⅱ라는 어려운 선택을 하신 수험생 여러분 모두의 건투를 빕니다.

김동준(성균관대학교 의예과, 22학번)

서울대학교에 가고 싶다는 막연한 생각으로 아무런 정보 없이 화학2 과목을 선택했던 저는, 대치동 현강은커녕 지방에서 자습으로 화학2를 공부해야 한다는 절망적인 상황에 지쳐가던 4월 말쯤 어나더클래스 교재를 접하게 되었습니다. '세상에 나와선 안 될 책이 나와버렸다, 이제 화학2 만점자는 500명이 될 것이다.'라는 식의 재밌는 소문이 돌던 때였습니다. 초반부터 정말 많은 실전개념이 제시되어 진도가 생각보다 느렸지만, 느렸던 만큼 책에 제시된 생각의 과정을 그대로 따라가고자 의식하고 노력했고, 모의고사에서 2문제는 건드리지도 못했던 제가 20문제를 30분 안에 무난하게 풀어낼 수 있었던 건 두 달도 채 되지 않은 6평 때였습니다. 화학2라는 과목을 처음 배우는 제가 7개월 만에 수능 1등급을 받게 된 것도 이 교재 덕분입니다.
교재 내용 대부분이 줄글이지만, 읽기 버거운 글이 아니라 단원의 기본 개념 설명과 실전 개념의 유도 그리고 문제를 마주했을 때 거쳐야 할 생각의 과정과 실제 저자분이 생각했던 과정이 말로 전달하는 어투로 적혀 있어 마치 인강 대본을 읽는다는 느낌을 받았습니다. 기체반응, 평형, 반응속도 등 킬러 문제들뿐만 아니라 총괄성, 산염기 등 개념 위주의 준킬러 단원들에서도 접근하는 사고가 바뀌면서 세워지는 식이 달라졌고 시간 단축으로 직

접적으로 이어졌습니다. 사고과정과 풀이습관을 바꾸는 것은 정말 어렵지만, 그 길을 가장 잘 잡아주는 교재가 어나더클래스라고 생각합니다. 책을 공부하면서 힘들고 지치더라도 책의 내용을 믿고, 성공한 선배들을 믿고, 자신 스스로를 믿으면서 따라간다면 결과는 보장될 것입니다.

김성훈

화2라는 과목은 선택자 수가 굉장히 적은 과목이고 그만큼 풀 수 있는 문제나 볼 수 있는 자료들이 매우 적습니다. 그래서 공부에 도움을 줄 수 있는 자료 하나하나가 굉장히 소중하고 이 책이 도움이 많이 될 것이라 생각됩니다. 또한 화2에서 시간이 오래 걸리는 사람에게 그 시간을 줄여줄 수 있는 방법을 제시해 화2의 실력을 향상시켜줄 것이라고 생각합니다.
화학 반응식 총론에 대한 내용은 기체파트에서 문제를 풀 때 거쳐야 할 루틴이나 방법에 대한 틀을 잘 잡아주도록 도움을 주게 내용이 흘러가는 것 같습니다. 기본적인 내용을 시작으로 그래프나 내분점을 이용하는 심화적인 방법, 화학 반응 시 중요한 한계반응물을 중심으로 잘 설명해주고, 더 나아가 탄화수소라는 특수한 상황에서의 화학 반응식의 풀이법까지 설명해 기체의 화학 반응식 문제의 기본적인 풀이를 매끄럽게 설명해줍니다.

김건우(서울대학교 화학교육과)

수능에서 화학Ⅱ는 단순히 개념이 적은 계산 과목으로 생각하기 쉽지만, 점수가 낮았을 때의 이유가 단지 계산뿐만은 아닐 것입니다. 교과서에 적혀 있는 개념과 문제간의 거리가 멀어서 단순히 적용을 못 할 때도 있고, 불필요한 계산을 할 때도 있습니다. 또, 수능장에서 요구하는 사고과정이 정확하지 않아 애를 먹는 경우도 많습니다. 이 교재가 그 문제점을 해결하는 첫 걸음이 될 것입니다. 잊고 있었거나 애매한 개념들을 확실히 정리하고, 빠르고 일관적인 태도를 정립하다 보면, 이 책을 보기 전후로 화학Ⅱ를 대하는 태도가 달라져 있을 것을 확신합니다. 어려운 길을 걷는 여러분을 응원합니다!!

박이훈 (서울대학교 응용생물화학부)

안녕하세요, Another Class 검토에 참여한 박이훈입니다. 작년에 저도 어나클로 공부하며 정말 많은 도움을 받아서 서울대학교의 투과목 고집을 마지막으로 하는 도박성이 짙은 해에 꿋꿋하게 화학II를 선택해서 서울대학교를 목표하는 수험생들에게 도움을 주기 위해 이번 검토에 참여하게 되었습니다. 화학II는 개념은 정말 적지만 실전과는 정말 괴리감이 큰 과목입니다. 게다가 고인물, 썩은물이 가장 넘쳐나는 과목이자 수학 다형이라는 별명도 가졌을 정도로 만만하게 볼 과목이 아닙니다. 따라서 실전에서 바로 쓸 수 있는 실전개념이 정말 중요한데, 이 책에서는 제가 현역 때 혼자 고민하며 터득한 실전개념들을 체계적이고 논리적인 방법으로 소개하고 있습니다. 또한 정석적인 풀이, 스킬을 사용하는 풀이, 야매로 빠르게 답만 구하는 방법 등등 다각도로 문제를 푸는 법을 소개하여 여러분의 문제를 보는 시각을 넓혀 줄 겁니다. 이보다 좋은 화학II 독학서는 지금까지 없었고, 앞으로도 없을 전무후무한 완벽한 독학서입니다. 그러나 내용이 어려워서 힘들고, 포기하고 싶을 수도 있습니다. 하지만 힘든 걸 참고 노력하면 이번 겨울에 힘들지 않을 것이라고 장담할 수 있습니다. 모쪼록 이 책의 내용을 완벽하게 자기 것으로 만들어서 여러분의 노력이 수능 날 꼭 좋은 결과로 이루어질 수 있도록 기원하겠습니다.

백승주(을지대학교 의예과)

처음 화학2 기출문제를 풀 때, 교과서적 개념을 문제풀이와 연결시키는 과정이 쉽지 않습니다. 그래서 화학2 과목은 교과서적 개념을 문제풀이에 적용하는 연습, 즉 '실전 개념'을 공부하는 것이 매우 중요합니다. 그러한 점에서 실전개념서인 <Another Class>는 화학2 고득점을 받기 위해서 꼭 필요한 책이라고 생각합니다. 책에는 교과서적 개념에서 실전개념과 문제풀이 논리를 이끌어내는 과정이 모두 자세하게 나와있기 때문에 이 책을 여러번 반복해서 공부하면 기출문제를 풀 때 점점 빨라지는 속도와 사고과정을 느낄 수 있을 것입니다. 또한 우리가 흔히 착각하기 쉬운 오개념에 관한 내용도 잘 담겨 있기 때문에, 1년 내내 이 책을 옆에 두고 모르는 것이 있을 때

마다 찾아보면 화2 1등급, 만점을 받는데 큰 도움이 될 것이라 생각합니다.

송찬영

화학 Ⅱ는 과탐 8과목 중 개념의 양과 암기할 양이 가장 적은 과목입니다. 이로 인해 적고 쉬운 양의 개념들과 이들이 다양하고 복잡한 방식으로 결합되며 활용된 유형들의 문제들과의 괴리감 역시 큰 과목입니다. Another class 화학 Ⅱ는 개념과 문제풀이에서의 활용 간의 연결고리를 아주 친절하고 입체적으로 제시하는 책입니다. Another class 화학 Ⅱ는 화학 Ⅱ를 처음 공부하는 학생은 물론이고 이미 어느 정도 숙련된 학생에게도 큰 변화를 가져다 줄 수 있는 교재입니다. 화학 Ⅱ를 선택하고 Another class 화학 Ⅱ로 공부하는 수험생 분들 모두 열심히 공부해 자신의 목표를 이루기를 바랍니다.

신어진 (고려대학교 컴퓨터학과)

컨텐츠 부족에 허덕이던 화학2 선택자들의 한 줄기 빛, another class가 더욱 발전된 모습으로 돌아왔습니다. 작년에 이어 올해에도 검토를 맡게 되었는데, 두 번째는 또 감회가 새롭네요. 작년의 교재와 비교하면 구성과 내용 측면 모두 적잖은 변화가 있었습니다. 아마 여러분들의 학습에 훨씬 더 큰 도움이 될 것입니다. 개정된 another class와 함께 공부하여 좋은 성적을 성취하고, 나아가 원하는 입시에 성공할 수 있기를 기원하겠습니다.

엄준우

작년 Another Class로 1년 내내 화학2를 공부하고 올해는 책의 검토자로 참여하게 되어서 영광입니다. 이 교재는 수능 화학2 만점에 필요한 모든 실전 개념들이 수록되어 있다고 단언할 수 있습니다. 안 그래도 과탐 8과목 중 컨텐츠가 가장 적다시피 하고, 툭하면 '화2는 기출만으로 된다' vs '현강도 다니고 실모도 많이 풀어야 한다'로 싸우기나 하는 화학2 시장에서 Another Class는 모두에게 필수적이라고 인정받는 교재입니다.
화학2를 잘 모르는 사람은 '그거 계산만 많은 과목 아니냐' 라고들 합니다. 그러나 화학2 기출을 조금 풀어 본 사람들이라면 보통은 저 말에 동의하기 쉽지 않습니다. 계산하기도 전에 어떻게 계산해야 할지 풀이 설계부터 막히는 경우가 많기 때문입니다. Another Class는 이런 사람들이 궁극적으로는 '화학2는 계산만 많다' 를 인정하도록 만들어 주는 책이라고 생각합니다. 이 책을 보고 또 보면서 체화한다면 화2를 처음 하는 사람이 힘들어하는 '풀이 설계' 가 자연스럽게 가능하고 계산에서 말리지 않는 한 평가원 문제는 거의 틀리지 않는 경지에 이를 수 있습니다.
검토하면서 일부 문제에서 추가적인 풀이를 제시하고, 일부 어색한 표현을 고치는 등 작년 버전보다도 완성도를 높이기 위해 노력했습니다. 제가 작년 Another Class를 통해 혼자 기출분석 한 것보다 훨씬 더 많은 실전 개념을 얻어가고 문제풀이 실력을 끌어올렸듯이 여러분들이 올해 Another Class로 공부한다면 누구나 50점을 받아올 잠재력을 갖출 수 있다고 생각합니다. 이 교재로 공부하셨다면 화학2 만점을 위해 남은 것은 계산 연습 뿐입니다. 화학2를 수학처럼 공부한다고 생각하시고 실전 개념을 바탕으로 직관과 계산력을 수능 직전까지 끌어올린다면 사실상 투과목의 마지막 해인 2023학년도를 만점으로 장식하실 수 있을 것입니다.
여담으로 올해 만점 표점은 투과목 중 1등하기를 기원합니다..

염정윤(고려대학교 공과대학)

염호진(서울대학교 의과대학 의예과)

안녕하세요 작년에 Another class로 수능을 준비했고 이번에 검토에 참여한 염호진입니다. 화학2는 개개인의 성향을 많이 탄다는 평가를 받습니다. 저도 아무리 연습해도 줄어들지 않는 계산량과 계산 실수 때문에 제 성향이랑 맞지 않는 것 같아 '다른 과목으로 바꿔야 하나'하는 고민을 했습니다. 하지만 6월에 이 책을 접하고, 책의 사고 과정을 체화하니 풀이도 간결해지고, 문제를 풀 때 확신도 생겼습니다. Another class는 실전 개념서라는 이

름에 걸맞는 책입니다. 화학2는 문제 풀이의 기본 생각과 교과 개념 간의 차이가 큰 과목입니다. 이 책은 교과 개념을 넘어 실전 문제 풀이에 적합한 사고를 소개합니다. 일부 내용은 수능에서 요구하는 것보다 수준이 높아 보일 수 있지만 개념 및 문제 풀이 틀에 대한 깊은 이해가 기저에 있어야 실전에서 가장 효율적인 풀이를 떠올릴 수 있다는 점에서 꼭 필요한 내용이라고 생각합니다. 화학2 응시자 여러분들께서 이 책을 여러 번 읽으며 사고 과정을 체화하신다면 분명 이전보다 문제를 수월하게 풀 수 있을 것입니다.

윤하람 (원광대학교 의학과)

여러분은 수능 당일 응시자 수 3000명이 채 안되는 과목, 1등급 120명이라는 극단적으로 표본이 불안정한 화학2라는 과목을 선택했습니다. 그 적은 표본을 대상으로 사교육 시장이 제대로 형성될 리도 없고, 대형 인터넷 강의 사이트에서조차 화학2 강의는 없거나 몇 년 째 같은 내용으로 구실만 유지하고 있는 상황입니다. 이런 환경에서 화학2를 공부하시는 수험생 여러분들은 늘 학습 자료의 부족에 고민이 많으실 겁니다. 또한 30분에 20문제를 풀어야 하는 과학탐구 특성상, 특히 계산이 많은 화학2 과목에서 시간을 줄이는 것은 단순히 반복과 연습만으로 해결 되는 것이 아닙니다. 문제를 보고 본질적으로 기존과 다른 방식의 사고를 할 수 있어야 하고, 풀이를 일반화하고 공식화하여 기계적으로 접근할 수 있어야 합니다. 그런 과정을 가장 효과적으로 도와줄 수 있는 것이 이 책입니다. 검토 과정에서 한 단원 내의 연결성, 풀이의 논리적 흐름, 문장과 단어까지 세심하게 다듬었기에 책에서 소개하는 새로운 사고방식들을 이해하는데 어려움이 없으리라 생각하고 이들을 체화하는 경지에 이른다면 여러분은 분명 이전과는 확연히 다른 실력을 갖추게 될 것입니다.
PV=nRT는 알겠는데 문제에 어떻게 적용해야 할지 모르겠는 분들, 1시간 주면 다 풀 수는 있는데 도저히 30분에 20문제는 못풀겠다 하시는 분들, 화학2는 어짜피 계산이라 풀이 방법이 다 거기서 거기라고 생각하시는 분들은 이 책을 통해 화학2 만점은 어떻게 풀어야 나오는지, 그리고 앞으로 어떻게 공부해야 그런 실력까지 도달할 수 있을지 알 수 있을 것이라 확신합니다.

이제형(한양대학교 전기-생체공학부 바이오메디컬공학전공)

안녕하세요, Another class 화학Ⅱ 검토를 맡은 이제형입니다.
단 한 문제, 1점 차이로 합격이냐 불합격이냐가 좌우되는 대학수학능력시험에서 화학Ⅱ를 응시하겠다고 선택하는 수험생들이 적은 것은 어쩌면 당연한 일일지도 모르겠습니다. 고3 이전에 내신으로 다루어지는 과탐1 과목과 달리 화학Ⅱ는 대부분의 학교에서 그저 구색을 맞추는 용도로 고3 시간표에 배정이 되거나 아예 학생들이 선택하지 않는다는 이유로 수업이 진행되지 않기도 합니다. 게다가 다른 과탐Ⅱ 과목들에 비해서도 항상 컨텐츠 부족으로 몸살을 앓고 있고, Another class가 나오기 이전까지는 무엇을 어떻게 공부해야 하는지를 알려주는 제대로 된 지침서조차 없었다고 봐도 무방한 과목입니다. 저 역시 화학Ⅱ를 공부하며 이러한 이유로 때때로 보이지 않는 벽에 부딪히는 것과 같은 순간들이 있었습니다. 개념을 학습한 뒤 다양한 문제풀이를 통해 확인하는 과정이 병행되어야 함에도 불구하고 기출문제와 EBS 수능특강, 수능완성이라는 빈약한 자료만으로 30분이라는 한정된 시간 내에 20문제를 실수없이 풀어낼 실력을 기르는 것은 현실적으로 쉽지 않습니다. 대부분의 기출문제집의 해설은 충분하지도 친절하지도 않아 봐도 무슨 말인지도 모르고, 기출은 여러 번 보게 되면 자연스레 답이 외워지게 되면서 제대로 된 공부를 하지 않았는데도 마치 내가 공부를 한 것처럼 느껴지는 까닭에 수능현장에서는 당황할 수밖에 없습니다. Another class는 개념부터 문제풀이를 위해 어떤 내용을 공부해야 하며 문제를 풀 때 어떤 개념을 어떻게 적용해야 하는가를 잘 알려주는 책입니다. 특히, 화학Ⅱ를 처음 공부하는 학생들에게 시험장에서 적용하기 어려운 풀이법을 알려주거나 교육과정에서 빠진 내용을 알아두라며 개념을 불필요하게 많이 알려주는 인터넷 강의나 학원 강의와 달리 Another class는 오로지 수험생들을 위해서 만들어진 지침서이자 길잡이가 되어주는 책입니다. Another class에서 제시하는 공부법을 본인의 것으로 잘 체화한다면 수능에서 좋은 점수를 받는 지름길이 될 것입니다. 여러분의 선택을 응원하며 좋은 결과를 기원합니다.

제승모(서울대학교 화학생물공학부)

탁형철(서울대학교 화학생명공학부)

제가 검토한 부분은 용액 농도의 활용과 엔탈피 계산이었습니다. 먼저, 여러 가지 용액농도의 전환과 비교 부분에서 핵심이 되는 분모쪼개기를 많이 활용하는게 정공법과 다른 접근이 좋았습니다. 용매 ; 용질을 기반으로 모든 농도를 아우르는 정리가 시간 단축에 많은 도움을 줄거라 생각합니다. 엔탈피 계산에서도 문제에서 물어보는 반응식을 빠르고 직관적이게 구하는 방법을 잘 설명한 것 같습니다.

하경원(연세대학교 의예과)

시중의 기출문제집은 정확히 필요한 부분에 대해 해설하는 것이 아니라, 실질적으로 필요 없는 계산을 동반하며 길게 돌아가는 풀이를 제시할 때가 많습니다. 화학2 현강을 다니지 못하는, 화2 고득점을 노리는 학생이라면 꼭 한 번 이상씩은 전체 내용과 해설을 주의 깊게 정독하며 보기를 바랍니다. 이 책은 각 챕터별로 시작할 때 한 주제에 대하여 문제 풀이에서 접근할 방향을 제시한 후, 이후 내용을 기술함에 있어 철저히 그 틀을 지키고 있어 문제풀이 기술을 체화하는 데 많은 도움이 될 것입니다. 또한 해설 파트에서도 그 가이드라인을 정확히 지켜가며 풀이하는 것이 어나클이라는 책의 큰 장점입니다.
단순히 단원별 기출 나열을 하는 책이 아닌, 의도를 가지고 기출문제를 뽑아내 유의미한 방향으로 제시해 나가는 책으로, 절대로 후회를 남기지 않을 것이라 생각합니다.

한준우 (서울대학교 의과대학 의예과)

수능 체제가 20년 넘게 유지되면서 대부분의 수능 교과목이 “컨텐츠의 홍수”에 빠져 있다고 해도 과언이 아닙니다. 하지만 화학Ⅱ 과목은 언제나 그랬듯이 “충분하지 않은 컨텐츠, 전무하다 싶은 실전개념서”라는 키워드로 인식되어 왔습니다.
화학Ⅱ 과목의 특성상 개념을 다지고 기출을 혼자서 회독해나가는 과정 속에서 시간 제한만 없다면 여차저차 20문항을 모두 해결해낼 수 있는 위치에 오신 분들은 꽤 있으시리라 생각합니다. 시간의 압박이 가장 큰 걸림돌로 작용하는 이 과목에서, 어나더 클래스는 이런 고민을 덜어줄 유일무이한 교재입니다.
어나더 클래스는 화학Ⅱ 과목에서 여러분의 풀이 과정을 단축할 수 있는 모든 아이디어를 담고 있습니다. 동시에, 시중 개념서에서는 모호하게 다루어 오개념이 생길 여지가 있는 요소들 역시 여러 도식을 활용하여 이해를 돕습니다. 기본적으로 모두 여러분의 고득점을 위한 유의미한 요소들과 지름길이지만, 여러분의 점수 목표나 이해 수준 등에 근거하여 여러분 스스로 아이디어들을 취사선택하여 현명한 시험 운영을 계획하시길 바랍니다.
서울대의 2024학년도 입학 전형 예고 이후, 올해가 화학Ⅱ 과목이 정상적인 응시자 풀을 가진 마지막 해가 될 수 있다는 예측이 많이 나오고 있습니다. 이러한 위험 부담 속에서도 화학Ⅱ 과목을 응시하기로 결정하신 모든 분들에게 이 책이 훌륭한 도구로 활용되기를 바랍니다. 아울러 2023학년도 대학 입시에서 원하는 결과를 얻어가시기를 기원하겠습니다.

한현진(포스텍)

Chapter 0. 화학 Ⅱ의 기본 풀이법

이 챕터는 본격적으로 각 유형들을 공부하기 이전에, 화학 Ⅱ에서 기본적으로 쓰이는 계산법과 발상에 대해 다루겠습니다. 이 챕터의 내용은 이 책 전반에 걸쳐서 풀이법의 기본이 되고, 특히 이 뒤에 바로 배울 이상 기체 방정식에서 가장 많이 쓰이게 될 것이므로 잘 익혀두시길 바랍니다.

처음에는 발상이 어렵고 헷갈릴 수 있습니다. 실제 기출보다는 간단한 예제로 예시를 들어 다소 지루하기도 할 것입니다. 이 책을 보는 학생들 대부분이 처음에는 그럴 것이라고 생각합니다. 하지만 익숙해지면 시간을 단축하고 간단히 풀 수 있는 풀이가 하나 더 생기는 것이니 꼼꼼히 보면서 사고과정을 비교해보길 바랍니다.

이 챕터는 크게 4가지의 소챕터로 구성되어 있습니다.

1) 변화량 풀이법
2) 비례배분, 내분점
3) 비율과 비례식의 계산
4) 체계적인 상댓값의 설정

1 변화량 풀이법

화학 Ⅱ에서는 상황 I, II의 물리량을 비교하는 경우가 정말 많습니다. V_1, V_2를 비교하고, P_1, P_2를 비교하고, 화학 평형에서 $\frac{K_{\mathrm{II}}}{K_{\mathrm{I}}}$를 비교하는 등 V_1, V_2의 절대적인 값[1]이 무엇인지보다는 ‘그래서 $V_1 : V_2$가 몇인데? $\frac{V_2}{V_1}$가 몇인데?’ 라고 상댓값을 물어보는 문항이 정말 많습니다. 그러나 시중의 기출문제집들, 교육청 해설들에서는 절댓값을 구할 필요가 없음에도 불구하고 절댓값을 구한 경우가 정말 많은 것을 볼 수 있습니다. 이렇게 절댓값을 구하는 게 당연히 잘못된 풀이는 아닙니다. 시간이 많다면 확실하게 그렇게 풀고, 해설도 그렇게 적으면 이견의 여지없이 정확한 해설이 됩니다. 그러나 상대적인 비교만 할 수 있으면 되는데 절댓값이라는 불필요한 정보도 구하였기 때문에 ‘수능 시험’에 맞는 최적의 풀이라고는 할 수 없습니다. 따라서 지금부터는 절댓값을 구하지 않고 상댓값만을 빠르게 구해서 비교하는 변화량 풀이법을 배워 보겠습니다.

변화량 풀이는 상황 I, II가 주어졌을 때 I과 II의 차이(변화량)만을 가지고 I, II를 비교합니다. 가령, 이상 기체 방정식 문제에서 상황 I과 상황 II의 부피를 비교할 때 상황 I의 정확한 부피를 단위 L까지 맞춰가며 풀 수도 있겠지만, 변화량 풀이에서는 정확히 V를 구해야 하는 상황이 아니라면 정확한 값을 구할 필요도, 단위를 부피에 맞춰줄 필요도 없습니다. 변화량 풀이에서는 V에 영향을 주는 P, n, T에 집중하고 이 물리량들의 변화로 V의 변화를 계산합니다. 몰수 n에 대한 다음의 예시 문항을 보겠습니다.

[1] 이 책의 대부분에서 상댓값의 반대로 절댓값 혹은 정확한 값이라는 표현을 사용하겠습니다. 여기서 절댓값의 의미는 압력 1기압, 부피 22.4L와 같은 실제 물리량의 정확한 값을 의미합니다.

1 이상 기체 방정식의 이해

이상 기체 방정식 $PV=nRT$에 대해서 모르거나, 이를 활용하지 못 하는 사람은 거의 없을 것입니다. 식 자체는 정말 유명한 식이므로 화학을 잘 모르는 사람들도 이상 기체 방정식을 알기만 한다면 대입하고 계산하는 정도는 다 할 수 있습니다. 하지만 우리는 수능 화학 II 응시자이므로 단순 대입해서 계산하는 정도를 넘어 구구단처럼 자유자재로 활용하는 정도까지 올라서야 합니다. 가령 2개의 변수만 변화하는 상황에서 $PV=nRT$라는 4개의 변수를 다 생각하기보다는, 두 변수만의 관계를 이해하고 바로 푸는 것이 더 빠르고 적은 작업량으로 풀 수 있을 것입니다.

처음 화학을 공부할 때 보일의 법칙, 샤를의 법칙, 아보가드로의 법칙을 배우지만 이상 기체 방정식이 이 모든 것을 통합하는 식이기 때문에 세세한 보일의 법칙, 샤를의 법칙, 아보가드로 법칙에 대해서는 소홀해질 수 있습니다. 물론 $PV=nRT$로 표현되는 수식적인 계산을 쉽게 하는 것도 중요하지만, 개념적으로 보일의 법칙, 샤를의 법칙, 아보가드로의 법칙을 이용해서 두 가지 변수에 대한 생각도 지연되지 않고 바로 답할 수 있어야 합니다. 다음 간단한 질문들에 답하면서 점검해 봅시다. 전부 복잡한 계산이 아니므로 가능하면 수식적으로 생각하기보다는 개념적으로 생각해 봅시다. 단, 온도는 전부 절대 온도입니다.

Q1. 일정한 온도에서 부피가 두 배로 증가했다면, 압력은 원래의 몇 배인가? (　) 배
Q2. 일정한 압력에서 부피가 절반으로 감소했다면, 온도는 원래의 몇 배인가? (　) 배
Q3. 일정한 부피에서 온도가 두 배로 증가했다면, 압력은 원래의 몇 배인가? (　) 배
Q4. 부피, 온도가 같을 때 한 기체의 몰수가 다른 기체의 두 배라면, 압력은 몇 배인가? (　) 배
Q5. 압력, 부피가 같을 때 한 기체의 몰수가 다른 기체의 두 배라면, 온도는 몇 배인가? (　) 배

$\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$, 2, 2, $\frac{1}{2}$

1번부터 5번까지의 질문에 답할 때 얼마나 자연스러운 사고 과정으로 빠르게 답했는지 생각해 봅시다. 1, 2번은 전형적인 보일의 법칙, 샤를의 법칙을 묻는 것이어서 익숙하게 대답할 수 있었을 것이고, 3번의 경우에도 기출문제를 많이 풀어보았다면 쉽게 대답할 수 있었을 것이며, 4, 5번의 경우는 답하는데 다소 시간이 걸렸을 수도 있었을 것입니다.

1, 2번 질문에서 보일, 샤를의 법칙은 자주 접하기 때문에 생각이 어렵지는 않습니다. 주의할 것은 이 질문들처럼 그 역의 경우로 제시되었을 때에도 빠르게 답할 수 있어야 한다는 것입니다. 보일의 법칙에서 압력이 증가한 경우가 아니라 부피가 증가했을 때, 샤를의 법칙에서 온도가 증가했을 때가 아니라 부피가 증가했을 때에 대해서도 바로 보일, 샤를의 법칙과 동일함을 생각하면서 답할 수 있어야 합니다. 처음 연습할 때에는 답할 수 있다 정도겠지만, 시험을 보는 입장에서는 이보다 익숙하고 자연스럽게 답하는 경지까지 올라서야 합니다. '압력이 증가하면 보일의 법칙에 따라 부피가 감소한다.'가 아니라 '압력이 증가하면 당연히 부피가 감소한다.' 와 같은 사고가 될 때까지 연습해야 합니다. 풍선을 꾹 눌렀을 때 부피가 감소하는 것과 같이 실생활의 예시를 들면서 이해해도 되고, 피스톤 문제를 떠올리면서 생각을 이끌어내도 좋습니다. 어떤 사고 과정이 되더라도 이 대답이 구구단처럼 익숙해져야한다는 게 핵심입니다.

구구단 9×7을 할 때 9를 7번 더해서 계산하는 게 아니라 그냥 $9\times7=63$이라서 63이라고 대답하는 것처럼 자연스러워야 합니다.

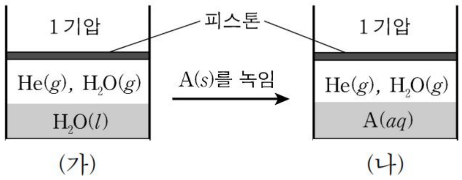
이제 일반적인 보일, 샤를 외의 다른 경우도 보겠습니다. 3번 질문에서 온도가 증가하면 부피가 증가하거나 압력이 증가한다는 걸 자연스럽게 받아들여야 합니다. 가령 온도가 증가해서 점점 부풀어 오르는 상황이나, 일정 부피의 용기에서 가열되어서 압력이 증가하는 상황을 생각해도 좋습니다.

추가로 샤를의 법칙의 경우에는 온도가 절대 온도임을 숙지합시다.

지금까지 P, V, T 사이의 관계에 대해 익숙해졌다면 이제 4, 5번 질문에서 몰수와의 관계에도 익숙해져야 합니다. P, V, T는 용기 외부에서 변화를 줄 수 있는 물리량들이지만, 몰수는 아예 다른 기체로

[2019.06.19.]

19. 그림 (가)는 t ℃, 1기압에서 $H_2O(l)$이 들어 있는 실린더에 $He(g)$을 넣어 평형에 도달한 상태를, (나)는 (가)에 $A(s)$를 녹인 후 평형에 도달한 상태를 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 혼합 기체의 부피비는 (가) : (나) = 81 : 80 이고, t ℃에서 $H_2O(l)$의 증기 압력은 0.2기압이다.



(나)의 수용액에서 A의 몰분율은? (단, 온도와 외부 압력은 일정하고, He(g)의 용해, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다. 용질 A는 비전해질, 비휘발성이며, 용액은 라울 법칙을 따른다.) [1)]

① $\frac{1}{10}$ ② $\frac{1}{20}$ ③ $\frac{1}{30}$ ④ $\frac{1}{40}$ ⑤ $\frac{1}{80}$

이런 온도가 일정한 상평형 문제에서 가장 핵심은 부피가 변하든, 외부 압력이 변하든 상평형을 이루는 H_2O는 항상 증기 압력에 도달하여 증기 압력을 유지하게 됩니다. 이 사실과 부분 압력 법칙의 개념을 이용해서 문제를 풀어야 합니다. 여기서는 용매의 몰분율에 따라 증기 압력이 달라지는 ①의 경우입니다.

처음 이런 문제를 풀 때에 He과 $H_2O(g)$가 실린더 안에 같이 존재한다는 사실 때문에 둘을 같이 생각해서 문제를 풀려고 하는 경우도 있습니다. 예를 들자면 $H_2O(g)$, He의 전체 부피가 81→80으로 변했기 때문에. $H_2O(g)$, He의 몰수 합이 81→80으로 변한 점을 이용해서 풀 수도 있습니다. 이것이 부분 압력 법칙을 쓰지 않고, 기체 전체로 부피를 생각했을 때의 풀이입니다.

하지만 부분 압력 법칙의 본질은 혼합 기체를 개별 기체로 따로 생각할 수 있다는 것이기에, 먼저 실린더에 He만 존재하는 것처럼 He만 생각해 보겠습니다. $H_2O(g)$는 부피 변화에 따라 전체 몰수가 변하지만 He의 몰수는 일정하기 때문입니다. He만을 보았을 때 전체 부피가 81→80이 되었기 때문에 압력은 80→81이 되어야 합니다. 여기서는 (가)에서 증기 압력이 0.2기압 이었으므로 He의 압력은 0.8→0.81기압이 됩니다. 즉 실린더 안에 He만 존재하는 것처럼 생각해서, 부피 변화에 따른 He의 부분 압력 변화만을 고려하는 것입니다. 이렇게 한 기체를 독립적으로 생각해도 되는 것이 부분 압력 법칙입니다.

하지만 외부 압력은 1기압인데, He만의 압력은 0.81기압에 불과하니 평형이 유지되지 못할 것입니다. 이 모자란 압력은 나머지 기체의 압력인 증기 압력에 해당하고, 그 압력은 0.19기압이어야 합니다. 따라서 (가)→(나)일 때 증기 압력은 0.2→0.19기압이 되고, (나)에서 A의 몰분율은 $\frac{1}{20}$입니다.

문제 풀이는 이 정도로 하면 좋은데, 이를 상평형과 연관 지어서 상황을 개념적으로 이해해 봅시다. 자세한 내용은 Chapter 13. 상평형에서 다루게 될 것입니다.

상평형에서는 증기 압력이 외부 압력과 동일할 때를 끓는점이라고 표현하고, 외부 압력보다 증기 압력이 작다면 끓는점보다 낮고 액체 상태로만 존재한다고 배웠을 것입니다. 그런데 이 문제의 상황은 증기 압력이 외부 압력보다 작은 상황인데도, 액체와 기체 H_2O가 모두 존재하는 상황입니다. 이를 어떻게 이해하면 좋을까요?

1) 답 2번

이 정도로 일반적인 반응식을 살펴본 뒤, 이번에는 **반응식에서 특수한 경우**를 간단히 소개해 보겠습니다. 이런 특수한 경우는 종종 문제 풀이의 핵심이 되거나 계산을 비약적으로 줄여줄 수 있기 때문에 알아두면 좋습니다. 이와 같은 특수한 경우는 평형이나 반응 속도에서도 다룰 것입니다.

☑ 반응물의 계수 합과 생성물의 계수 합이 동일한 경우

이 경우 반응이 아무리 일어나도 전체 기체의 몰수는 동일합니다. 기체나 평형에서의 기체의 부피 등 문제 풀이에 굉장히 중요한 조건입니다. '반응 정도에 상관없이' 항상 전체 몰수가 일정하다는 것이 그 핵심입니다. 전체 몰수에 한해서 반응 정도를 몰라도 된다, 이 말은 모두 C로 몰아서 하나의 기체로 생각해도, 마음 편한대로 A, B, C의 값을 정해도 무방하다는 뜻입니다.[1)]

따라서 반응식의 계수 합이 같은 것은 그 자체로 또 하나의 조건입니다. 실전에서 조건이 하나 없는 것 같은데 반응물과 생성물의 계수 합이 같다면, 아니면 반대로 반응이 일어나도 몰수/부피가 일정하다면 여기서 이끌어낼 수 있는 정보가 있는지 생각해봐야 합니다. 이 경우를 종합해서 [2021.11.16.]에서 자세히 다룰 것입니다.

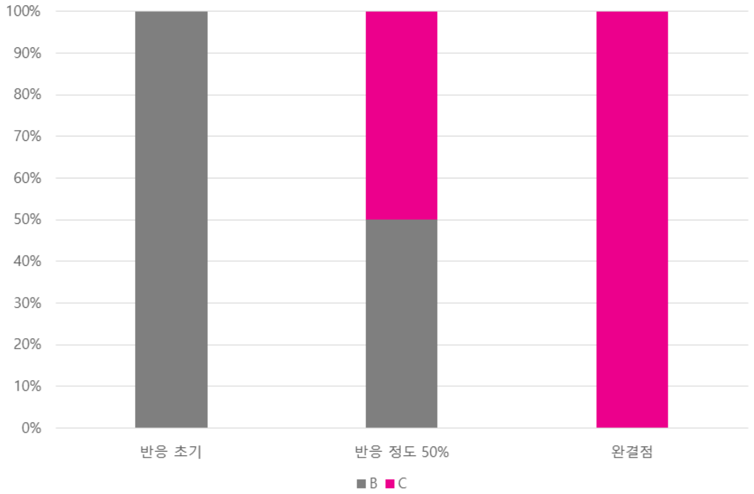
1) 물론 개별 기체의 값을 물어본다면 반응 정도를 알 수 있는 상황이니 그에 맞게 답해야 할 것입니다.

☑ $a=c$이거나, $b=c$로 각 기체의 계수가 같은 경우

앞서 전체 기체의 계수를 가상의 물질의 계수로 이해할 수 있다고 한 점에서, 결국 첫 번째 상황을 일반적으로 적용한 것이기도 합니다. 이 경우 A와 C의 몰수 합이, 혹은 B와 C의 몰수 합이 항상 동일하게 됩니다.[2)]

2) 첫 번째 경우에서는 (A+B)와 C의 합이 일정했던 것입니다.

예를 들어 반응식 $A(g)+2B(g) \rightarrow 2C(g)$에서 반응 전 A가 0.5몰, B가 2몰인 경우를 떠올려 봅시다. 이 때 반응이 얼마나 일어나든 B와 C의 몰수 합은 2몰로 동일하므로, 반응이 진행되면 진행될수록 B의 몰수는 그대로 C로 전환되는 반응이라고 생각할 수 있습니다. 즉 이런 경우 초기 A 0.5몰이 점점 감소함에 따라, <u>B와 C의 합은 유지되며 B가 C로 점점 전환된다는 발상을 할 수 있습니다.</u>



이 역시 B와 C의 몰수 합이 일정하다든지, 강철 용기에서 P_B+P_C가 일정하다 등의 조건을 보고 계수를 추론하거나 몰수를 추론할 수 있으므로 문제 풀이에 중요한 조건입니다.

실전 개념

반응식 계수의 계산

전체 기체의 계수를 생각할 수 있다.
기준 물질의 계수를 1로 하고 나머지 물질을 계산할 수 있다.

반응물의 계수 합과 생성물의 계수 합이 같다면 항상 전체 몰수가 동일하다.
각 기체 간의 계수가 같은 경우 두 기체의 몰수 합이 동일하다.

실전 개념

세 인력의 유무 판단 후 분류

① 수소 결합의 판단
1) N, O, F 이 셋 중 하나와 H가 포함되어 있는가?
2) 이 N, O, F와 H가 단일 결합을 이루는가?

② 쌍극자·쌍극자 힘의 판단
- 입체 구조를 고려한 대칭/비대칭 판단
- 주기율표에서 오른쪽 위일수록 쌍극자·쌍극자 힘은 커짐
- 탄화수소는 항상 무극성, 이를 다른 원소로 치환한 순간 극성

③ 분산력 - 모든 분자에 존재
1) 분자량에 비례
2) 분자량이 같다면, 표면적에 비례(구형이 제일 작다.)

④ 최종 인력의 비교

여기까지는 수소 결합, 쌍극자·쌍극자 힘, 분산력에 대한 가장 기초적인 개념이었고, 실전에서는 이 세 가지를 모두 합한 최종 인력을 비교하는 문제가 출제됩니다. 그런데 인력은 상댓값으로 표현하기 힘드므로 끓는점이나 증기 압력을 사용하여 인력을 나타냅니다.[1] 인력이 큰 물질은 끓는점이 높고, 증기 압력이 작습니다. 즉 끓는점 = 인력의 다른 말이라고 생각하면 되고, 가끔 증기 압력이 나온다면 인력의 반대 개념으로 생각해주시면 되겠습니다. 녹는점은 실제 분자의 인력을 정확히 반영할 수 없으므로 녹는점은 나오지 않습니다.

최종 인력을 비교할 때 다음의 순서에 따라 판단하면 됩니다.

실전 개념

최종 인력의 비교 순서

(1) 수소 결합이 있으면 일반적으로 대부분 셈
(2) 일단 분산력이 센 애가 셈(가끔 분산력으로 수소 결합을 이기기도 함)
(3) 분산력이 비슷하면 극성을 비교(분산력이 비슷할 때만 극성으로 이길 수 있음)
(4) 무극성에 분자량이 같다면 표면적(자주 출제되지 않음)

이론적으로는 이러한데, 최종 인력을 비교하는 주된 상황들이 있습니다. 쌍극자·쌍극자 힘과 분산력을 비교할 수 있으면서도 심지어 수소 결합까지 포함되어 있는 바로 2~4주기, 14~17족의 수소가 포함된 화합물입니다.

먼저 14~18족을 알아봅시다. 극성이면서 수소 결합이 가능한 15~17족과, 수소 결합이 불가능하고 항상 무극성 분자인 14족과 18족으로 나눠서 생각할 수 있습니다.

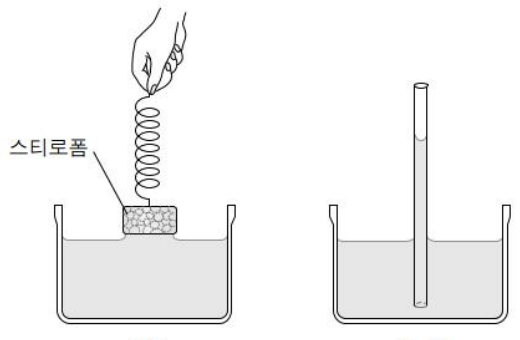
항상 무극성 분자인 14족과 18족은 분산력만 고려하면 되어 비교적 간단합니다. 주기가 넘어갈수록 분자량이 커지니 주기가 증가하면 인력도 비례해서 커지게 됩니다.

다소 복잡한 경우는 15~17족입니다. 여기서 15~17족 2주기의 가장 큰 특징은 수소 결합이 있어서

[1] Chapter 2. 부분 압력과 증기 압력에서 나온 내용입니다.

[2007.11.03.] *폴리에틸렌관은 부착력이 낮은 경우에 해당합니다.

3. 그림 (가)는 용수철에 매달린 스티로폼이 물의 표면으로부터 분리되는 순간의 모습을, 그림 (나)는 가는 유리관이 물에 담긴 모습을 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 모두 고른 것은? **[3점]**

〈보 기〉

ㄱ. (가)에서 비눗물로 실험하면 용수철이 더 늘어난다.
ㄴ. (가)에서 질량이 같고 접촉면이 넓은 스티로폼으로 실험하면 용수철이 더 늘어난다.
ㄷ. (나)에서 안지름이 같은 폴리에틸렌관으로 실험하면 물기둥의 높이는 더 높아진다. [1]

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

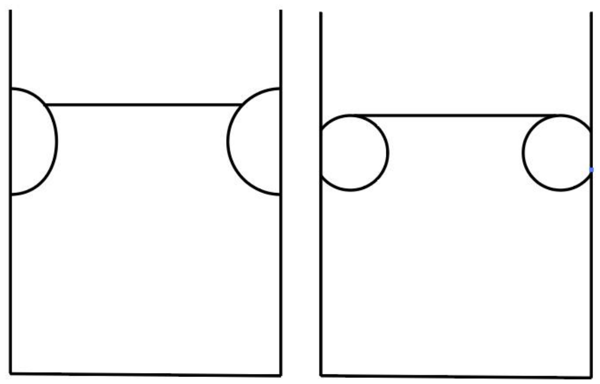
다소 옛날 문제지만 모세관 현상을 정확히 이해하기 위한 문항으로 좋습니다.

ㄱ. 비눗물에서 표면 장력이 더 작기 때문에, 스티로폼을 당기는 힘이 작아지고, 전체 무게가 감소하는 효과가 생기기 때문에 용수철은 더 짧아집니다. (X)

ㄴ. 표면 장력이 더 많이 작용하기 때문에 용수철이 더 늘어납니다. (O)

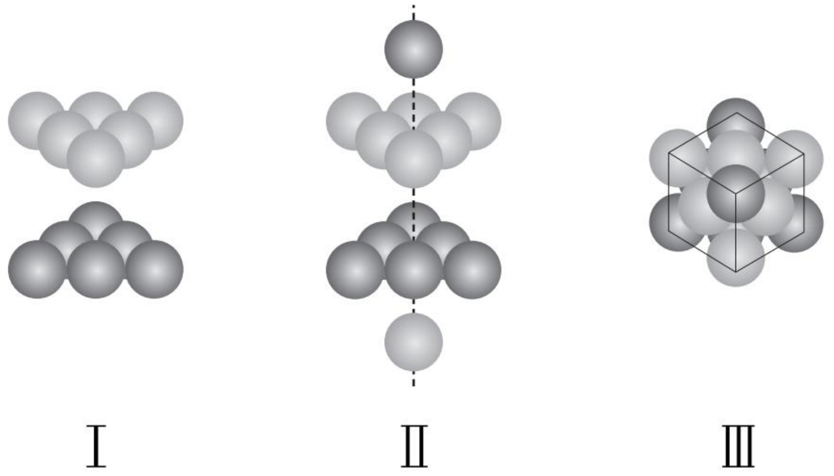
ㄷ. 부착력이 작아지면 상대적으로 응집력이 커지게 되므로, 물의 높이는 감소합니다. (X) 여기서 안지름은 같은 경우로 제시하였는데, 만약 안지름이 커지면 상대적으로 부착력이 작아지는 효과가 생겨서 마찬가지로 물의 높이가 감소하게 됩니다.

모세관 현상의 원리를 설명하면 다음 그림과 같습니다.



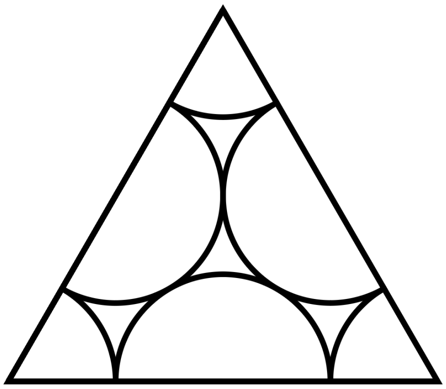
이렇게 표면과 액체 방울의 각도에 따라 모세관 현상이 일어난다고 생각하면 됩니다. 왼쪽이 물, 오른쪽이 수은에 해당합니다.

[1] 답은 2번입니다.

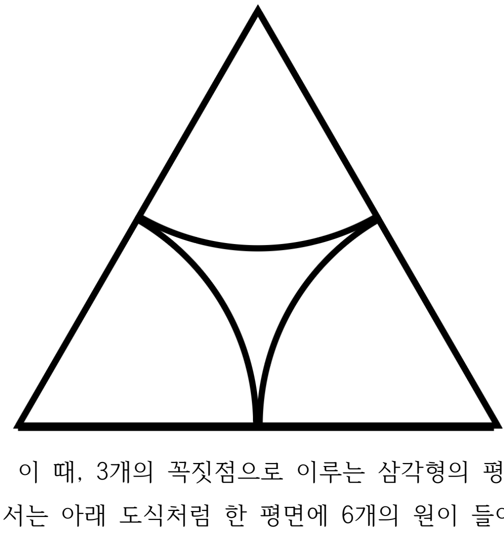


I, II와 같이 쌓아서 이를 회전하면 III처럼 면심 입방 구조가 나오게 됩니다. II의 점선이 곧 대각선인 축이 되는 것입니다. 우리가 볼 것은 I과 같이 삼각형으로 이루어진 평면을 볼 것입니다.

이 그림에서 면심 입방을 생각하면 다음과 같습니다.

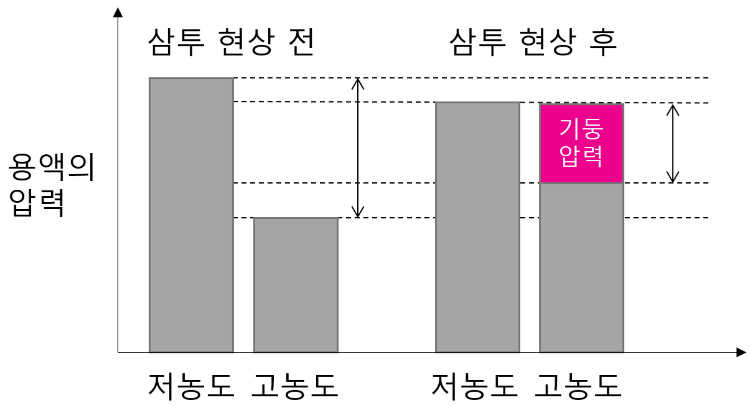


단순 입방은 면심과는 다르게 삼각형의 중점에 원이 없으므로, 꼭짓점에만 원이 들어가게 됩니다.

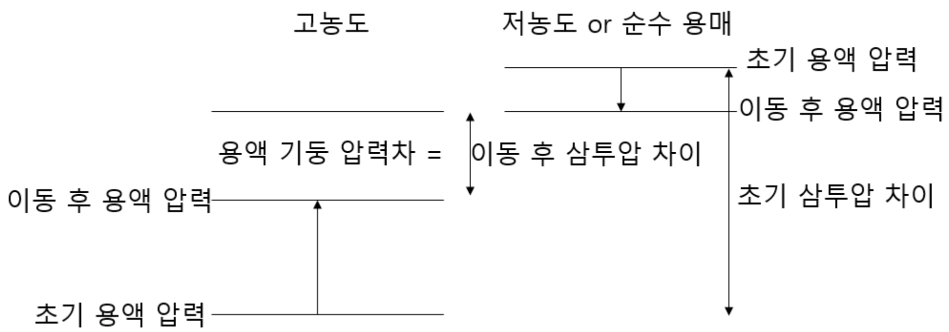


이 때, 3개의 꼭짓점으로 이루는 삼각형의 평면은 정육면체 면의 중심도 지날 테니, 면심 입방 구조에서는 아래 도식처럼 한 평면에 6개의 원이 들어가게 되겠습니다.

체심의 경우 다소 복잡하게 느껴질 수 있지만, 역시 맞물리는 점에 집중해서 생각해 봅시다. 체심의 중심 입자는 모든 꼭짓점 입자와 맞물려 있으므로, 정확히 단순 입방의 삼각형 평면의 무게중심에서, 중심입자와 다른 꼭짓점의 입자가 만나는 구조가 되겠습니다. 따라서 I의 삼각형을 이루는 원자들의 중점을 지나도록 자르면, 단순과 똑같되 무게중심은 하나의 점으로만 보이는 구조가 될 것입니다.



삼투 현상 전과 후를 비교해서 나타낸 것입니다. 양방향 화살표가 곧 삼투 현상 전과 후의 삼투압 차이를 나타냅니다.



간소화된 도식으로 두 용액을 기준으로 생각하면 이렇게 됩니다.

용액 압력이라는 표현을 썼지만 앞서 설명하였듯 이는 실제로 용액 압력이라기보다는, 삼투압 차이와 그 위치를 나타내기 위한 표현이라고 생각하시면 되겠습니다.

①에 해당하는 변화로, 삼투 현상이 일어나면서 저농도 용액은 점차 고농도로[1], 고농도 용액은 점차 저농도로 변하면서 용액 압력이 변하고, 초기 두 용액의 삼투압 차이보다 이동 후 두 용액의 삼투압 차이가 작은 값을 가지게 됩니다.

1) 물론 순수 용매이면 그대로입니다.

② U자관의 삼투 현상에서는 용매 이동 후 두 용액의 삼투압 차이가 0일 때 평형 상태에 도달하는 것이 아닙니다. 용매가 이동하면서 생긴 용액 기둥의 압력이 두 용액의 삼투압 차이에 의한 용매의 이동과 반대 방향으로 작용하게 됩니다. 따라서 용액 기둥에 의한 압력과 이동 후 두 용액의 삼투압 차이가 같아지는, 평형을 이루는 시점에서 삼투 현상이 멈추고 평형에 도달하게 됩니다.

과정은 이러한데, 결론을 세 줄로 요약해 볼 수 있습니다.

실전 개념

<u>삼투압과 삼투 현상</u>

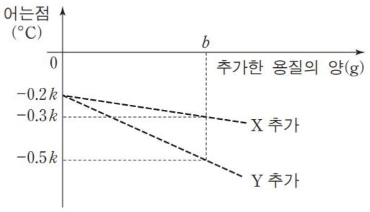
1. 삼투 현상이 일어나지 않게 막은 상황(삼투압)과 삼투 현상이 일어난 후는 다르다.
2. 삼투 현상이 일어나면 두 용액의 농도가 점차 비슷해지고, 초기 삼투압 차이보다 작아진다.
3. 용액 기둥의 압력은 초기 삼투압 차이가 아닌 <u>이동 후 삼투압 차이</u>이다.

든요. 1kg은 1000g이니까, 용매 1000몰에 용질 150몰이 됩니다. 이에 용매 180g이 주어지지 않았어도 답이 똑같이 나옵니다. 따라서 180이라는 숫자는 용매의 질량이 180이라서가 아니라, 용매의 분자량이 18이니까, 그에 맞게 계산하기 편하도록 능동적으로 맞춰야 하고, 이 과정은 문제에서 주어지기 때문이 아니라 스스로 판단해서 설정해야 한다는 것입니다.

당장 물 180g인 상황에서는 겉으로 보기에 두 풀이가 큰 차이가 없어 보입니다. 하지만 만약 용매가 200g이었다면, 수동적으로 용매 200g에 맞추려던 생각과, 능동적으로 용매 : 용질을 설정하려던 풀이가 얼마나 근본적으로 큰 차이가 있는지 알게 될 것입니다.

[2017.06.16.]

16. 그림은 1기압에서 물 1kg에 ㉠X와 Y의 혼합물 ag을 녹여 만든 수용액 A에 X 또는 Y를 추가할 때, 추가한 용질의 양에 따른 용액의 어는점을 나타낸 것이다. 물의 몰랄 내림 상수(K_f)는 k℃/m이다.



㉠에 들어 있는 $\dfrac{\text{X의 질량}}{\text{Y의 질량}}$은? (단, X와 Y는 비휘발성, 비전해질이고 서로 반응하지 않는다.) [3점]

① $\dfrac{b-3a}{2b-2a}$ ② $\dfrac{3a-2b}{2b-a}$ ③ $\dfrac{2b-a}{3a-2b}$ [1]

④ $\dfrac{3a-b}{2b-3a}$ ⑤ $\dfrac{3a-2b}{b-3a}$

동일하게 ②, ④ 용질의 종류와 질량이 변하는 상황입니다. 거의 대부분의 값이 문자로 제시되어서, 이제 정의에 입각하여 문제를 풀어야 하는 상황이 오게 되었습니다. 먼저 정석적인 방법으로 무엇을 가지고 식을 써야 하는지부터 생각해 봅시다. 구해야 하는 것은 초기 X와 Y의 질량이고, 이에 대해서 X, Y의 질량 합과 ag와 그 때의 어는 점 내림 $0.2k$, X, Y를 bg 추가했을 때 어는점 내림을 제시했습니다. 주어진 조건이 두 개이고[2] 미지수가 두 개이니[3] 연립방정식으로 푼다는 생각을 할 수 있습니다. 문제에서 주어진 X, Y의 질량을 미지수로 X, Y로 잡아봅시다.

X와 Y의 질량합은 ag입니다. 여기서 $X+Y=a$입니다. 그리고 용질 bg을 추가했을 때 X는 $0.1k$, Y는 $0.3k$가 내려갔고, X, Y에 의해서 내려간 어는점은 $0.2k$여야 합니다. 전자의 식 $X+Y=a$를 세우는 것은 쉽지만, 후자의 식을 세우는 것이 어렵다면 $X=b\,\text{or}\,Y=b$일 때 말이 되도록 식을 세워봅시다. $0.1k\times\dfrac{X}{b}+0.3k\times\dfrac{Y}{b}=0.2k$[4]와 같이 세우면, 즉 $X=b$일 때를 제시했으므로 $\dfrac{X}{b}$와 같이 분수의 값이 1이 되도록 기준을 잡으면 식을 세우기 편해집니다. 이 두 식을 정리하면 다음과 같습니다.

$X+Y=a$

$X+3Y=2b$

여기서 연립방정식을 풀면 $X=\dfrac{3a-2b}{2}, Y=\dfrac{2b-a}{2}$가 되어 답은 2번임을 구할 수 있습니다. 활용도가 높기 때문에 이렇게 연립방정식으로 수학적으로 풀라고 요구하는 경우에도 이처럼 풀 수 있어야 합니다. 개념으로 풀라는 말에 집중해서 풀어내는 것도 중요하지만, 실제 시험에서 그것이 안 될 때에는 언제든지 다른 풀이를 쓸 준비가 되어 있어야합니다.

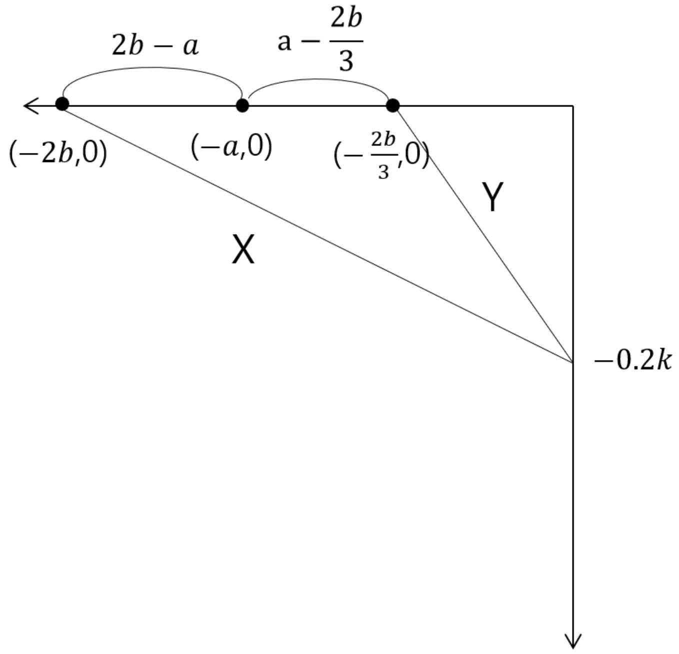
그렇다면 여기서 다른 풀이도 알아보겠습니다. 이는 앞에서 소개하고 넘어간 그래프를 연장시키는 풀이입니다. X, Y 그래프를 $x<0$까지 확장시켜 생각해 봅시다. 이러면 다음 그림과 같이 그래프가 그려질 것입니다.

[1] 답 2번

[2] 식을 두 줄 쓴다는 의미

[3] 변수를 두 개 쓴다는 의미

[4] $X=b$일 때 $0.1k$가 내려가거나, $Y=b$일 때 $0.3k$가 내려가는 것이 잘 반영되도록 $\dfrac{X}{b}$라는 표현을 쓰는 것입니다.



이 그래프가 의미하는 바를 생각해 봅시다. 먼저, X와 Y를 연장시켜 x축에 도달하는 점에 대해서는 기울기를 생각하면 이해가 갈 것입니다. 이 두 점이 의미하는 바는 무엇일까요?

X, Y를 혼합한 게 아니라 X만, 혹은 Y만으로 $0.2k$의 어는점 내림을 만들었다면, 그 때 필요한 Y의 질량, X의 질량이 될 것입니다. 즉, 처음에 X, Y 합 ag이 아니라, X $2b$g이었거나, Y $\frac{2}{3}b$g 이었다면 0.2 k의 어는점 내림이 발생했을 것이라는 뜻입니다.

그렇다면 X, Y의 합 ag은 이 두 점 사이에 존재하는 내분점일 수밖에 없을 것입니다. X만으로, Y만으로 구성한 것 외에 X와 Y를 섞은 ag은 이 사이에만 존재하고, 그렇다면 이 세점 $(-2b,0)$, $(-a,0)$, $(-\frac{2}{3}b,0)$ 간의 거리를 측정해 봅시다. 거리는 $2b-a, a-\frac{2}{3}b$가 됩니다.

그렇다면 이 거리들의 의미는 무엇일까요? 내분점을 생각하면 $(-a,0)$은 거리비 $2b-a : a-\frac{2}{3}b$로 내분하는 점이 될 것이고, 몰랄 농도는 몰수에 비례하기 때문에 이 비율은 곧 Y : X의 몰수 비여야[1] 할 것입니다. 따라서 X는 $a-\frac{2}{3}b$몰, Y는 $2b-a$몰일 때 주어진 조건을 전부 만족하며, X의 분자량이 Y의 3배이므로, 질량 $\frac{X}{Y}=\frac{3a-2b}{2b-a}$가 됩니다.

설명이 길었지만 다시 복습해 보면서, 이 과정을 이해하고 적용했다면 실제 과정은 매우 짧았음을 알 수 있을 것입니다. 그렇다면 왜 갑자기 애먼 그래프를 연장시키나? 수식 풀이에서는 이런 생각을 할 수 없나? 라는 생각이 들 것입니다. 이를 다음 문항을 먼저 보고 정리해보도록 하겠습니다.

[1] 내분점에서 가중치를 쓰던 것을 생각해보면, Y : X로 X와 Y의 위치가 반대여야 할 것입니다.

$\Delta H_f = -76-249+180=-145\text{kJ}$임이 나옵니다. -290kJ은 $2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)$를 이용한 선지였네요.[1)]

3 엔탈피 계산 줄이기

실제로 우리가 평가원 문항에서 만나게 될 문항은 높은 확률로 다수의 계산을 포함한 [2021.11.15.] 혹은 [2021.07.13.]과 같은 문항일 것입니다. 1), 2)에서 헤스 법칙을 적용하고 도식으로 이해하는 법을 공부했다면, 이제는 최종 계산을 어떻게 더 편하게 할지에 대한 내용입니다.

☑ 정석적인 계산의 단순화

엔탈피 계산은 풀이 방향을 잡고 식만 제대로 세웠다면 그 이후는 전부 계산이기 때문에 숫자에 상관없이 일반적인 계산 순서를 확립하는 게 중요합니다. 어떤 계산이 나오든 동일한 순서로 계산하여 실수를 줄이고 고민 없이 계산을 시작하도록 하는 것입니다. 기호에 따라 크게 다음의 세 방법을 생각할 수 있습니다.

실전 개념

엔탈피 계산의 순서 中 택1

1. 제시된 순서대로 그대로 계산하기
2. 덧셈은 덧셈끼리, 뺄셈은 뺄셈끼리 모아서 계산하기(추천)
3. 최소 공배수를 찾은 뒤 전부 약분하고 계산하기

이전 문제 [2022.07.17.]에서 $-498+2\times460+180-76=\text{H}-\text{H}$를 계산한다고 해봅시다. 1, 2, 3의 과정을 적용해보면 다음과 같습니다.

1. $-498+920=422, 422+180=602, 608-76=532$
2. $920+180=1100, -(498+76)=-574, 1100-574=526$
3. 전부 2의 배수이므로(4의 배수는 아님) $2\times(-249+460+90-38)$이고, 1 혹은 2의 방법을 사용하여 괄호 안을 계산

이 중에서 제가 추천하는 것은 2번입니다. 순서대로 푸는 1번은 고민할 거리는 가장 적지만, 덧셈, 뺄셈이 반복되다 보면 두 연산이 헷갈릴 때가 있고[2)], 1번에서 422, 602, 532 이렇게 결과를 기억하고 다음 계산에 활용하는 것보다는 2번을 이용하여 1100, -574를 써둔 뒤 이것만을 계산하는 것이 좀 더 계산에만 집중할 수 있게 합니다. 3번의 경우 수의 크기가 작아지지만 엔탈피들이 대개 세 자리 숫자로 주어지고 10의 배수도 꽤 있다는 점을 고려할 때 최소 공배수로 나누는 것은 나눗셈만 여러 번 하게 되지 정작 계산에는 도움이 안 되는 경우가 많습니다.

2번을 추천했음에도 다른 방법들을 소개한 것은, 만약 계산이 잘 안 되어 답이 안 나올 때 1번, 3번으로도 시도해보라는 의미입니다. 같은 방식에서는 실수를 찾기 힘든 경우가 많아서 2번으로 주로 계산하되, 필요에 따라 1번, 3번도 적용해보면 좋을 것입니다.

한편 3의 전략을 쓴다면 배수의 특성을 알면 좋을 것입니다.
2의 배수는 일의 자리만 2의 배수
3의 배수는 각 자릿수의 합이 3의 배수
4의 배수(2^n의 배수)는 십의 자리까지 4의 배수(n번째 자리까지 2^n의 배수)
5의 배수는 일의 자리가 0 혹은 5

1) 수험생 입장에서 중요한 것은 아니지만 이 문제의 $H_2O(g)$의 생성 엔탈피는 사실 -242kJ 정도로 차이가 있습니다. 근데 그럼 이 문제는 왜 저런 숫자냐? 하면 결합 에너지를 이용해 계산하는 것은 보통 오차가 많이 발생하기 때문에 그렇다고 주장하면 할 말이 없습니다. 아무래도 이 문제 또한 이 부분을 의식해서 '자료를 이용하여 구한'이라는 표현을 사용한 것으로 보이고요. 종종 반응 엔탈피들을 외우는 경우가 있는데 평가원은 아무래도(?) 맞춰 줄 확률이 높지만 꼭 그렇지는 않을 수 있습니다.

2) 특히 마이너스 계산에서 더 헷갈릴 수 있습니다.

요약하면 ΔQ를 ①과 ②의 두 가지 과정으로로 분리해서 생각할 수 있어야 한다는 것과, 온도 변화와 농도/압력(부피) 변화에서 ①과 ②의 양상이 다르다는 것 정도를 이 도식으로 이해하면 됩니다.

③ 압력(부피)에 따른 화학 평형 이동

상대적으로 설명이 간단하여 기출문제를 풀어보기 전에 압력(부피)까지 공부하고 문제를 풀어보겠습니다. 여기서는 지금까지의 부호 판단법보다는 개념 위주로만 판단할 것입니다. 이에 대한 교과서 개념은 다음과 같습니다.

교과서 개념

압력에 따른 화학 평형 이동

반응물+생성물 기체의 부분 압력 합을 변화시키면, 이 변화에 반대되는 방향으로 정반응/역반응이 일어나 압력 변화를 상쇄시킨다. 단, 반응물과 생성물의 계수가 동일하다면 평형 이동이 일어나지 않는다.

이 문장 중 반응물과 생성물의 계수가 동일한 경우를 좀 더 강조하여 부연설명 하겠습니다. 앞에서 물질의 상태를 꼭 파악하고 시작하라고 하였는데, 이는 특히 압력 변화에서 더 중요합니다. 고체, 액체를 제외한 '기체'의 계수만으로 비교해야하기 때문입니다. 따라서 고체, 액체와 같은 물질이 있다면 지워두고 시작하는 것도 헷갈리지 않기 위한 좋은 방법입니다.

그렇게 기체의 반응 계수만을 구했을 때 반응물과 생성물의 계수가 동일하다면, 압력이나 부피가 변화한다 하더라도 평형 이동이 발생하지 않습니다. 이 소챕터에서 다룰 논의가 전부 의미 없어지는 것입니다. 따라서 압력(부피) 변화에서는 계수 확인이 제일 중요합니다. 반응물과 생성물의 계수가 동일할 때에는 1. 새로운 물질을 추가하지 않는 한 어떤 경우에도 전체 몰수가 동일하고 2. 압력(부피) 변화에 의해서는 평형 이동이 발생하지 않습니다. 이 경우를 기억하고, 이제부터는 반응물과 생성물의 계수가 다른 경우에 대해서 공부하겠습니다.

예시를 들어 위의 기본 개념을 압력을 위주로 좀 더 구체화해 보겠습니다.

임의의 반응식 $a\mathrm{A}(g) \rightleftarrows b\mathrm{B}(g)$에 대해서 $a < b$인 경우에 정반응, 역반응을 판단해 봅시다.

Ex. 1) 반응물, 생성물과 반응하지 않는 기체(He, Ne 등)를 <u>실린더</u>에 첨가하면 반응물+생성물의 부분 압력 합이 감소하므로, 압력이 증가하는 방향, 즉 반응물+생성물의 기체 수가 증가하는 방향인 정반응이 우세하게 됩니다.

Ex. 2) <u>실린더</u>에서 피스톤 위에 추를 올리면 전체 압력이 증가하므로, 전체 압력이 감소하는 방향, 즉 전체 기체 수가 감소하는 방향인 역반응이 우세하게 됩니다.

Ex. 3) 강철 용기에 He, Ne 등을 첨가하는 경우는 부분 압력 법칙에 의해 He, Ne 등에 독립적이므로 반응물+생성물의 부분 압력은 일정합니다. 따라서 평형 이동이 발생하지 않습니다.

교과서 개념에서는 보통 이렇게 압력에 따라 서술하고 있지만, 사실 압력보다는 <u>**부피**</u>로 생각하는 것이 훨씬 편합니다. 우리가 알고 있는 평형 상수는 농도에 의해 정의되며, 이 농도는 부피에 의해 직접적으로 영향 받기 때문입니다.[1] 같은 반응식에 대하여 다음 두 가지 질문에 답해보면서 왜 압력보다 부피로 판단하는 게 좋은지 생각해봅시다.

Ex. 4) 강철 용기에서 온도를 증가시키면, K가 변화하는 효과 외에도 전체 기체의 압력이 증가할 것

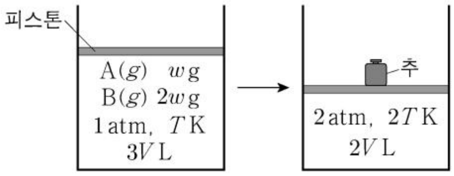
[1] 그럼에도 교과 개념에서 압력에 의한 평형 이동으로 소개하는 이유가 있기는 합니다. 화학 전체의 관점으로는 압력 평형 상수라는 것으로도 평형 상수를 정의하기 때문에, 압력 평형 상수에서 압력의 변화는 농도 평형 상수에서의 농도의 변화와 동치로 생각할 수 있기 때문입니다. 이 점 때문에 농도와 압력 변화는 동일하게 르샤틀리에 원리가 적용되는 것이기도 합니다. 그러나 우리는 이에 대해 잘 모르므로 부피의 변화로 생각하는 것이 더 직관적인 설명입니다. 압력 평형 상수에 대해서는 뒤에 하나의 챕터로 자세히 다룹니다.

[2022.11.20.]

20. 다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.

aA(g) $\rightarrow$ B(g) (a는 반응 계수)

그림 (가)는 T K에서 실린더에 A(g)와 B(g)가 들어 있는 초기 상태를, (나)는 $2T$ K에서 (가)의 피스톤 위에 추를 올려 외부 압력을 증가시킨 후 A(g)의 일부가 반응한 상태를 나타낸 것이다. (나)에서 A(g)의 부분 압력은 $\frac{2}{3}$ atm이다.



(가) (나)

(나)에서 $\frac{\text{B의 질량(g)}}{\text{A의 질량(g)}}$은? [3점] [1]

① 8 ② 7 ③ 6 ④ 5 ⑤ 4

비록 분류 상 기체 문제이지만 사실 K가 제시되지 않은 평형 문제에 더 가깝다고 생각합니다. 반응이 완결되지 않고 중간의 상황을 보는 것이 평형의 성질과 좀 더 가깝기 때문입니다. 따라서 이 파트에 이 문제를 수록하였습니다.

이 문제도 역시 몰수비로 접근해 봅시다. 분자량비 $1:a$에서 (가)에서 몰수비는 $a:2$이고, (나)에서 몰수비는 부분 압력으로 제시된 것처럼 $1:2$입니다. 전부 A가 되었을 때 몰수를 1이라고 가정하고 몰분율 식을 쓰면 (가)에서 A, B의 몰수는 $\frac{a}{a+2a}$, $\frac{2}{a+2a}$몰이고, (나)에서 $\frac{1}{1+2a}$, $\frac{2}{1+2a}$몰입니다.[2] 그런데 P, V, T에서 (가)의 몰수는 (나)의 몰수의 $\frac{3}{2}$배이므로 $\frac{a+2}{3a}=\frac{3}{2}\times\frac{3}{1+2a}$이고, 이항하여 정리하면 $4a^2-17a+4=0$,$(4a-1)(a-4)=0$으로 $a=4$와 $a=\frac{1}{4}$중 자연수로 가능한 $a=4$가 됩니다.

이때 (나)에서 A, B 몰수비가 $1:2$이므로 A, B 질량비는 $1:2a$이고 답은 8이 됩니다. 또한 A, B 질량비가 $1:2a$라는 점에서 가능한 정답은 ①, ③, ⑤ 뿐이고, 위 방법에서 어려움을 겪었다면 $a=2$부터 대입하는 방법으로도 풀 수 있었을 것입니다.

이 문제를 최대한 계산 없이 풀어보려고 여러 방식의 접근을 해 보았으나, 이 문제만큼은 결국 어떤 식으로든 이차방정식 혹은 변수 2개인 연립방정식을 풀어야 할 것 같습니다. 가능한 a의 값이 2개로 나오는데 두 값 모두 (가)와 (나)의 상황에 적절하지만 a가 자연수라는 점 때문에 하나로 확정되는 경우이기 때문에, 다른 어떤 방법을 쓰더라도 이차방정식으로 2개의 해를 구하는 과정은 불가피하다고 생각합니다. 그나마 이 풀이가 가장 합리적이면서도 미지수를 제일 적게 설정하는 풀이가 아닐까 싶습니다.

[1] 답 1번
[2] 혹은 A, B의 총 몰수만 구하면 되므로 총 몰수 공식 $\frac{x+y}{x+\frac{y}{b}}$에서 $\frac{a+2}{a+2a}$, $\frac{3}{1+2a}$을 바로 구할 수도 있습니다.

없는 건가요? 가 아니고, 어차피 문제에서 K값을 직접 묻는 게 아니라면 K_c를 쓰든, K_p를 쓰든 아무런 문제가 없습니다. 때로는 K_c를 구하라고 했던 문제조차도 K_p로 푼 이후에 다시 구하는 것이 훨씬 더 편할 것입니다.

그러나 화학 II에서는 K_c만 배웠기 때문에, K_p로 풀었다 하더라도 K의 값을 직접 묻는다면 당연히 K_c로 답해야 합니다. 굉장히 주의해야 할 부분입니다. RT의 값이 정량적으로 주어져서 K_c를 구해야 할 때는, 농도 평형 상수에서 $(a+b)<(c+d)$일 때 분모와 분자의 차수가 동일하도록 $K=\dfrac{(n_C)^c(n_D)^d}{(n_A)^a(n_B)^b}\times\dfrac{1}{(V)^{(c+d)-(a+b)}}$로 표현했던 것처럼, $K_c=\dfrac{(P_C)^c(P_D)^d}{(P_A)^a(P_B)^b}\times\dfrac{1}{(RT)^{(c+d)-(a+b)}}$로 표현해서 분모나 분자에 부족한 차수를 채워주는 방식으로 계산할 수 있습니다. 실제로 우리가 문제에서 푸는 방법도 압력 평형 상수 그 자체보다는 RT를 묶어 낸 $K_c=\dfrac{(P_C)^c(P_D)^d}{(P_A)^a(P_B)^b}\times\dfrac{1}{(RT)^{(c+d)-(a+b)}}$를 자주 사용하게 될 것입니다. 즉, 평형 상수 식에 압력을 넣어서 풀이하되 RT를 묶어내서 K_c를 동일하게 구하는 방식을 주로 사용할 것입니다.

여기까지가 압력 평형 상수 개념에 대한 소개였습니다. 다만 이 개념만으로는 이것을 언제, 어떻게 활용하는지에 대해 알기 어려우므로, 먼저 기출 문제에 적용한 예시를 풀면서 살펴보겠습니다. 이를 통해 최종적으로는 압력의 특성과 평형 상수 식의 특성에 대해 깊이 이해함으로써 K_c와 K_p를 써야 하는 상황을 정확히 구분하고 가장 효율적인 풀이를 하는 것이 이 챕터의 목표입니다.[1)]

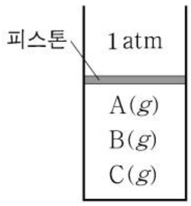
다음 문제를 우선 풀어보고, 해설을 확인해 봅시다.

[2022.11.12.]

12. 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.

$$A(g) + B(g) \rightleftarrows C(g)$$

그림은 온도 T에서 실린더에 A(g)~C(g)가 각각 1 mol씩 들어 있는 평형 상태를 나타낸 것이다. 외부 압력을 P atm으로 변화시켜 도달한 새로운 평형 상태에서 C의 몰 분율은 $\frac{1}{2}$이다.



P는? (단, 온도는 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)[2)]

① $\frac{11}{4}$ ② $\frac{8}{3}$ ③ $\frac{7}{4}$ ④ $\frac{5}{3}$ ⑤ $\frac{3}{2}$

처음 압력 평형을 적용할 수 있는 정말 좋은 예시 문항입니다. 이 문제를 농도 평형으로 푼다면 다음과 같습니다.

A, B, C가 1몰씩 있는 상황에서 평형 이동 후 A, B의 몰수를 $1-x$, C의 몰수를 $1+x$라 하고, C의 몰분율이 $\frac{1}{2}$이 되어야 하므로 $\frac{1+x}{3-x}=\frac{1}{2}$에서 계산하면 $x=\frac{1}{3}$이고 전체 몰수는 $\frac{8}{3}$몰입니다.

1) 앞으로 K_c는 K로, K_p만 K_p로 구분하여 사용하겠습니다.

2) 답 2번

부터는 더 이상 반응이 일어나지 않습니다. (기체 A의 압력) < (A의 증기 압력) 임에도 기체 A가 될 고체 A 혹은 액체 A가 부족하여 (기체 A의 압력) < (A의 증기 압력)을 유지하는 경우입니다.

두 번째는 A가 실린더에 있는 경우입니다. 실린더는 강철 용기와 다르게 외부 압력을 고정할 수 있습니다. 증발한 기체 A의 양만큼 기체 A의 압력이 되었던 강철 용기와는 다르게, 실린더에서는 먼저 압력이 고정되어 있습니다. 즉 실린더 내부 A가 고체이든 액체이든 기체이든 A가 받는 압력은 항상 실린더 외부의 압력이고, xy평면에서 외부 압력, 온도에 해당하는 점을 찍을 수 있습니다.

여기서 다시 xy평면에서 점을 찍는 능력으로 돌아가 봅시다. 지금까지 강철 용기와 실린더에서의 성질을 이용하면 다음과 같이 점을 찍을 수 있습니다.

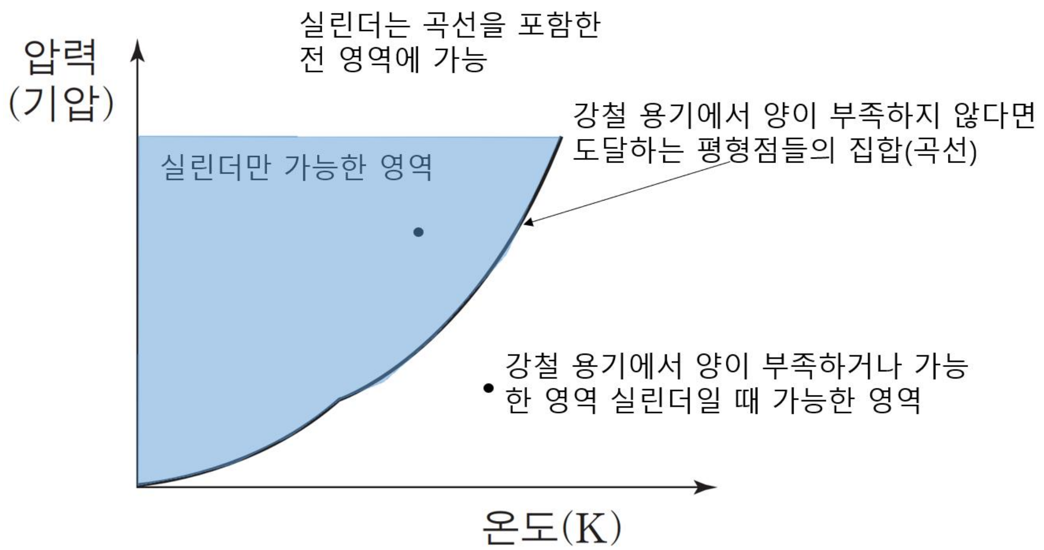
실린더 : 외부 온도 T, 외부 압력 P에 해당하는 (T,P)

강철 용기 : 물질 A의 양이 부족하지 않다면, 내부 A의 온도 T와 온도 T에 해당하는 증기 압력 P_{T}에 해당하는 (T,P_{T})

물질 A의 양이 부족하다면 $P' < P_{\mathrm{T}}$인 (T,P')

※ 평형에 도달했을 때 강철 용기 내에 고체 A, 액체 A가 존재하지 않는다면 양이 부족한 것

도식으로 나타내면 증기 압력 곡선을 기준으로 다음과 같이 구분할 수 있습니다.



아까 강철 용기에서의 도식은 평형 전 -> 평형 도달을 나타낸 것이고, 이 도식은 오직 평형에 도달했을 때 가능한 상태만을 나타냅니다.

실린더는 xy평면의 모든 점을 찍을 수 있고, 강철 용기에서는 증기 압력 곡선 아래로만 점을 찍을 수 있으며 A의 양이 충분하다면 반드시 증기 압력 곡선 위에 찍히게 됩니다. 이제 여러분은 문제에서 주어지는 모든 상황을 xy평면 위에 나타낼 수 있게 되었습니다.

실린더에서의 증기 압력 곡선에 대해서도 마저 공부해 봅시다. (실린더 외부 압력) > (A의 증기 압력)이라면, A가 증발하려는 성질을 더 강한 압력으로 억제하는 경우가 될 것입니다. 따라서 A는 항상 고체/액체로만 존재하며 기체 A는 존재하지 않습니다. 또한 고체/액체 A가 받는 압력이 피스톤의 압력과 동일하니 역시 (A가 받는 압력) = (외부 압력)이 성립합니다.

[2020.09.14.]

14. 표는 강산 HA(aq)과 약산 HB(aq)에 각각 NaOH(aq)을 넣어 만든 혼합 용액 (가)~(다)에 대한 자료이다. HB의 이온화 상수(K_a)는 25 ℃에서 2×10^{-7}이다.

혼합 용액	혼합 전 수용액의 농도와 부피		혼합 용액의 $[H_3O^+]$(M)
	산	염기	
(가)	1.0 M HA(aq) 100 mL	0.25 M NaOH(aq) 100 mL	x
(나)	1.0 M HB(aq) 100 mL	0.25 M NaOH(aq) 300 mL	
(다)	1.0 M HB(aq) 100 mL	0.25 M NaOH(aq) 400 mL	y

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물의 자동 이온화 상수(K_w)는 25 ℃에서 1×10^{-14}이고, 모든 수용액의 온도는 25 ℃이다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. $x=\frac{3}{8}$이다.

ㄴ. (나)에서 $\frac{[B^-]}{[HB]}=4$이다.

ㄷ. $y<2\times10^{-10}$이다.

[1]

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

산염기 양을 비교해보면 (가)는 강산의 ②번 상황, (나)는 약산의 ②번 상황, (다)는 약산의 ③번 상황을 제시하고 있습니다.

ㄱ. 몰수 변화와 용액의 부피 변화 두 단계로 나누어 계산합니다. 몰수비가 HA : NaOH = 4 : 1이므로 몰수가 원래의 $\frac{3}{4}$배, 부피는 2배이므로 1M의 $\frac{3}{8}$배로 $x=\frac{3}{8}$입니다. (O)

ㄴ. 몰수비가 HB : NaOH = 4 : 3이므로, HB : B^-의 몰수비는 (4−3) : 3 = 1 : 3이 됩니다. (X)

ㄷ. 직접 $[H_3O^+]$까지 다 구하는 문제입니다. (1) HB 용액이 100mL → 500mL가 되었으므로 0.2M이 되고, (2) $K_b=\frac{1}{2}\times10^{-7}$이 되므로 (3) $C=2\times10^{-1}$, $K_b=\frac{1}{2}\times10^{-7}$ 유효숫자 계산에서 $[OH^-]=10^{-4}$가 되고 $y=10^{-10}$이 됩니다. 따라서 ㄷ은 맞습니다. (O)

한편 당량점에서의 $[H_3O^+]$를 계산할 때 다음과 같이 식을 변형하여 간단하게 구할 수도 있습니다.

$$[H^+]=\frac{K_w}{[OH^-]}=\frac{K_w}{\sqrt{K_bC'}}=\frac{K_w}{\sqrt{\frac{K_w}{K_a}C'}}=\sqrt{\frac{K_a}{C'}\times K_w}=10^{-7}\times\sqrt{\frac{K_a}{C'}}$$

C'은 초기 농도 C가 아닌 당량점에서 $[A^-]$입니다. 그런데 $\sqrt{\frac{K_a}{C'}}$은 곧 약산 HA의 농도 C'에서의 이온화도 α'을 나타냅니다. 이를 pH로 나타내면 다음과 같습니다.

실전 개념

당량점의 pH 계산

당량점에서의 pH = 7 + pα' (단, α'은 약산 HA의 농도 C'에서의 이온화도)

= 당량점에서의 pOH = 7 − pα'

이 공식을 사용하여 ㄷ을 다시 풀이하면

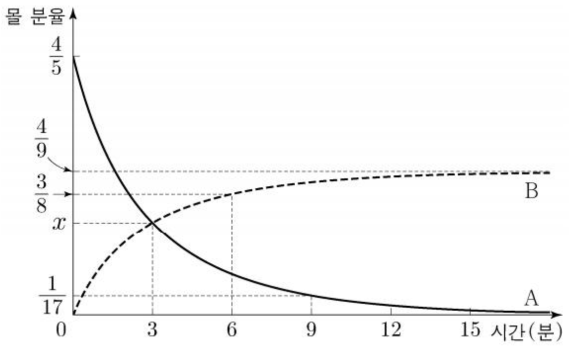
1) 답 3번

[2021.09.18.]

18. 다음은 온도 T에서 $A(g)$로부터 $B(g)$와 $C(g)$가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.

$$aA(g) \rightarrow B(g) + cC(g) \quad (a,\ c\text{는 반응 계수})$$

그림은 $C(g)$가 들어 있는 1 L 강철 용기에 $A(g)$ 0.4 mol을 넣어 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 $A(g)$와 $B(g)$의 몰 분율을 나타낸 것이다. $[A]+[C]$는 항상 일정하고, 역반응은 일어나지 않는다. $[A]+[B]+[C]=\frac{7}{8}$M가 될 때까지 걸린 시간은 y분이다.



$\frac{y}{x}$는? (단, 온도는 T로 일정하다.) [3점] [1)]

① $\frac{21}{2}$ ② 21 ③ 28 ④ $\frac{63}{2}$ ⑤ 42

문제에서 해석할 조건이 많지만, 원칙을 지켜가면서 그대로 연습해 봅시다.

① 몰분율로 반응 속도를 제시하였고, 반응식의 계수를 알기 어렵습니다. 그런데 [A]+[C]가 항상 일정하다는 조건이 있어 A와 C의 계수가 같음을, 즉 $a=c$임을 확인할 수 있습니다.

② 반응 속도 차수가 확정되어 있지 않습니다. 특별한 농도 패턴도 관찰하기 어려워서 찾을만한 근거가 마땅히 없는데, 반응 완결까지 유한하지 않고 무한하므로 최소한 0차 반응은 아님을 알 수 있습니다. 여기서 그래프가 곡선이라는 점이 0차 반응이 아님을 증명하지는 못합니다. 몰분율은 0차 반응이어도 곡선으로 나올 수 있기 때문입니다. 직선이 관찰될 때 0차 반응을 생각해 보는 것이고 그 역은 성립하지 않습니다.

3분, 6분, 9분에 따라 특별한 농도 패턴을 찾지 못하였기 때문에, 몰분율을 개별적으로 해석하는 것보다는 완결점을 보는 것이 편할 것입니다. 0분에서 몰분율이 $\frac{4}{5}$이니 $\frac{4}{4+1}$와 같이 해석할 수 있고, 4가 A의 몰수 상댓값, 1이 C의 몰수 상댓값을 나타낼 것입니다. 그렇다면 반응이 완결되었을 때에는 C의 상댓값이 5여야 할 텐데, B의 몰분율 $\frac{4}{9}$에서 C의 몰분율이 $\frac{5}{9}$임을 알 수 있습니다. 따라서 여기서 전체 몰수 상댓값이 5→9가 되었음을 알 수 있고, A 4만큼 반응하여 전체 $4+4+1=9$가 된, $a=1$, $c=1$인 경우입니다.

반감기와 1차 반응을 확정하기 위해서는 중간 지점들을 보아야 합니다. 전체 몰수 상댓값이 5→9가 된다고 한 것을 기억하며 분수를 해석합니다. $\frac{3}{8}$의 경우 분모 8이 5와 9의 $3:1$ 내분점, 분자 3도 0과 4의 $3:1$ 내분점이므로 그대로 해석하면 됩니다. 생성될 B 4몰 중 3몰이 생성되고, 전체 5→9몰이 될 것이 5→8몰이 된 75%가 반응한, $\frac{1}{4}$감기가 지난 상황입니다.

1) 답 5번

H의 반응성이 금속 B보다 크기 때문에 반응이 일어나지 않는 것입니다. 따라서 반응성은 금속 A > H > 금속 B가 됩니다.

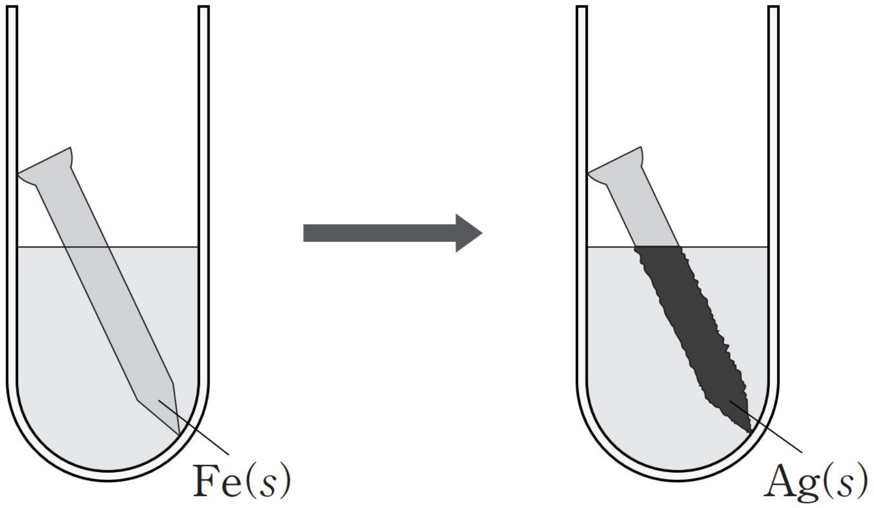
이렇게 금속의 반응성을 제시하는 경우에는 기본적으로 '이온으로 존재하는 물질이 반응성이 크다.'는 사실을 기억해두고 해석하면 됩니다. 즉 왼쪽 그림에서는 (눈에 보이지는 않지만) A가 이온으로 변하고, 이온으로 존재하던 H^+가 오히려 H_2가 되었기 때문에 A가 반응성이 크고, 오른쪽 그림에서는 H^+가 그대로 이온으로 유지되기 때문에 H가 반응성이 큰 것입니다. 보통 문제에서는 기포처럼 생성된 물질이 보이기 때문에 약간 변형하면 반대로 '석출(생성)된 물질이 반응성이 작다.'로 기억하면 좀 더 직관적일 것입니다. 여기서 금속 B가 반응이 일어나지 않는다는 것 역시 금속 B가 석출된 결과물으로 생각하면 금속 B로 가만히 존재하고 있다는 사실만으로 반응성이 작다고 할 수 있을 것입니다.

실전 개념

금속의 반응성 순서 판단

기본 전제 : 이온으로 존재하는 물질이 반응성이 크다. 석출(생성)된 물질이 반응성이 작다.
수소 이온 용액에 금속을 담갔을 때 기포가 발생한다 – 금속의 반응성이 수소보다 크다.
발생하지 않는다 – 금속의 반응성이 수소보다 작다.

☑ 금속의 석출



마찬가지로 다른 예시들도 적용해봅시다. Ag 이온 수용액에 Fe(s)를 담근 경우입니다. 그런데 Ag가 석출되고 있으므로 Fe가 이온화 된다는 뜻이고, 반응성은 Fe > Ag가 됩니다.