

Postechian

POSTECH 이공계 진로 설계 안내서
NO. 186 / 2026



HELLO, Postechian

안녕! 나는 포닉스! 포스텍을 소개할게!



포스텍의 겨울은 정말 특별해! 하얀 눈이 내리면 캠퍼스가 금세 조용하고 포근한 세상으로 변하거든.

• 이곳은 바로 포스텍의 중앙광장이야. 계절마다 다른 매력을 보여주는 이곳도,

겨울이면 눈으로 뒤덮인 조형물 덕분에 마치 예술 작품처럼 변해! 눈 오는 날 이 길을 걷다 보면 쌓인 눈 사이로 들리는 뾰드득뾰드득 발소리가 참 포근하게 느껴져. 잠시 멈춰 서서 하얀 조형물을 바라보면 올해의 끝과 새로운 시작이 함께 느껴지기도 해. 추운 계절에도 멈추지 않는 연구처럼, 포스텍이인들의 열정은 이 눈 속에서도 반짝이고 있어! 이번 겨울, 나 포닉스랑 함께 따뜻한 마음으로 캠퍼스를 걸어 보자! ♥

 카카오톡 실행 ▶  상단 검색창 터치 ▶

 검색창에 채널명 '포스텍 입학팀' 입력 ▶  카카오톡 채널 추가

(상담 직원에게 메시지 보내기)





<https://www.youtube.com/@postechadmission>



제5회

포스텍 합격 영상채널지

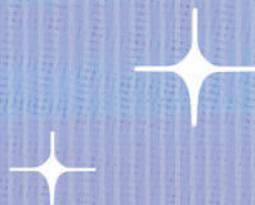


2026학년도 합격자 영상은
2월 20일에 공개됩니다!



취소

확인



2022학년도 POSTECH 합격영상 챌린지

잘 봐 언니, 형 합격이다

포스텍 제1회 합격영상챌린지 🎉
합격영상챌린지



포스텍 제2회 합격영상챌린지 🎉
합격영상챌린지



2024학년도 포스텍 입학전형
제3회 합격영상 챌린지
감동의 순간들

포스텍 제3회 합격영상챌린지 🎉
합격영상챌린지



제 4회 합격영상 챌린지

포스텍 입학팀

포스텍 제4회 합격영상챌린지 🎉
합격영상챌린지



CONTENTS

POSTECH 이공계 진로 설계 안내서
NO.186 / 2026

- 08 **포스텍 에세이** 빛, 컴퓨터, AI의 접점에 대해서
- 12 **알리미가 만난 사람** 이숙연 선배님과 이야기: 자신만의 길을 가라
- 16 **알턴십** 건강한 나이 들을 연구하는 기업, 헤세드바이오
- 20 **고등학생 기자단 포커스** 김태경 교수님을 만나다
- 24 **기획특집** 핵융합
- 34 **헬로노벨** 인공지능과 물리학
- 38 **최신기술소개** OLED 콘택트렌즈 최초 구현 /
세포 기반 내열·고강도 바이오 복합 소재 /
철로 만든 산소 스펀지 /
최초의 반물질 양자 큐비트 구현
- 40 **포스텍 연구실 탐방기** 포스텍 에너지시스템 연구실
- 44 **ALIMI ON-AIR** 알리미의 건강한 생활 V-log
- 46 **포라이프** 나의 진짜 꿈은
- 48 **크리에이티브 포스테키안** 포항에서 실리콘밸리까지
- 50 **포스텍 카툰** 포술랭
- 52 **사이언스 블랙박스** 상식을 깨는 과학
- 56 **공대생이 보는 세상 + 오락실** 반도체공학과 / 기계공학과 /
컴퓨터공학과 / 전자전기공학과
- 60 **지식다해기** ① 신호 인식 입자, SRP
② 반데르발스 방정식
- 62 **마르쿠스** 연속: 극한에서 위상까지
- 64 **알스토리** ① 고등학생은 처음이라
② 한 치 앞도 알 수 없는 인생에서
- 66 ZOOM IN ON POSTECH!
- 68 포스테키안을 만든 알리미를 소개합니다!
- 70 독자서평 & 편집후기

발행일 2026. 1. 9. 발행인 김성근 발행처 포항공과대학교 입학팀 / 경북 포항시 남구 청암로 77

편집주간 오민진 강수향 편집기획 권영빈 김채운 황석훈 편집위원 포스텍 알리미

디자인 & 제작 |주|디자인클리움 T. 051-202-9201 F. 051-202-9206 정가 5,000원

포스텍 입학팀 홈페이지 바로가기 <https://adm-u.postech.ac.kr>





빛, 컴퓨터, AI의 접점에 대해서

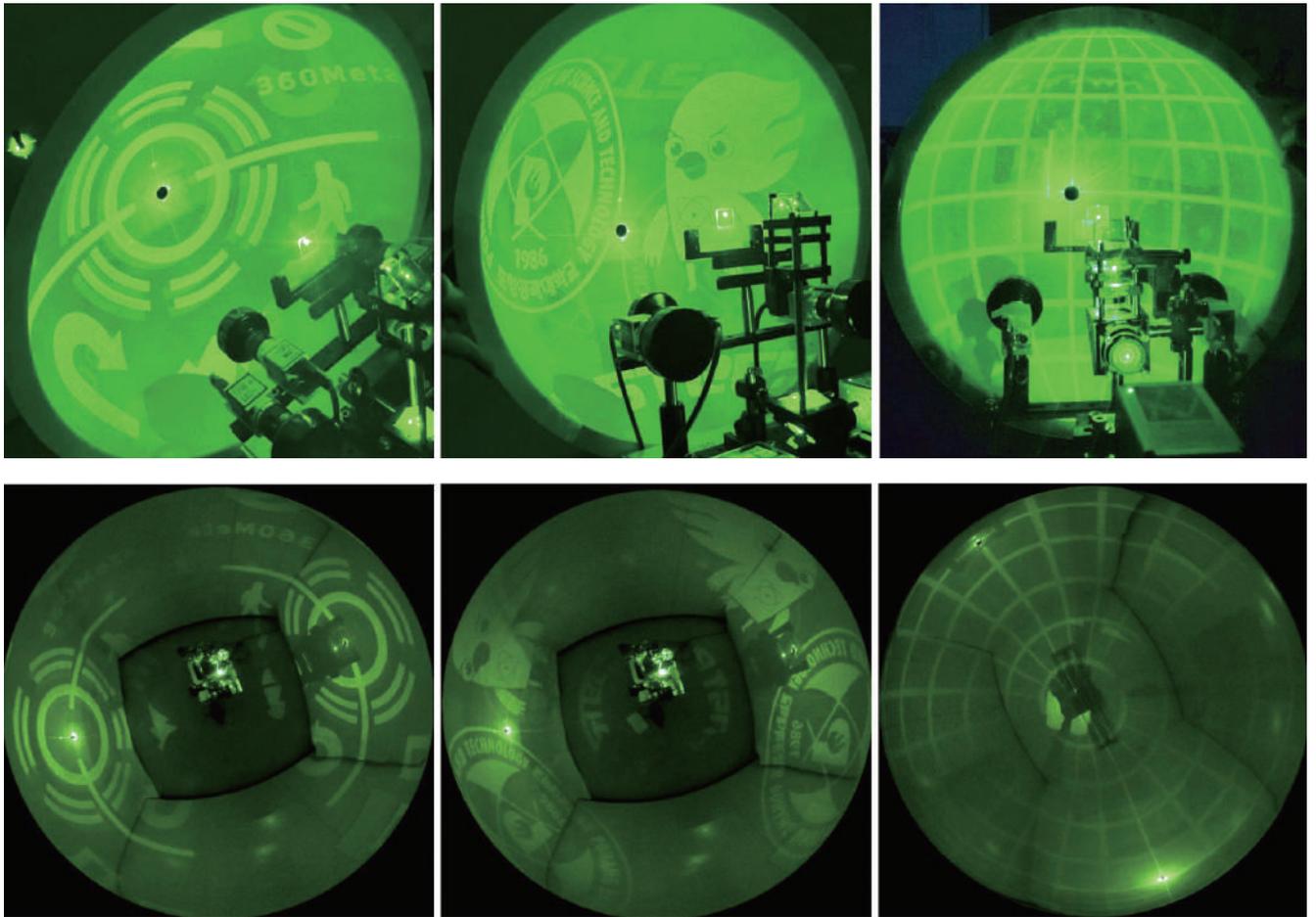
글. 포스텍 컴퓨터공학과 백승환 교수

돌아보니
나의 연구 여정은
‘빛을 이해하는 과정’이었다.

학부 시절 컴퓨터공학과에서 공부하며, 나는 시각적인 정보를 컴퓨터로 처리하는 일에 흥미를 느꼈다. 대학원에 진학하면서 이 흥미는 컴퓨터 그래픽스와 컴퓨터 비전 연구로 이어졌고, 그 과정에서 새로운 분야와 마주하게 되었다. 바로 ‘광학’이었다.

컴퓨터 그래픽스와 컴퓨터 비전은 컴퓨터를 활용하여 시각 정보를 다루는 학문이다. 그동안 나는 빛을 컴퓨터상의 데이터로만 생각했다. 그러나 광학을 배우며 빛의 근본적인 성질을 이해하게 되었고, 이 지식은 내가 진행하던 연구를 완전히 새로운 시각으로 바라보게 했다. 이렇게 나는 계산적 이미징 연구를 시작하게 되었다.

박사과정에서는 ‘인간이 볼 수 없는 빛의 파동적 성질을 이용해 세상을 더 깊게 이해하는 방법’을 탐구했다. 빛이 물체와 상호작용을 하며 만들어내는 간섭, 회절, 편광과 같은 물리 현상을 컴퓨터 그래픽스와 컴퓨터 비전에 접목하는 연구를 수행했다.



시로 설계한 나노물질을 이용해 구현한 360도 홀로그램

당시에는 생소했던 이 접근법이 지금은 하나의 연구 분야로 자리 잡았고, 많은 연구자들이 함께 발전시켜 나가는 모습을 보며 큰 보람을 느끼고 있다. 또한 박사과정 중 AI 기술이 급속히 발전하면서, AI를 활용해 광학과 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 비전을 통합적으로 다룰 수 있게 되었다.

박사 후 연구원으로 프린스턴 대학교에 진학한 후에는 이를 발전시켜, 나노 단위에서 빛을 제어하는 메타물질을 이용해 증강현실(AR)과 가상현실(VR) 디스플레이, 그리고 초소형 카메라를 설계하는 연구를 수행했다. 이는 AI, 컴퓨터 그래픽스, 비전, 광학, 나노물질을 융합하는 연구로서, 나노 단위에서의 빛 제어라는 새로운 영역에 도전할 수 있었고 현재 많은 후속 연구가 진행되고 있다.

포스텍으로 돌아온 뒤에는 AI를 이용한 나노물질 설계 연구를 심화했다. 그 결과, 세계 최초로 AI가 설계한 나노물질을 이용해 360도 구조화된 빛을 생성하는 데 성공했다. 이 성과는 차세대 초소형 3D LiDAR, 카메라, AR/VR 디스플레이 등에서 중요한 기반 기술이 될 수 있다. 학부 시절 처음 ‘그래픽스’라는 단어를 접했을 때는 상상도 하지 못했던 연구였다.

최근에는 연구의 범위를 더 확장하고 있다. AI, 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 비전, 광학을 결합해 GPU를 대체할 수 있는 광컴퓨터와 인간의 한계를 넘어서는 슈퍼휴먼 비전을 가진 로봇을 연구하고 있다.

돌아보면 지난 10여 년의 연구 여정은 끊임없는 도전의 연속이었다. 새로운 분야를 배우고, 전혀 다른 학문을 융합하며, 실패를 거듭하는 과정에서도 매일의 연구가 설레고, 매번 세상을 조금 더 이해하게 되는 기분이 든다. 이런 즐거움을 느끼며 연구할 수 있다는 사실이 큰 행운이라 생각한다.

자유롭게 질문할 수 있는 연구 문화, 실패를 극복하는 끈기, 서로 배우고 격려해 주는 동료들, 그리고 가족들의 끊임없는 지지가 큰 힘이 되었다. 그 모든 것들이 지금의 나를 만들었고, 앞으로의 나를 계속 이끌어줄 것이다.

앞으로도 새로운 연구 분야를 개척하며 학생들과 함께 성장하고자 한다. 내가 걸어온 길이 다음 세대 연구자들에게 도전의 용기를 줄 수 있기를 바라며, '빛을 향한 여정'을 계속 이어가고자 한다. 학과와 학교, 나아가 사회와 인류에 기여하는 연구자가 되는 것이 나의 목표다. ☺

슈퍼휴먼 비전을 가진 로봇





연구실 단체사진



함께한 (좌)컴퓨터공학과 24학번 30기 알리미 한예림
(우)무은재학부 25학번 31기 알리미 손승현



Seung-Hwan Baek

백승환 교수는 POSTECH 컴퓨터공학과 부교수로 인공지능대학원에 공동 소속되어 있다. 그는 POSTECH Computer Graphics Lab의 공동 디렉터, POSTECH Computational Imaging Group의 디렉터로 활동하고 있다. 그의 연구는 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 비전, AI, 광학의 교차점에 위치하며, 빛, 물질의 외관, 기하 구조 사이의 복잡한 상호작용으로부터 생성되는 고차원 시각 데이터를 포착, 모델링, 분석하는 데 초점을 두고 있다. 이러한 연구는 모바일 카메라, 로봇, 자율주행차, VR/AR 디스플레이, 과학 장비 등 다양한 분야에 응용되고 있다. 그는 Asiagraphics 젊은 연구자상(Young Researcher Award), 국제기초과학학회(ICBS) 과학 프런티어상(Frontiers of Science Award), 한국과학기술한림원 우수박사학위논문상, SIGGRAPH Asia 박사컨소시엄 선정, Microsoft Research Asia 박사 펠로십, ACCV 최우수 응용논문상 및 최우수 데모상 등을 수상한 바 있다.



2026년 4월 17일, 영상으로
백승환 교수님의 매력적인 스토리를 만나보세요!

이숙연 선배님과의 이야기

자신만의 길을 가라

세종 컨퍼런스의 인공지능과 사법 세션에 패널로 참여



여러분은 이공계 출신 대법관이 있다는 사실, 알고 계셨나요? 대법관은 최고법원이자 최종심인 대법원을 구성하며, 법관으로서 최고의 영예이자 막중한 책임을 지는 위치입니다. 대법원은 법률을 최종적으로 해석하고 적용하는 역할을 하여 앞으로 모든 법원이 참고할 수 있는 기준을 세우기 때문이죠. 그래서 대법관의 판결은 단순히 한 사건에만 그치지 않고, 사회 전반에 큰 영향을 주게 됩니다. 이러한 대법관은 이공계와는 거리가 멀어 보이는데요, 지난 2024년 대한민국 최초의 이공계 출신 대법관이 탄생했습니다. 바로 포스텍 출신 이숙연 대법관님이십니다. 이번 <알리미가 만난 사람>에서는 대법관 이숙연 선배님의 이야기를 담아보았는데, 선배님께서 들려주시는 이야기, 함께 들어볼까요?

글. 무은재학부 25학번 31기 알리미 차윤서

♯1. 전국에 있는 포스테키안 구독자분들께 자기소개 부탁드립니다.



1

안녕하세요. 포스텍 1회 입학생이자 졸업생, 산업공학과(현재 산업경영공학과) 87학번 이숙연입니다. 학부 졸업 후 짧은 직장 생활을 하다가 우연한 계기로 법률을 공부하게 되었고, 사법시험에 도전한 후 1997년 2월부터 판사로 일해 오다, 2024년 8월 6일 대법관으로 취임하여 대법관직을 수행 중입니다. 올해 4월 출범한 사법부 인공지능 위원회의 위원장을 맡고 있기도 합니다.

♯2. 선배님께서서는 수석으로 포스텍에 입학해 산업공학을 전공하신 후, 사법 분야로 진로를 변경하셨는데요. 진로 전환까지의 이야기를 듣고 싶습니다.

저는 포스텍을 졸업한 후 대학원 진학보다는 현장 업무를 익히고자 대기업에 입사했는데, 근무한 지 몇 달 되지 않아 해고를 당했습니다. 수석 입학생이었다가 해고된 경험은 하늘에서 땅으로 떨어진 듯한 기분이었죠. 가족과 지인들로부터도 외면당하는 심정은 겪어보지 않고는 알기 어려울 것입니다. 그 후 다시 회사로 돌아가기 위해 직접 소장과 준비 서면을 작성해 해고 무효 확인 소송을 진행하였는데, 이를 계기로 법 공부를 시작했습니다. 이후 1심에서 승소하였으나 회사 측의 항소로 소송이 장기화되었고, 본격적인 법 공부를 위해 법대에 3학년으로 학사 편입하였습니다. 편입 이듬해에 대법원까지 가서 최종 승소하였고 4학년 때 사법시험 1, 2차 동차로 합격하여 법조인의 길로 들어섰습니다.



2

♯3. 예상하지 못한 해고 이후의 시기를 어떻게 견디고, 어떤 마음가짐으로 다시 나아가실 수 있었는지 궁금합니다.

해고 후 진로 고민이 많았던 때를 돌아보면, 그 시기에도 가만히 있기보다는 법학, 외국어 공부 등을 하여 스스로 역량을 조금씩 쌓아 나가려고 했던 것 같습니다. 당시엔 인생을 허비하고 싶지 않아 모든 에너지를 쏟아부었고 그만큼 절박했기도 합니다. 또한 어려운 과정 중에도 자신을 믿고 다독거리며 차근차근 걸어왔습니다. 지금 생각해 보면 인생의 굴곡을 일찍 경험한 것이 제게 자양분이 되었다고 생각합니다. 지금도 인생 앞에 겸손해지기 위해 부단히 자신을 돌아보고 있습니다.

1. 포스텍 재학 중 동아리 그룹사운드 공연(보컬)

2. 포스텍 재학 중 과 MT

♣4. 최초의 이공계 출신 대법관으로서, 사법 업무에 대해 어떤 가치관과 태도를 가지고 계시는지 궁금합니다.

먼저, 우리 사회가 기존의 가치체계나 법률 문화에 머무르지 않고 디지털 전환과 인공지능 시대에도 변명을 이어갈 수 있어야 한다고 생각합니다. 나아가 그 혜택을 사회 전반에 골고루 나눌 수 있도록, 발전된 과학기술과 변화된 시대에 맞는 새로운 법률 해석을 통해 그 길을 열어 나가야 할 책무가 있다고 믿습니다. 이를 위해서 '사법부 인공지능 위원회'를 통해 사법부가 재판 업무에 인공지능을 도입하는 데 있어 바른길로 갈 수 있도록 점검하는 등 다양한 노력을 하고 있습니다. 다음으로, 공학적 경험을 통해 쌓인 기술에 대한 이해도는 법원 정보화, 과학적 접근을 통한 판결 등 다방면에서 큰 도움이 되었습니다. 그러나 과학기술은 빠른 속도로 발전하기에 이러한 강점도 계속 갖고있지 않으면 유지될 수 없습니다. 그렇기에 법관이 된 이후에도 박사 학위를 취득하고, 전문가의 조언을 듣는 등 꾸준히 노력하고 있습니다.

♣5. 선배님께서도 법학 연구에도 정진하시어 다수의 논문을 게재하셨습니다. 논문을 쓰게 된 특별한 계기나 이를 지속하게 하는 원동력이 무엇인지 궁금합니다.

법관 경력 8년 이상 정도 되면 보통 2~3년씩 같은 업무를 하게 되는데, 그 기간이 끝날 때마다 논문 한 편을 쓰자고 다짐했습니다. 새로운 종류의 사건을 맡게 되면 전에 같은 업무를 담당했던 판사님들이 써둔 메모가 큰 도움이 됩니다. 저도 이후 같은 업무를 담당하시는 판사님들께 조금이라도 도움이 되면 좋겠다는 생각에서 시작했습니다. 논문은 담고 싶은 논쟁을 담고 마지막에 자신이 하고 싶은 주장을 쓸 수 있습니다. 그렇기에 논문을 쓰면서 더 깊고 넓게 주제를 살펴볼 수 있습니다. 그 과정은 길고 어려우나, 논문이 최종적으로 통과되어 게재되었을 때의 성취감은 무엇보다 비교하기 어렵습니다.

대법관 취임식(어머님과 함께)





법관 활동 사진(세계여성법관회의 참석, 왼쪽에서 네번째)



함께한 무은재학부 25학번 31기 알리미 차윤서

#6. 대법관으로 임명되신 후 약 1년의 시간이 지났는데요. 대법관이 되신 후 느낀 점이나 바뀌게 된 생각에 대해 듣고 싶습니다.

대법관직이 상당히 고된 일이라는 것을 체감했습니다. 최종심이자 최고 법원이라는 위상에 의해 느껴지는 중압감도 포함되어 있을 것입니다. 대법원 판결을 통해 사회의 규범을 확고하고 새로운 기준을 세워야 할 책임감을 느끼며, 사건마다 어느 방향으로 가야 할지를 고심하게 됩니다. 또한, 대법관은 판결뿐만 아니라 다른 분야의 역할들도 수행해야 한다는 점을 느꼈습니다. 특히 사회의 어른이 되어야 한다고 생각합니다. 앞으로 남은 임기를 어떻게 값지게 보낼지 숙고하고 있습니다.

#7. 마지막으로, 이공계를 꿈꾸는 학생들을 위한 조언 한마디 부탁드립니다!

우선, '남을 따라 하지 말고 자신만의 길을 가라, 세상에 없던 것을 만드는 사람이 되자.'라는 말을 하고 싶습니다. 저는 공학도가 아닌 법조인의 길로 들어섰지만, 법관이 된 후에도 저만이 가진 공학적 배경을 기반으로 이 조직 내에서 새롭고 가치 있는 것을 만들어내고자 노력했습니다. 또한, 자기 가슴을 두근거리게 하는 것을 따라가 보는 것도 괜찮다고 말하고 싶습니다. 이 세상에 새로운 것을 만들어내고 싶다면 이공계로 진출해야 한다고 생각합니다. 이공계를 꿈꾸신다면 세상에 없던 기술과 가치를 만드는 일에 도전하시길 바랍니다. 어려움이 있더라도 실패를 두려워하지 않고 도전해 보는 태도를 가졌으면 좋겠습니다.

포스텍 산업공학과 시절부터 대법관이 된 후의 이야기까지 이숙연 선배님의 이야기를 들어보았습니다. 늘 새로운 성장을 꿈꾸며 도전하시는 선배님의 이야기를 들으며 많은 것을 배웠습니다. 여러분도 선배님처럼 자신만의 새로운 길을 개척해 보는 것은 어떨까요? 바쁘신 와중에도 시간 내어 소중한 말씀 전해주시는 이숙연 선배님께 다시 한번 감사의 인사를 드리며 글을 마칩니다.☺

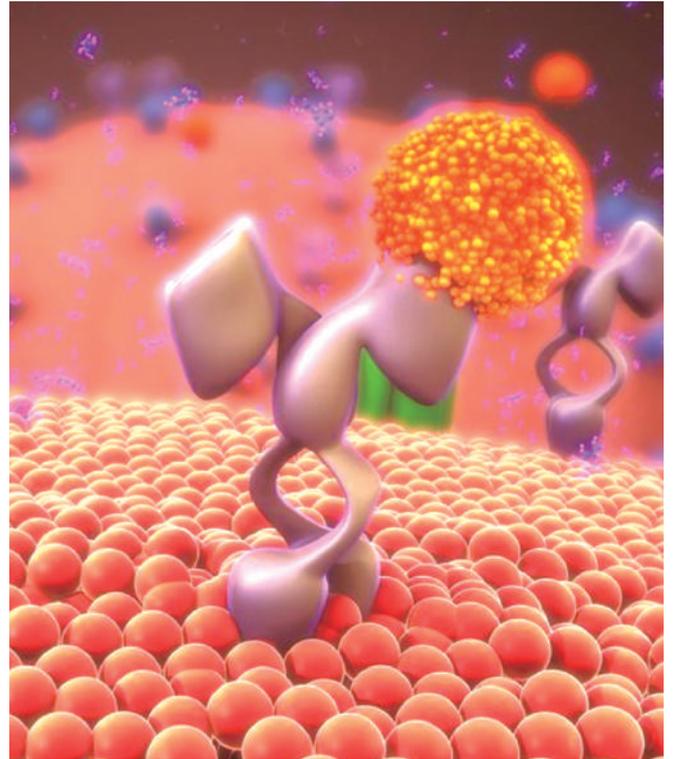
안녕하세요, 포스테키안 독자 여러분! 알리미가 직접 교내외 유명 기업이나 연구소를 방문하여 일일 인턴 체험을 해보는 알턴십, 열일곱 번째 이야기입니다. 최근 ‘헬시 에이징(Healthy Aging)’에 대한 관심이 높아지면서, 첨단 바이오 기술이 일상에 어떻게 적용되는지 궁금해하는 분들이 많습니다. 특히 피부 노화나 탈모와 같은 고민은 세대를 불문하고 큰 관심을 얻고 있는데요. 이번 호 알턴십에서는 정찬우 알리미와 김가경 알리미가 포스텍 선배님들께서 설립하신 바이오 벤처 기업인 헤세드바이오 본사로 직접 찾아가 보았습니다!

글. 전자전기공학과 24학번 30기 알리미 정찬우

HESED BIO

건강한 나이 들을 연구하는 기업, 헤세드바이오





(이미지 출처) 헤세드바이오 홈페이지 <https://hesedbio.com/>

대학 연구실에서 시작된 바이오 벤처

헤세드바이오는 '건강하고 아름다운 나이 들'을 목표로, 독자 개발한 특허 기술에 기반하여 화장품과 신약 후보 물질을 연구하는 기업입니다. 포스텍 연구실에서 기술이전 받은 특허를 기반으로 창업했다는 점이 정말 특별했는데요. 이곳에서 연구실장님, 박사님과 함께 연구실을 탐방하고 제품 개발 과정을 살펴보았습니다.

RIMS 기술과 신약 개발

R&D 연구실에서는 헤세드바이오의 핵심 기술인 'RIMS 기술'에 대해 배울 수 있었습니다. RIMS(Receptor Internalization Monitoring System)란, 세포의 수용체를 자극하거나 저해할 수 있는 물질을 스크리닝하는 플랫폼입니다. 쉽게 말해, 수용체의 위치를 실시간으로 분석할 수 있는 기술을 의미합니다. 세포 내부에는 무수히 많은 단백질이 있고, 이 단백질들은 활성 정도에 따라 세포 표면과 내부를 오가며 위치가 변화합니다. RIMS 기술을 활용한다면, 해당 단백질들의 위치를 실시간으로 파악할 수 있기 때문에 수용체를 조절하는 물질을 쉽게 찾아낼 수 있다는 장점이 있습니다.

헤세드바이오는 이 RIMS 기술을 활용해 미백 및 항노화 기술뿐만 아니라, 탈모 치료 신약 후보 물질도 개발 중입니다. 대표적으로 'HPF-104'라는 물질은 남성 호르몬이 수용체에 결합하는 것을 직접적으로 억제하는 약물입니다. 이 작용을 통해 DDK-1(Dikkopf-1), IL-6(Interleukin-6)와 같은 탈모 촉진 물질의 분비가 차단되어, 탈모 억제와 발모 촉진이 동시에 일어나는 혁신적인 기전을 구현하는 데 성공했습니다. 더욱 놀라운 점은, 이 물질에 대해 이미 동물실험 및 임상실험까지 모두 완료했다는 것입니다!



‘야슈브(Yashuv)’ 집중 탐구

다음으로, 헤세드바이오의 화장품 브랜드 ‘야슈브(Yashuv)’가 탄생하는 실험실을 방문했습니다. 이곳에서는 야슈브 제품의 핵심 성분인 ‘smEGF™’의 과학적 원리에 대해 자세한 설명을 들을 수 있었습니다. 먼저, EGF(Epidermal Growth Factor)는 상피세포 성장인자를 의미합니다. 이 성분이 수용체와 결합하면 세포 재생이나 성장을 돕는 신호전달을 활성화해 피부 보습이나 주름 개선 효과를 기대할 수 있습니다. 하지만 EGF는 분자 크기가 너무 커서 각질층을 통과하기 어렵기 때문에, 피부에 직접 바르더라도 효과를 보기 어렵다는 한계가 있었습니다.

헤세드바이오는 RIMS 기술을 통해 이 한계를 극복할 ‘smEGF™’라는 물질을 발굴해 냈습니다. 이 물질은 피부를 투과할 수 있는 ‘소분자 화합물’인 동시에, 외부 환경에도 거의 영향을 받지 않는 안정된 물질입니다. 이러한 기술력을 바탕으로 탄생한 야슈브 로션의 경우, 4주간의 임상시험을 통해 피부 수분량 72% 증가, 피부 속 보습 19% 증가, 피부 수분 손실량 17% 감소라는 뛰어난 효과를 보였습니다. 또한, RIMS 기술로 개발된 ‘머머리 부스터’ 두피 앰플 역시 4주 사용 시 탈모를 약 31% 완화해 주는 뛰어난 성능을 입증했습니다!

한승현 연구소장님의 인터뷰

마지막으로, 창업자이신 한승현 연구소장님과 인터뷰를 진행했습니다. 먼저, 박사후 연구원 이후 창업을 결심하게 된 계기와 교수님과의 협업 과정에 대해 여쭙 보았는데요. 소장님께서도 당초 해외 박사후연구원을 목표로 삼고 계셨다고 합니다. 연구를 통해 좋은 논문을 발표하며 전형적인 학자의 길을 걷고자 했으나, 박사과정 4년 차에 지도교수님으로부터 창업을 제안받으셨다고 합니다. 처음에는 거절하셨지만, 교수님의 격려 속에서 창업의 길이 끝이 성공이든 실패든, 삶에 큰 자양분이 될 것 같다는 생각을 가지게 되었고, 창업을 결심하셨습니다. 물론, 창업 초기에는 회사와 사업의 구조에 익숙해지는 데 많은 시행착오를 겪으셨습니다. 하지만 그 모든 시간은, 스스로의 성장에 큰 도움이 되었다고 합니다. 현재는 연구뿐만 아니라 회사에서 요구하는 속도와 효율을 이해하게 되었으며, 최근에는 과학적인 접근에만 머무르지 않고, 보유한 기술을 성숙시켜 실제 가치로 연결하는 과정에 집중하고 있습니다. 헤세드바이오의 비전과 목표에 대해서도 여쭙 보았는데요, “헤세드(Hesed)는 히브리어로 신뢰와 믿음에 기반한 ‘끊임없는 사랑과 은혜’를 의미합니다. 이처럼 헤세드 바이오는 앞으로도 성장인자 및 호르몬 수용체 조절 물질 탐색을 통해, 사람들이 나이가 들에 따라 겪는 노화 과정을 늦추고 ‘건강하고 아름다운 나이 들’을 실현하도록 돕는 기업이 되는 것이 비전입니다.”라고 말씀해 주셨습니다. 마지막으로, 이 글을 읽는 학생들에게 “창업을 꿈꾼다면, 일상에서 ‘이것만 개선되면 삶의 질이 높아질 텐데’라고 느끼는 작은 불편함에 대해 ‘어떻게 고쳐나갈까’라는 아이디어를 항상 생각하는 것이 중요합니다. 자신의 학문적 능력으로 그 불편함을 극복할 방법을 깊이 생각하면 좋은 아이디어가 떠오를 것입니다.”라는 조언의 메시지를 전해 주셨습니다.





헤세드바이오 알턴십을 마치며

지금까지 생명과학 기술로 '건강한 나이 들'을 만들어가는 기업, 헤세드바이오를 견학해 보았습니다. 이번 알턴십을 진행하면서 대학 연구실의 성과가 '아슈브' 화장품과 신약 후보 물질로 탄생하기까지의 과정은 물론 그 안에 담긴 철학까지 확인해 볼 수 있었습니다. 하나의 핵심 기술이 실제로 상용화되기까지, 수많은 사람들의 다양한 노력이 필요하다는 사실을 실감할 수 있었는데요. 특히, 단순히 과학적 연구에 머무르지 않고, 그 기술을 '어떻게' 사람들에게 실질적인 도움을 주는 제품으로 발전시킬 것인가를 끊임없이 고민하는 역량이 중요하다는 점이 인상 깊었습니다!

알턴십을 위해 열심히 준비해 주신 헤세드바이오의 한승현 연구소장님, 조경원 박사님께 정말 감사드립니다. 헤세드바이오의 'RIMS 기술'과 '아슈브' 화장품 개발 스토리에 대해 흥미가 생기셨다면 포스텍 입학팀 유튜브 채널에 공개될 186호 알턴십 영상까지 꼭 확인해 주세요! 📺



알리미들의 일일 인턴 체험기,
2026년 2월 6일에 공개됩니다!



알턴십 인턴, 전자전기공학과 24학번 30기 알리미 정찬우
화학공학과 24학번 30기 알리미 김가경



고등학생 기자단 포커스 16기

김태경 교수님을 만나다

글. 약사고등학교 옥소아

대구가톨릭대학교사범대학부속 무학고등학교 도지원

안녕하세요! 포커스 16기 약사고등학교 옥소아, 대구가톨릭대학교 사범대학부속 무학고등학교 도지원입니다. 저희 포커스 기자단은 후성유전학을 바탕으로 뇌 질환, 장내 세균, Enhancer RNA 등을 연구하고 계신 생명과학과 김태경 교수님을 뵙고 인터뷰해보았습니다. 그럼, 인터뷰 내용을 확인하러 가보실까요?

Q 교수님께서 현재 진행하고 계신 연구와 연구실에 대해서 간략히 소개 부탁드립니다.

우리 연구실은 신경후성유전학 연구실(Neuro-Epigenetics Lab)입니다. 뇌에서 일어나는 인지 행동의 실체를 분자 수준에서 규명하는 것을 궁극적인 목표로 삼고 있습니다. 특히 '후성유전학'이라는 학문적 관점을 중심으로 연구를 진행합니다.

Q 자폐 스펙트럼 장애, 뇌전증, 알츠하이머병 등 다양한 뇌 질환이 분자 수준에서 어떤 메커니즘으로 발현되나요?

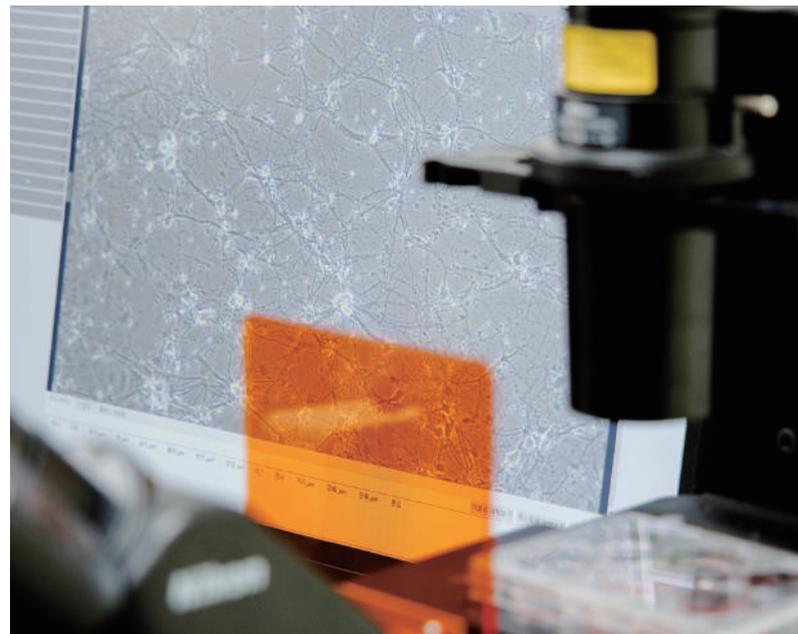
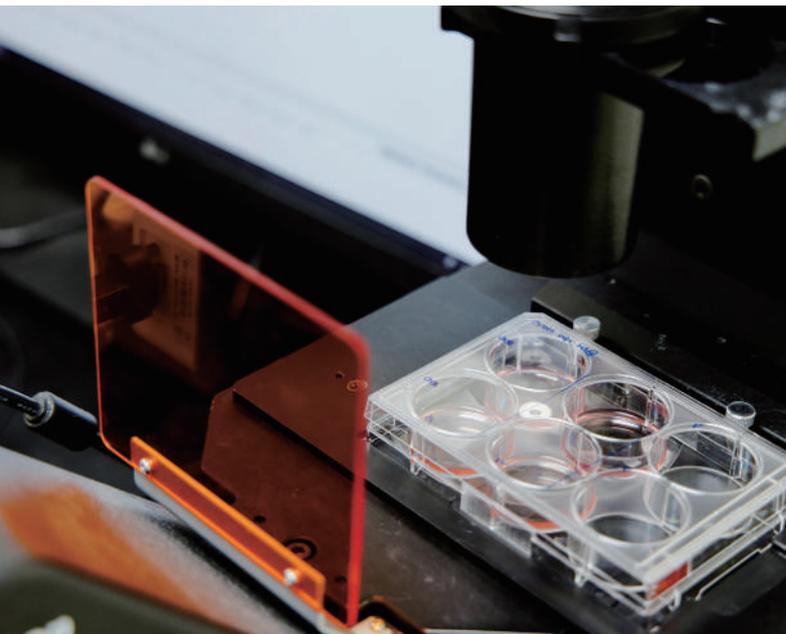
다양한 뇌 질환은 분자 수준에서 각기 다른 원인에 의해 발생합니다. 대표적으로 자폐 스펙트럼 장애는 이름 처럼 '스펙트럼' 범위로 증상이 나타나기 때문에 매우 많은 돌연변이 유전자가 자폐증과 관련되어 있습니다. 또한 뇌전증은 이온채널의 돌연변이와 신경세포의 과활성화, 알츠하이머는 아밀로이드 단백질과 타우 단백질에 의해 발현됩니다. 우리 연구실에서 뇌 질환을 연구할 때는 후성유전자적인 변화에 집중합니다. 원인은 다르더라도 그 상위 단계에서 경로를 파악하고 조절하면 다양한 유전자 돌연변이에 기인하는 뇌 질환의 해결책을 찾을 수 있을 것으로 생각하기 때문입니다.

Q 후성유전체란 무엇이며, 뇌 질환을 후성유전학적 관점에서 연구하는 방식이 다른 연구법과 비교했을 때 어떤 차별점이나 장점이 있는지 궁금합니다.

우리가 부모에게서 받은 유전자는 모두 동일한데, 신체가 발달하면서 어떤 세포는 대장세포로, 어떤 세포는 신경세포로 분화합니다. 1950년 한 발달생물학자는 '왜 같은 유전자를 가지고도 이렇게 달라질까'에 대해서 고민했습니다. 그 과정에서 유전자 자체는 같지만, 환경에 따라 일부 유전자가 켜지고 꺼지는 메커니즘이 있다는 것을 알게 되었고, 이것이 '후성유전학'의 시작이 되었습니다. DNA 염기 서열은 건드리지 않고, 어떤 유전자가 언제 발현될지를 조절하는 것이죠. 유전자 발현 조절이 제대로 이루어지지 않으면 세포가 암세포로 변하거나 장 기능이 망가질 수도 있습니다. 뇌의 특정 기능이나 세포 타입에서 어떤 유전자가 켜지고 꺼지는지를 이해하는 것이 후성유전학적 연구의 핵심이며, 이를 통해 뇌 질환 연구에서 환경과 경험이 유전자 발현에 미치는 영향을 탐구할 수 있다는 장점이 있습니다.



고등학생 기자단 포커스의 이야기는
2026년 3월 20일 공개됩니다!



Q 교수님께서 최초로 발견하신 Enhancer RNA(eRNA)가 RNA와 어떤 차이가 있나요?

수업 시간에 배운 RNA는 단백질의 정보를 담고 있는 즉, 단백질을 만들어내는 중간 매체입니다. 이와 달리 Enhancer RNA는 단백질을 만들어내지 않습니다. Enhancer RNA는 단백질 정보를 담고 있지 않은 비암호화 RNA의 한 부류로 프로모터라는 부위와 함께 DNA상의 특정 유전자 발현을 조절합니다. 기존에는 전사인자와 단백질이 결합해서 유전자를 발현시킨다는 사실만 알려져 있었는데, 전사인자와 'RNA 폴리머레이즈'라는 효소가 결합해 알려지지 않았던 RNA를 새롭게 만들어낸다는 것을 알게 되었습니다. 이때 만들어진 RNA를 Enhancer에서 나오는 RNA라 해서 Enhancer RNA라 부르게 되었습니다.

Q 최근 뇌과학 연구에서 AI 기술이 많이 활용되는데, 교수님께서도 연구에 AI 기반 모델이나 시뮬레이션을 활용하고 계시는지 궁금합니다.

우리 연구실에서는 머신러닝을 활용합니다. 예를 들어, 감각 자극을 받으면 해당 신경세포가 활성화되면서 여러 유전자에서 eRNA가 발현됩니다. 그런데 이 발현되는 패턴이 자극의 종류나 세포 종류에 따라 달라지는 것을 발견했습니다. 이 정보를 머신러닝 기법으로 학습시키면, 나중에 eRNA 발현 패턴만 보고 뇌가 어떤 감각 자극을 받았는지, 또는 중독의 어느 단계에 있는지를 예측할 수 있습니다. 앞으로 유전자 정보를 학습해 뇌 질환이나 중독 단계별 특성을 예측하는 연구로 확장될 수 있습니다.





Q AI 기술 외에도 연구실의 핵심적인 최신 연구 기법을 소개해 주세요.

최근에는 생명과학 분야에서 다양하고 새로운 기술이 등장하면서 생명 현상에 대한 이해가 점점 깊어지고 있습니다. 그중 우리 연구실에서 특히 많이 이용하고 있는 것은 ‘단일세포 분석 기법’입니다. 단일세포 분석은 세포 하나하나 수준에서의 분자적 변화를 분석하는 기법입니다. 특히 뇌는 조직적으로 가장 복잡하니 단일세포 분석기술이 어느 분야보다도 필요하고, 중요합니다. 그뿐만 아니라 뇌의 단면을 잘라내 해부학적 요소를 그대로 관찰하는 ‘공간 전사체 기술’, 뇌를 투명화시켜 3차원 공간에서 세포를 확인하는 ‘브레인 클리어링 기술’ 등이 연구에 활발히 사용되고 있습니다.

Q 교수님께서 추구하시는 앞으로의 연구 방향이나 개인적인 목표가 있다면 무엇인가요?

지금까지는 기초적인 원리를 규명하는 데 많이 노력해 왔습니다. 뇌가 정보를 저장하고 처리하며 외부 환경에 반응하는 인지 행동의 실체가 무엇이고, 그 과정이 어떻게 일어나는지를 이해하는 것이 저희의 궁극적인 목표입니다. 이제는 이러한 원리를 바탕으로 임상적 활용까지 생각하고 있습니다. 특히, 자폐증 증상을 보이는 분자 흐름을 후생유전학적으로 분석하고, 이를 교정할 수 있는 기술을 개발 중입니다. 현재 쥐를 이용한 동물실험 단계에서 인지 행동이 변하는 효과를 확인했습니다. 언젠가는 사람에게도 적용하여 자폐증 환자들에게 실질적인 희망을 줄 수 있는 기술로 발전시키는 것이 제 목표입니다.

Q 마지막으로 뇌과학자를 꿈꾸는 학생들에게 한 말씀 부탁드립니다.

우리는 분명히 읽고, 말하고, 쓰는 것을 ‘뇌’로 수행하지만, 아직 그 메커니즘이 눈에 보이지 않는 미지의 영역으로 남아있습니다. 그 점이 바로 뇌과학의 매력이라고 생각합니다. 생리적, 분자적 작용으로 나타나는 인지 행동의 실체를 연구한다는 점, 궁극적으로 동물과 구별되는 인간만의 특징인 고차원적 인지 기능을 연구한다는 점에 큰 의미가 있기에 도전해 볼 만한 학문이라고 생각합니다!

지금까지 포스텍 생명과학과 김태경 교수님과의 인터뷰였습니다. 흔쾌히 인터뷰에 응해주신 김태경 교수님께 진심으로 감사드리며, 인터뷰 진행에 도움을 주신 강수향 입학사정관님, 백지훈 알리미님, 김승의, 윤은지 촬영 감독님들께도 감사의 마음을 전합니다. 그럼, 지금까지 포커스 16기 옥소아, 도지완이었습니다!📍

핵융합

오늘날 생성형 AI의 확산과 데이터센터 급증으로 전력 수요가 가파르게 증가하고 있습니다. 국제에너지기구(IEA)는 “전 세계 데이터센터 전력 수요가 2030년까지 두 배 이상 늘어 약 945TWh에 이를 것”이라고 전망했습니다. 더 깨끗하고, 더 큰 규모의, 그리고 끊임이 없는 전력이 요구되는 오늘, 그 대안으로 주목받는 에너지가 바로 핵융합인데요. 그렇다면 핵융합은 무엇이며 어떤 원리로 에너지를 만들어낼까요? 인류는 어떻게 핵융합을 인공적으로 구현해 활용하려 했을까요? 또 완벽해 보이는 핵융합에 한계는 없을까요? 이번 기획특집에서는 핵융합의 원리와 점화 조건, 인공 핵융합의 작동 원리와 이를 가능하게 하는 기술인 토카막, 그리고 인공 핵융합의 한계인 플라즈마 불안정성에 대해 자세히 알아봅시다.

2026년 2월 27일,
기획특집을 영상으로 만나보세요!



핵융합의 원리와 조건

기획특집

1

글. 무은재학부 25학번 31기 알리미 박지연

최근 전 세계적으로 친환경 에너지에 대한 관심이 높아지며, 차세대 에너지원으로 핵융합이 주목받고 있습니다. 태양이 수십억 년 동안 빛을 낼 수 있는 이유 역시 핵융합 반응에 있는 것이죠. 하지만 이러한 반응을 지구에서 구현하기 위해 단순히 온도를 높이는 것만으로는 충분하지 않습니다. 그렇다면 어떠한 조건들을 충족해야 할까요? 이번 꼭지에서는 핵융합의 원리와 이를 지속시키는 조건, 그리고 대표적 반응인 D-T 반응을 살펴보겠습니다.

핵융합이란

핵융합은 두 개 이상의 원자핵이 융합하여 더 무거운 원자핵을 형성하는 과정입니다. 핵융합 반응에서는 생성물 전체의 질량 합이 반응물 전체의 질량 합보다 작은 값을 갖습니다. 이는 핵융합 과정에서 일부 질량이 에너지로 전환되기 때문입니다. 원자핵을 구성하는 입자들이 결합할 때 방출되는 결합에너지는 질량-에너지 등가 원리에 의해 $E = \Delta mc^2$ 으로 표현됩니다. 이때 Δm 은 질량 결손으로, 반응물의 총질량과 생성물의 총 질량의 차이를 의미하고, c 는 빛의 속도입니다. 따라서 질량 차이에 의한 막대한 에너지가 방출되는 것입니다.

플라즈마와 쿨롱장벽

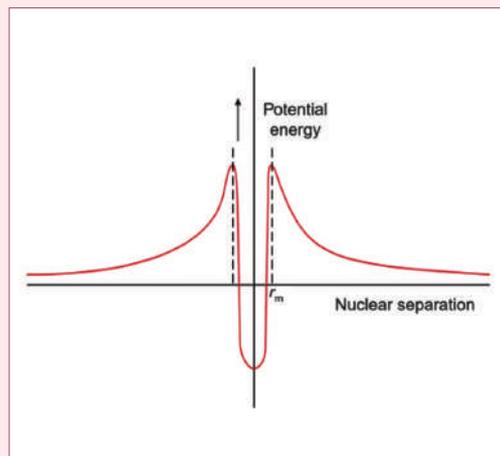
핵융합이 일어나기 위해서는, 원자핵이 서로 충돌할 수 있어야 합니다. 태양과 같은 고온, 고압에서는 원자가 전자와 원자핵으로 분리되어 전하를 띤 입자들이 자유롭게 존재하는 플라즈마 상태가 됨으로써 전자의 방해 받지 않을 수 있습니다. 그러나 같은 전하를 띤 원자핵들은 강한 전기적 반발력으로 인해 서로 접근하기 어려워, 핵융합이 일어나기 위해서는 이를 극복할 만큼의 충분한 에너지가 필요합니다. 이때 원자핵들이 서로 밀어내는 전기적 힘에 의해 형성되는 에너지장벽을 쿨롱장벽(Coulomb barrier)이라고 하며, 다음과 같이 표현합니다.

$$U_{coulomb} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$$

q_1, q_2 : 전하량, r : 두 전자 사이의 거리, ϵ_0 : 진공의 유전율

입자들이 서로 가까워질수록 퍼텐셜에너지가 커지므로, 이를 극복하려면 매우 높은 온도와 압력이 필요합니다. 입자가 충분한 에너지를 얻고 쿨롱장벽을 극복해 서로 충분히 가까워진다면, 강한 핵력¹이 반발력보다 우세하게 작용하여 원자핵들이 융합하게 되는 것입니다.

그림 1. 두 전하의 거리에 따른 퍼텐셜 에너지



강한 핵력이 실질적으로 작동하는 범위는 대략 1~3 fm이기에,² 고전적으로 쿨롱장벽을 극복하기 위해서는 수백 keV이상의 에너지가 필요합니다. 그러나 태양의 중심 온도는 약 1.5×10^7 K으로 입자의 평균 운동에너지는 약 1.9 keV 수준입니다. 따라서 고전적 계산으로

1. 핵자(양성자, 중성자)를 서로 붙잡아 원자핵을 형성하는 힘

2. 1fm = 10^{-15} m를 의미함

는 쿨롱장벽을 넘지 못해 핵융합이 일어나는 것을 설명할 수 없습니다. 그렇다면 태양에서는 어떻게 안정적인 핵융합이 일어날까요? 이는 양자 터널링과 맥스웰-볼츠만 분포³로 설명됩니다.

양자 터널링과 가모프 피크(Gamow Peak)

양자역학적 관점에서 모든 입자는 입자적 성질과 파동적 성질을 동시에 갖습니다. 파동이 공간상에 퍼져있듯이, 입자의 존재 확률 또한 공간 전체에 퍼져있으므로 이를 파동함수로 표현할 수 있습니다. 양자터널링이 일어날 때 파동함수는 입자의 운동에너지가 쿨롱장벽보다 낮은 영역에서 감쇠하며, 그 감쇠 정도가 장벽을 뚫을 확률을 결정합니다. 이를 양자 터널링 효과라고 부릅니다. 이는 WKB 근사법⁴을 통해 계산되며, 그 확률은 $P_a \propto e^{-2\pi\eta}$ 라는 수식으로 나타냅니다. 여기서 감쇠인자 η 는 $\frac{Z_1 Z_2 e^2}{\hbar} \sqrt{\frac{\mu}{2E}}$ 로 표현하며, Z_1, Z_2 는 두 원자핵의 전하수, μ 는 축약 질량⁵, E 는 상대 운동에너지, \hbar 는 플랑크 상수를 2π 로 나눈 값을 의미합니다.

핵이 무겁거나 전하수가 클수록, 입자의 에너지가 낮을수록 쿨롱장벽을 통과할 터널링의 확률은 낮아집니다. 반면 맥스웰-볼츠만 분포⁶ 식인 $f(E) \propto e^{-E/kT}$ 에 의하면 높은 에너지를 가질수록 입자가 존재할 확률은 줄어듭니다. 이는 양자 터널링과 상반된 경향을 보이므로, 두 효과가 동시에 작용하여 반응률⁷이 최대가 되는 지점이 발생하게 되는데, 이 지점을 가모프 피크라고 합니다. 따라서 반응률 계산에는 단면적 $\sigma(E)$ 과 입자 존재 확률인 맥스웰-볼츠만 분포가 함께 고려됩니다. 단면적 $\sigma(E)$ 은 어떤 입자쌍이 충돌했을 때 반응이 일어날 확률을 나타내는 값으로 아래와 같은 수식으로 나타낼 수 있으며, 앞서 다룬 감쇠인자 수식에 의해 쿨롱 장벽의 영향을 받습니다.

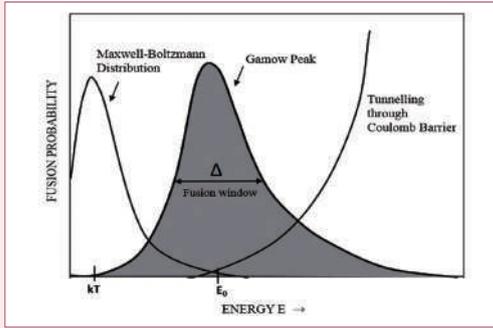
$$\sigma(E) = \frac{S(E)}{E} e^{-2\pi\eta(E)}$$

$S(E)$: 핵 내부 반응의 구조적 요인으로 인해 천천히 변화하는 항

단면적을 포함한 핵융합의 반응률 평균값⁸을 아래와 같은 수식으로 나타낼 수 있습니다.

$$\langle \sigma v \rangle \propto \int_0^\infty \sigma(E) e^{-E/kT} dE$$

그림 2. 맥스웰-볼츠만 분포와 터널링 확률의 중첩에 의한 가모프 피크 (Gamow Peak)



결과적으로, 태양에서 핵융합이 일어나는 것은 양자 터널링과 맥스웰-볼츠만 분포를 통해 쿨롱 장벽을 극복할 수 있기 때문입니다. 하지만 에너지원으로서 의미를 갖기 위해서는 핵융합이 한 번만 일어나고 끝나는 것이 아니라, 생성된 에너지가 다시 새로운 핵융합을 일으키는 조건을 유지하여 연쇄적으로 반응이 이어지는 상태가 되어야 합니다. 그렇다면 핵융합 반응이 연쇄적으로 일어나기 위해서는 어떤 조건이 충족되어야 할까요?

로슨 기준(Lawson criterion)

핵융합 반응이 연쇄적으로 일어나기 위해서는, 반응을 통해 생성되는 에너지가 손실되는 에너지보다 커야 합니다. 이를 만족하는 최소 조건을 로슨 기준이라고 합니다. 핵자들의 평균 운동에너지는 온도에 비례하므로, 온도를 높이면 입자들의 속도가 증가해 충돌에너지가 커집니다. 또한 입자 밀도가 높을수록 충돌 기회가 많아지고, 가동시간이 길수록 총 반응량도 늘어납니다. 결국 핵융합의 지속 여부는 온도, 입자 밀도, 가동시간에 의해 결정되며 로슨 기준은 아래와 같은 수식으로 표현됩니다.

$$n\tau_E \geq \frac{12T}{E_{ch} < \sigma v >}$$

n : 입자 밀도, τ_E : 가동시간,

T : 절대온도, E_{ch} : 핵융합 생성물의 에너지

따라서 반응에 참여하는 입자들의 밀도와 가동시간의 곱이 일정한 온도 조건에서 요구되는 임계값보다 크다면, 핵융합 반응에서 발생하는 에너지가 손실되는 에너지보다 커져 핵융합이 자발적으로 유지되는 상태, 즉 자체 점화 상태에 도달하게 됩니다.

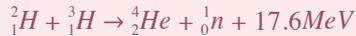
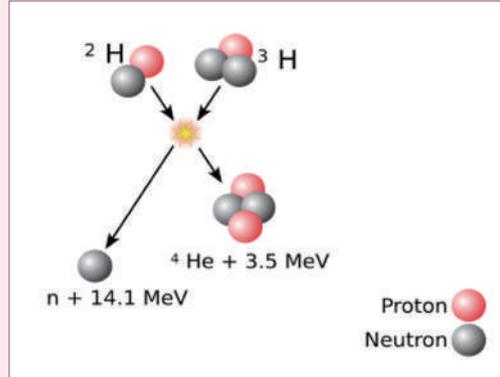
3. 열평형 상태에서 입자들이 가지는 속도(또는 에너지)에 따른 확률분포
4. 슈뢰딩거 방정식을 푸는 과정에서 파동 함수의 진폭 또는 위상이 거의 일정하다는 가정 아래 푸는 근사법
5. 두 물체가 서로에 대해 운동할 때, 그 운동을 '질량' μ 인 하나의 입자가 움직이는 것으로 단순화한 등가 질량으로, $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ 로 표현하며 여기서 m_1, m_2 는 두 입자의 질량을 의미함
6. 열평형 상태에 있는 입자들의 에너지 분포, 즉 각 에너지를 가질 존재확률의 상대적 크기를 나타냄. 여기서 T 는 입자의 에너지, k 는 볼츠만상수, T 는 계의 절대온도를 의미함
7. 단위 부피 내에서 단위 시간당 일어나는 핵융합 반응의 수
8. $\langle \rangle$ 기호는 평균값(기댓값)을 의미함

- 9. 수소 원자핵 6개가 반응에 참여하여 헬륨 원자핵 1개와 수소 원자핵 2개를 생성하는 반응
- 10. 수소 원자핵 4개가 반응에 참여하여 헬륨 원자핵 1개를 생성하는 반응으로, 탄소, 질소, 산소는 촉매 역할을 함

핵융합이 일어나는 과정 - D-T 반응

핵융합 반응 중에서 인공적으로 구현하기 적합한 것은 D-T(중수소-삼중수소)반응입니다. 이 반응에서는 중수소와 삼중수소가 결합해 헬륨-4와 중성자 한 개를 생성하면서 총 17.6 MeV의 에너지를 방출합니다.

그림 3. D-T 핵융합 반응 과정



이 과정에서 발생한 질량 결손인 약 $3.12 \times 10^{-29} \text{kg}$ 이 에너지로 전환되는 것입니다. D-T 반응은 두 입자의 전하수가 작아 쿨롱장벽이 낮고, 터널링 확률이 높아 입자들이 실제로 충돌할 가능성이 커지므로 상대적으로 반응이 잘 일어납니다. 따라서 실제 태양 내부에서는 T(삼중수소)가 부족해 주로 P-P 반응⁹과 CNO 순환 반응¹⁰을 통해 에너지가 생성되지만, 인공 핵융합 연구에서는 더 효율적인 D-T 반응이 주로 사용됩니다.

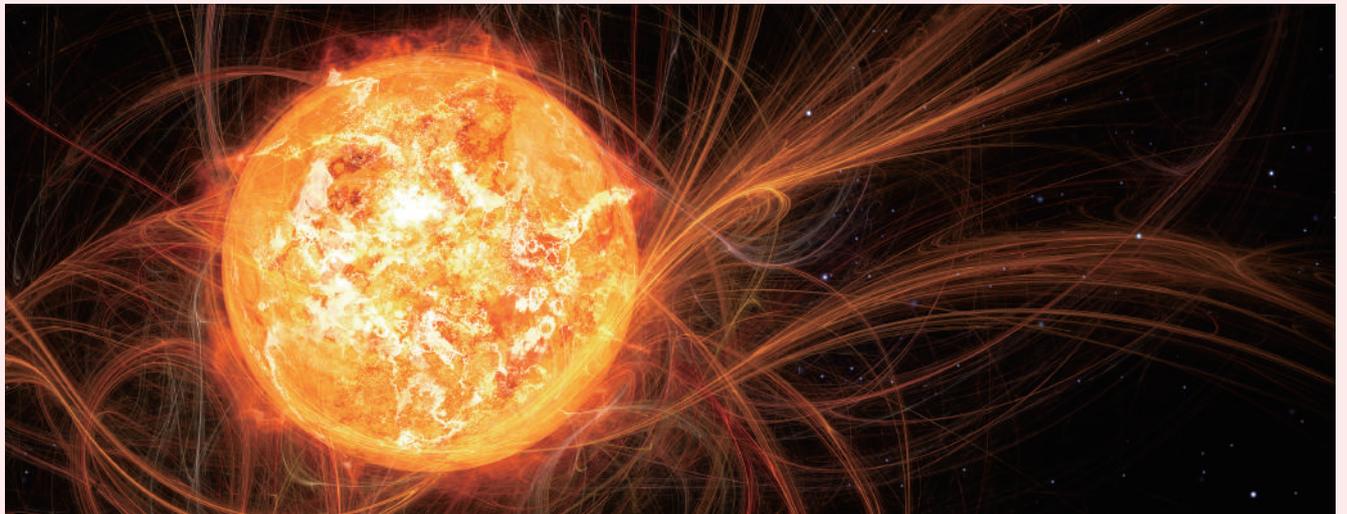
핵융합을 일으키고 유지하기 위한 조건은 까다롭지만, 이를 극복한다면 인류는 태양처럼 무한한 청정에너지를 얻을 수 있습니다. 이제 남은 질문은 ‘어떻게 이 장벽을 넘어 핵융합을 현실로 만들 것인가?’입니다. 이번 꼭지의 내용을 바탕으로, 다음 꼭지에서는 인공적으로 핵융합을 구현하는 방법과 인공 핵융합을 위한 대표적 장치인 토카막에 대해 자세히 살펴봅시다! 📖

그림 출처

- 그림 1. Berger, Henry. "Design of a Single-Hit Neutron Spectrometer for D-D Fusion." In 2020 Summer Research Program for High School Juniors: Student Research Reports, Laboratory for Laser Energetics, University of Rochester, February 2020.
- 그림 2. Cuda, Francesco. "Schematic Representation of the Gamow Peak with Fusion Window." In Neutrino: Astrophysical Surveys and Properties, 2019. Figure. Via ResearchGate.
- 그림 3. "핵융합," 위키피디아 (Wikipedia), Accessed October 6, 2025, <https://ko.wikipedia.org/wiki/%ED%95%B5%EC%9C%B5%ED%95%A9>

참고 자료

- 1. 한국핵융합에너지연구원 "핵융합이란?". n.d. Accessed October 6, 2025.
- 2. Maciel, Walter J. Introduction to Stellar Structure. Cham: Springer, 2016. p.137-141
- 3. Wurzel, Samuel E., and Scott C. Hsu. "Progress toward Fusion Energy Breakeven and Gain as Measured against the Lawson Criterion." Physics of Plasmas 29, no. 6 (June 2022): 062103.
- 4. Townsend, R. H. D. "PHYS 633: Introduction to Stellar Astrophysics." Lecture notes, University of Delaware, 2006.
- 5. 김충섭. "핵융합 - 별의 물리학." 『물리산책』. 네이버 지식백과. 네이버, 2009년 7월 24일. <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=3567627&cid=58941&categoryId=58960>



인공적으로 핵융합을 일으키는 방법

기획특집 **2**

글. 무은재학부 25학번 31기 אלימי 이재린

앞 쪽지에서는 핵융합의 원리와 핵융합이 지속적으로 유지되기 위한 조건을 알아보았습니다. 인공 핵융합에서 주로 사용되는 D-T 반응이 일어나기 위해서는 높은 온도와 같은 여러 조건을 만족시켜야 합니다. 그렇다면 이 조건은 어떻게 만족시킬 수 있을까요? 이번 쪽지에서는 핵융합을 인공적으로 발생시키고 유지하는 원리에 대해 알아보시다!

인공적인 핵융합 방식, 자기 밀폐

자기 밀폐(MCF, Magnetic Confinement Fusion)는 연료로 쓰이는 기체를 플라즈마 상태로 만들고, 강한 자기장 내부에 가둔 상태로 융합시키는 방식입니다. 이때, 플라즈마란 전자와 이온으로 분리된 전하 입자들의 집합 상태로, 자기장의 영향을 받습니다.

플라즈마는 전하를 띠어 전자기장 내에서 로런츠 힘¹을 받습니다. 이 힘에 의해 플라즈마가 자기장 내부에 가둬지게 됩니다. 자기 밀폐를 이용하여 핵융합 발전을 발생시키는 구조는 다양하게 존재하지만, ITER와 K-star에서는 주로 토카막이라는 장치가 사용됩니다. 그렇다면 토카막은 어떤 원리로 작용할까요?

자기 밀폐 방식을 이용한 구조, 토카막

토카막은 토로이드² 구조의 장치로, 토로이달 자기장, 폴로이달 자기장을 생성합니다. 토로이달 자기장은 플라즈마를 장치 내벽으로부터 격리하는 역할을 하는 자기장으로, 그림 2에서 회전면에 둘러 균일하게 배치된 코일(TF, Toroidal Field coil)에 의해 생성됩니다. 코일에 전류가 흐르면 토카막에 흐르는 플라즈마의 순환 경로를 감싸는 자기장이 발생합니다. 작용 거리가 증가할수록, 자기장의 세기는 감소하는 특성이 있습니다. 이러한 토카막의 자기장 세기는 작용 거리에 반비례하므로, 중심에 가까울수록 자기장이 강해집니다. 이 때문에 전자와 이온이 서로 반대 방향으로 밀려 나갑니다. 그 결과 한 쪽에는 양전하가, 반대쪽에는 음전하가 쌓이게 됩니다. 이렇게 전하가 분리되면 새로운 전기장이 생깁니다.

그림 1. 토카막의 토로이드 구조

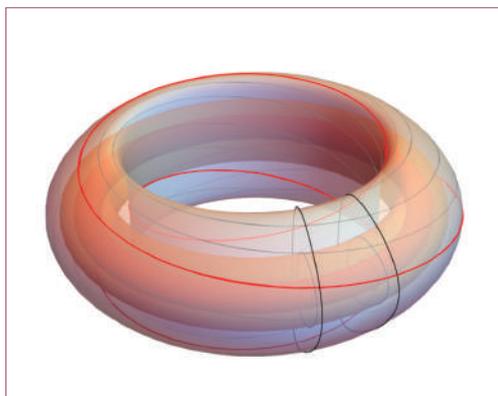
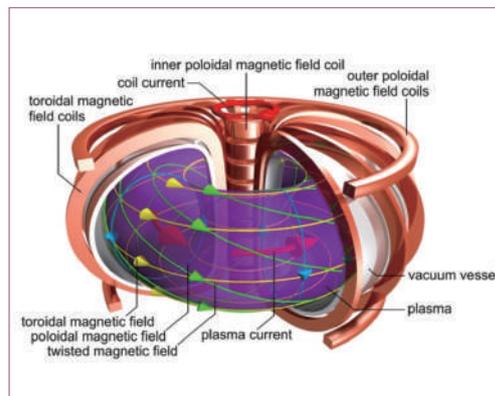


그림 2. 토카막의 코일 구조



1. 전하를 띤 입자가 전기장과 자기장이 있는 공간을 움직일 때 받는 힘. ($F = qE + qv \times B$, 전자기장에서의 로런츠 힘은 위 식과 같이 표현되며, q 는 전하량, v 는 입자의 속도, E 는 전기장, B 는 자기장을 의미)
2. '도넛 모양' 또는 '반지 모양'의 입체 도형

3. 충돌 이온화로 생성된 전자가 다시 다른 원자와 충돌하는 과정에서, 전자 수가 기하급수적으로 증가하는 연쇄 반응

이 전기장이 플라즈마 전체를 벽 쪽으로 미는 힘($E \times B$ 표류)을 만들어 플라즈마가 밖으로 새어 나가게 됩니다. 이러한 불안정한 표류를 억제하고 플라즈마를 안정적으로 가두는 데 필요한 것이 폴로이달 자기장입니다. 그림 1의 검은색 선에 해당하는 폴로이달 자기장은 수평 코일에 의해 발생합니다. 토로이달 자기장과 폴로이달 자기장을 더하면 그림 1의 빨간 선과 같이 D자 모양의 회전면을 가진 나선형 자기장이 됩니다. 이로 인해 플라즈마 입자가 토로이드를 한 바퀴 돌 때 안쪽과 바깥쪽, 위와 아래를 모두 거치며, 불안정한 표류로 인한 자기장의 크기 차이가 상쇄되어 안정적으로 플라즈마를 가둘 수 있습니다.

지금까지 토카막의 구조와 토카막에서 발생하는 자기장에 대해 알아보았습니다. 그렇다면 플라즈마는 어떤 과정을 거쳐 인공적으로 만들어지는 걸까요?

인공 핵융합의 시작, Breakdown

Breakdown은 토카막 내부에 주입된 기체를 방전시켜 이온화된 플라즈마로 만드는 과정입니다. 방전은 파셴 법칙(Paschen's Law)으로 설명할 수 있습니다. 파셴 법칙은 두 전극 사이에서 방전을 시작하는 데 필요한 방전 개시 전압을, 압력과 전극 사이 거리의 관계로 설명하는 법칙입니다.

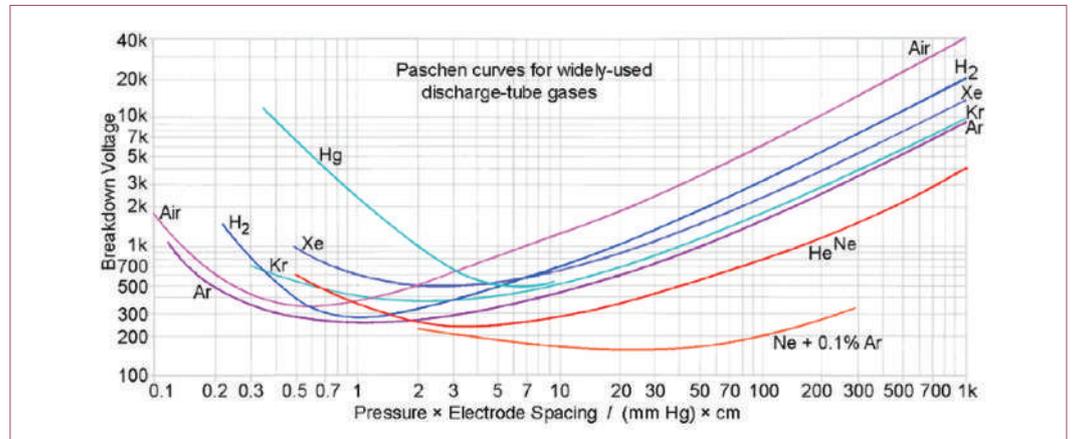
파셴 곡선 그래프의 y축은 방전 개시 전압, x축은 압

력(p)과 전극 사이 거리(d)의 곱인 pd 값입니다. pd 값이 낮으면 기체 압력이 낮아 밀도가 작거나, 움직이는 경로가 짧아 충돌수가 감소해 방전이 잘 일어나지 못합니다. 또한 pd 값이 높으면 기체 압력이 높아 밀도가 크기 때문에 너무 자주 충돌하여, 이온화에 필요한 충분한 에너지를 얻지 못해 방전이 활발히 일어날 수 없습니다. 적정 pd 값에서는 연쇄반응으로 초기 전자수가 기하급수적으로 증식하여 전류가 흐를 수 있는 상태가 됩니다. 따라서, pd 값이 특정 지점일 때 방전 개시 전압이 극소점이므로, 방전 개시 전압이 극소점을 가지는 pd 값을 유지해야 전자 연쇄 생성 반응³이 순조롭게 발생할 수 있습니다.

완전한 이온화와 플라즈마 가열, Burn-through와 Ramp-up

플라즈마 전류가 형성되면, 충돌로 인한 저항 가열로 전자 온도가 상승합니다. 뜨거워진 전자들이 Break-down 단계에서 남아 있던 중성 기체나 벽에서 방출된 불순물과 충돌해 이온화를 일으켜, 결과적으로 완전한 이온화에 도달하게 됩니다. 이 과정으로 불순물이 줄어들면 플라즈마의 열 손실이 감소해 전류가 안정적으로 흐를 수 있는 환경이 만들어집니다. 이때, 플라즈마 전류를 높여 폴로이달 자기장 세기를 상승시키면, 가동 성능이 향상되고, 에너지 손실이 줄게 됩니다. 또한 저항 가열과 압축 효과로, 고온 플라즈마 상태를 유지하기 쉬워집니다.

그림 3. Paschen's Curve

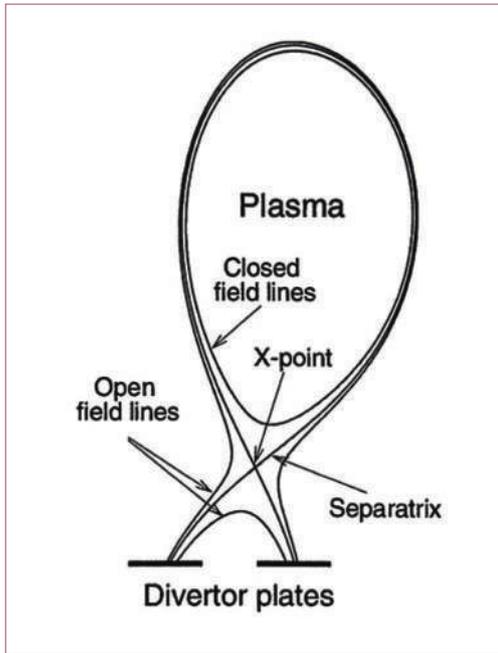


뜨거운 열을 분산시키는 장치, 디버터

위 과정에서 플라즈마가 안정적으로 형성되어도, 온도가 매우 높아 토카막 내부 벽면이 손상되거나, 불순물이 에너지 손실을 일으켜 효율이 떨어질 수 있습니다. 이러한 문제를 해결하기 위해 필요한 것이 바로 디버터(Divertor)입니다.

자기장을 이용해서 가두는 것이 매우 중요합니다. 하지만 높은 온도의 플라즈마를 지속적으로 사용하면, 플라즈마 안정성에 대한 문제가 발생합니다. 다음 꼭지에서는 이 문제점을 더 자세히 다루고, 해결하는 방법에 대해 알아보겠습니다.👉

그림 4. 토카막 내부 자기력선의 구조



토카막 내 자기선속 표면은 바깥의 열린 자기력선과 안쪽의 닫힌 자기력선으로 구성됩니다. 이 자기력선의 배치는 핵융합의 효율을 높이기 위해 불순물을 제거하고, 열에너지를 분산시키기 위한 구조입니다. 여기서 열린 자기력선이 꺾이는 지점을 X-point라고 합니다. 이 지점에서 폴로이달 자기장의 크기가 0이 되어, 불순물을 포함한 플라즈마는 외부로 흘러나올 수 있게 됩니다. 디버터는 X-point 부근에 위치하여, 불순물을 포함한 플라즈마 입자는 열린 자기력선을 따라 디버터 영역으로 유도됩니다. 또한 열을 진공 용기에 도달하기 전에 차단시켜 내벽 보호 기능도 수행합니다.

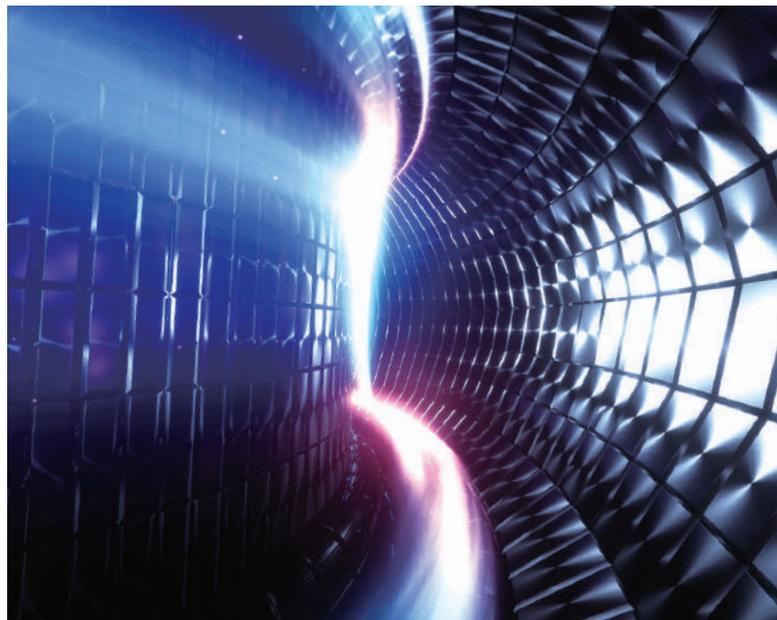
이번 꼭지에서는 인공적으로 핵융합을 유지하는 원리에 대해 알아보았습니다. 인공적으로 핵융합을 유지하기 위해서는 기체를 플라즈마 상태로 만들고, 플라즈마를

그림 출처

- 그림 1. 윤건수 교수님께서 제작
- 그림 2. 김현석, "KSTAR 플라즈마 평형 해석 기법과 활용", 「KPS 한국물리학회」, 2022년 3월 28일.
- 그림 3. Andrew somorjai. "Paschen Curve for various gases [4]" *Researchgate*. May 12. 2015. https://www.researchgate.net/figure/Paschen-Curve-for-various-gases-4_fig2_276279085
- 그림 4. 한국핵융합에너지연구원, 「FUSION INSIGHT」 7, (2024): 26.

참고 자료

- 1. "Paschen's law" 「위키피디아」. 2025년 8월 11일. <https://share.google/Zp5ds709gbsqq0hyN>
- 2. Walkden, N., Riva, F., Harrison, J. 외, "토카막 다이버터 체계에 국한된 난류의 물리학", *Commun Phys* 5, 139 (2022).
- 3. Wagenaars, Erik. "Plasma breakdown of low pressure gas discharges". PhD thesis, Eindhoven University of Technology, 2006
- 4. Mueller, D. "The Physics of Tokamak Start up." AIP Conference Proceedings 1390, no. 1 (2011)
- 5. 한국핵융합에너지연구원, 「FUSION INSIGHT」 7, (2024): 26.



핵융합의 난제, 플라즈마 불안정성

기획특집

3

글. 무은재학부 25학번 31기 אלימי 백지훈

앞선 꼭지에서는 핵융합과 인공 핵융합의 기본 원리에 대해 살펴보았습니다. 그러나 겉보기에 완벽해 보이는 핵융합에도 이를 가로막는 커다란 장애물이 있습니다. 바로 플라즈마 불안정성입니다. 이번 꼭지에서는 플라즈마 불안정성이 무엇인지, 그 배경이 되는 섭동과 베타 한계에 대해 알아보고, 더 나아가 플라즈마 불안정성의 두 종류인 킹크 모드와 티어링 모드에 대해 알아보겠습니다.

플라즈마와 섭동

플라즈마는 전자기파, 자기유체파¹와 같은 다양한 파동을 전달하는데, 이 파동이 섭동²을 멀리 퍼뜨리므로 작은 섭동에도 민감합니다. 섭동은 전도성 유체가 자기장 속에서 움직이며 자기력선을 휘거나 꼬이게 할 때 발생하기도 하고, 유체 내부 전류가 추가적인 자기장을 유도하여 기존 자기장 구조를 흐트러뜨릴 때 발생하기도 합니다. 이 미세한 섭동이 시간이 지남에 따라 어떻게 변화하는지를 분석하여 플라즈마의 안전성을 판단할 수 있습니다.

베타 한계

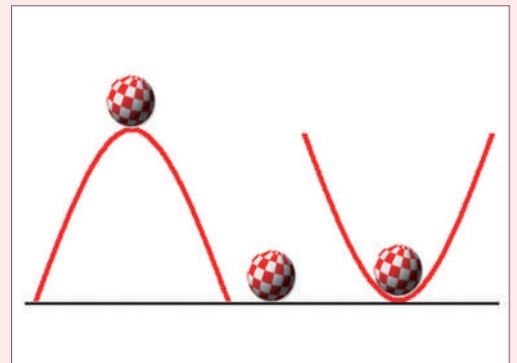
핵융합의 효율을 높이기 위해서는 플라즈마의 압력을 높여야 합니다. 플라즈마의 압력은 입자 밀도와 온도 곱으로 결정되며, 압력이 높아질수록 입자의 충돌 확률과 반응 단면적이 증가해 핵융합 반응률이 향상됩니다. 그런데 플라즈마의 압력을 높여가다 보면, 작은 섭동도 폭발적으로 성장하여 플라즈마를 불안정하게 만드는 ‘베타 한계’에 도달합니다. 베타(β)는 플라즈마의 압력(P)과 자기장이 플라즈마를 붙잡는 힘의 크기인 자기장의 압력(P_{mag}) 비율을 나타내는 매개변수로써 다음과 같이 표현합니다.

$$\beta = \frac{P}{P_{mag}} = \frac{nk_B T}{(B^2/2\mu_0)}$$

n : 개수 밀도³, T : 절대 온도, k_B : 볼츠만 상수, μ_0 : 진공 투자율⁴

P_{mag} 은 비유적 측면에서 바꾸기 어려우므로, 고정된 상황에서 P 를 얼마나 높일 수 있는지를 나타낸 것이 ‘베타 한계’입니다. 베타 한계는 에너지 원리를 통해 구할 수 있습니다. 이 원리는 플라즈마가 작은 섭동을 받았을 때, 퍼텐셜 에너지의 2차 미소 변화(δW)를 계산하여 안정성을 평가합니다. $\delta W > 0$ 이면 평형 상태가 최소 에너지 상태이므로 섭동이 복원되어 안정하고, $\delta W < 0$ 이면 더 낮은 에너지 상태로 가기 위해 섭동이 커지면서 불안정성이 증가하게 됩니다. 베타 한계는 $\delta W = 0$ 에서 결정되며, 이때를 경계로 안정과 불안정 영역이 구분됩니다.

그림 1. 플라즈마 안정성 좌: $\delta W < 0$, 중간: $\delta W = 0$, 우: $\delta W > 0$



1. 자기유체역학파 또는 알펜파 (Alfven wave)를 가리키는 용어며, 자기장이 있는 전기전도성 유체에서 발생하는 파동
2. 플라즈마가 대칭적이고 평형 상태에 있는 이상적인 상황과 달리, 미세한 온도나 밀도 불균일성, 또는 외부의 작은 교란 등으로 인해 존재하는 작은 흔들림
3. 이상기체 상태방정식 $PV = Nk_B T$ 에서 N 은 총 입자 수이고, 양변을 V 로 나누면 $P = nk_B T$ 가 되고, $n(N/V)$ 은 개수 밀도를 의미함
4. 자기장이 진공을 얼마나 잘 통과하는지를 나타내는 상수

베타 한계를 넘지 않은 상황에서는 섭동이 자기장 구조를 미세하게 왜곡해도, 자기장의 자기압력과 자기장 선의 장력이 왜곡을 감쇠시키거나 파동으로 흩어지게 만듭니다. 하지만 베타 한계를 넘으면, 자기장의 왜곡은 플라즈마 내부에 흐르는 전류에 영향을 주고, 왜곡된 자기장과 전류 사이에 로런츠 힘을 만들어냅니다. 로런츠 힘에 의해 플라즈마가 움직이면, 이 움직임은 자기장선을 더 강하게 휘거나 늘리게 됩니다. 이렇게 증폭된 자기장 왜곡은 더 강한 로런츠 힘을 만들기 위해 섭동의 성장률을 키워 불안정성을 증폭시킵니다.

이상적 MHD와 킥 모드

이런 불안정성의 형태는 크게 전기 저항, 점성 등을 고려하지 않는 이상적인 상황과 그렇지 않은 상황으로 구분할 수 있습니다. 우선, 플라즈마를 자기유체역학⁵⁾(MHD)으로 기술할 때, 전기 저항, 점성 등을 고려하지 않는 이상적인 상황을 이상적 MHD라고 부릅니다. 이상적 MHD에서는 전기 저항을 고려하지 않기에 전도도가 매우 높아 자기력선이 유체에 붙어 함께 움직이는 ‘Frozen-in’ 상태가 됩니다. 실제 플라즈마에서는 약간의 저항이 있지만, 핵융합 장치처럼 전도도가 충분히 높다면 ‘Frozen-in’ 조건이 거의 성립하여 플라즈마의 움직임을 잘 설명할 수 있습니다.

이상적 MHD 방정식은 질량 보존 방정식, 운동량 보존 방정식 등을 포함하는데, MHD 방정식 중 저항을 고려하는 상황과 가장 큰 차이를 보이는 것은 유도 방정식입니다. 유도 방정식은 자기장과 유체의 상호작용을 수학적으로 표현한 식으로, 패러데이의 전자기 유도 법칙($\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$)과 일반화된 옴의 법칙($E + v \times B = \eta J$)을 결합해 다음과 같은 방정식으로 나타냅니다.

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \nabla \times (v \times B) - \nabla \times (\eta J)$$

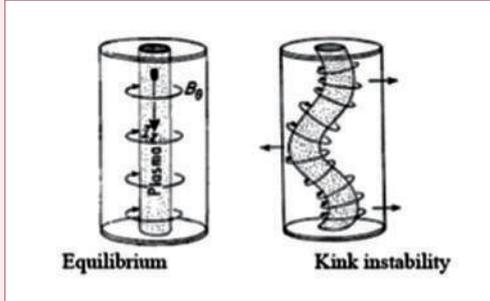
E : 전기장, B : 자기장,

v : 플라즈마 유체의 속도, η : 전기 저항률, J : 전류 밀도

우변의 첫 번째 항은 자기장 수송항으로 유체의 흐름이 자기장을 운반하는 효과를, 두 번째 항은 자기장 확산항으로 저항 때문에 자기장이 확산하는 효과를 나타냅니다. 이상적인 상황에서는 저항을 고려하지 않으므로 두 번째 항을 무시합니다.

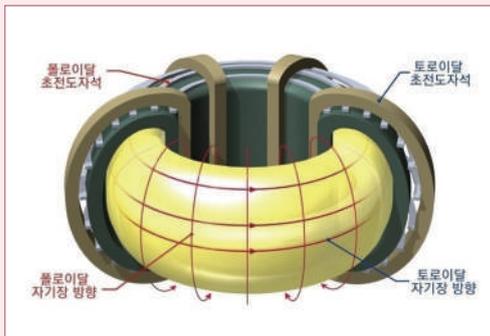
킥 모드는 주로 이상적 MHD 상황에서 플라즈마 기둥이 나선형으로 휘며 흔들리는 현상입니다. 킥 모드는 플라즈마 기둥에 흐르는 전류의 분포와 자기력선의 구조가 특정 조건에서 평형을 잃을 때 발생합니다. 특히 원통형 플라즈마에서는 헬리컬 섭동($\xi(r, \theta, \phi) = \tilde{\xi}(r)e^{i(m\theta - n\phi)}$)이 자기력선의 꼬임 정도를 보여주는 안 전율과 공명할 때 불안정성이 발생합니다.

그림 2. 평형 상태, 킥 모드



헬리컬 섭동은 플라즈마가 나선형으로 흔들리는 형태의 요동으로, 이를 나타낼 때 m 과 n 이라는 두 개의 ‘모드 수’를 사용합니다. m 은 단면에서 섭동이 반복되는 횟수를 나타내는 폴로이달 모드 수, n 은 큰 원을 따라 섭동이 반복되는 횟수를 나타내는 토로이달 모드 수입니다.

그림 3. 토카막에서 자기장의 방향



저항적 MHD와 티어링 모드

그렇다면 ‘Frozen-in’ 조건을 적용하지 않은 상황은 뭐라고 부를까요? 이 상황을 저항적 MHD라고 부릅니다. 저항적 MHD에서는 MHD 유도방정식 ($\frac{\partial B}{\partial t} = \nabla \times (v \times B) - \nabla \times (\eta J)$)의 확산항 ($\nabla \times (\eta J)$)을 무시할 수 없기에 자기장 확산 현상이 생기게 됩니다. 이 확산 현

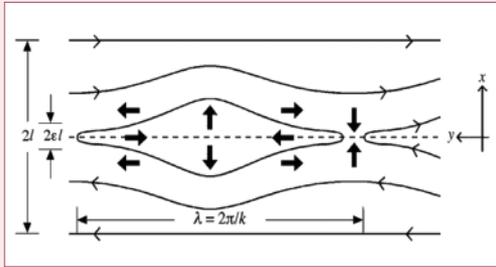
5. 전기적 성질을 갖는 유체들의 움직임을 연구하는 학문 분야

6. 티어링 모드에 의해 자기력선이 끊어지고 다시 연결될 때 형성되는 닫힌 자기장 구조, 플라즈마 내부의 에너지 및 입자 수송에 큰 영향을 끼침

과는 플라즈마 입자를 벽에서 분리시키는 능력을 저하하며 특히 자기력선이 끊어져 재연결되는 자기 재결합 현상을 유발해 플라즈마 내부의 자기장 구조를 파괴할 수 있습니다. 이에 따라 티어링 모드가 발생합니다.

티어링 모드는 저항적 MHD에서 발생하는 불안정성으로 자기장의 구조를 파괴하여 플라즈마의 가동 성능을 떨어뜨리게 됩니다. 저항적 MHD에서 플라즈마 내부에 흐르는 전류 분포가 불안정하고 공명 조건을 만족하면, 미세한 섭동에 의해 자기력선이 반대 방향으로 향하는 지점에서 끊어지고 재연결되는 현상이 일어납니다. 이때, 자기력선이 재연결되면서 도넛 모양의 자기섬⁶⁾이 형성되게 되는데, 이 자기섬은 플라즈마 내부의 자기장 구조를 왜곡시켜 전류 분포를 변화시키고 전류 분포의 변화가 자기섬을 성장시키면서 플라즈마의 가동 성능을 저하합니다.

그림 4. 플라즈마 내부에서의 자기섬 생성



플라즈마 불안정성과 핵융합의 미래

지금까지 플라즈마 불안정성의 발생 조건과 종류에 대해 알아보았습니다. 과학자들은 이런 플라즈마 불안정성을 해결하기 위해 실제 장치의 상태를 가상 환경에 정확하게 복제하여 실시간으로 불안정성을 예측하는

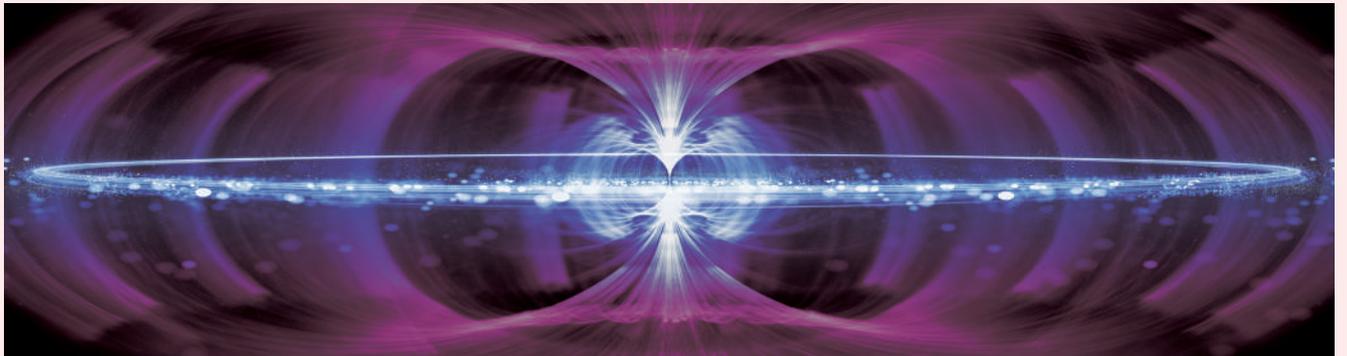
디지털 트윈 기술을 통해 시뮬레이션을 진행하는 등 많은 노력을 기울이고 있습니다. 이번 기획특집을 계기로 인공 핵융합 기술과 플라즈마 불안정성을 해결하기 위한 인류의 노력에 관심을 가져보는 건 어떨까요? 🌟

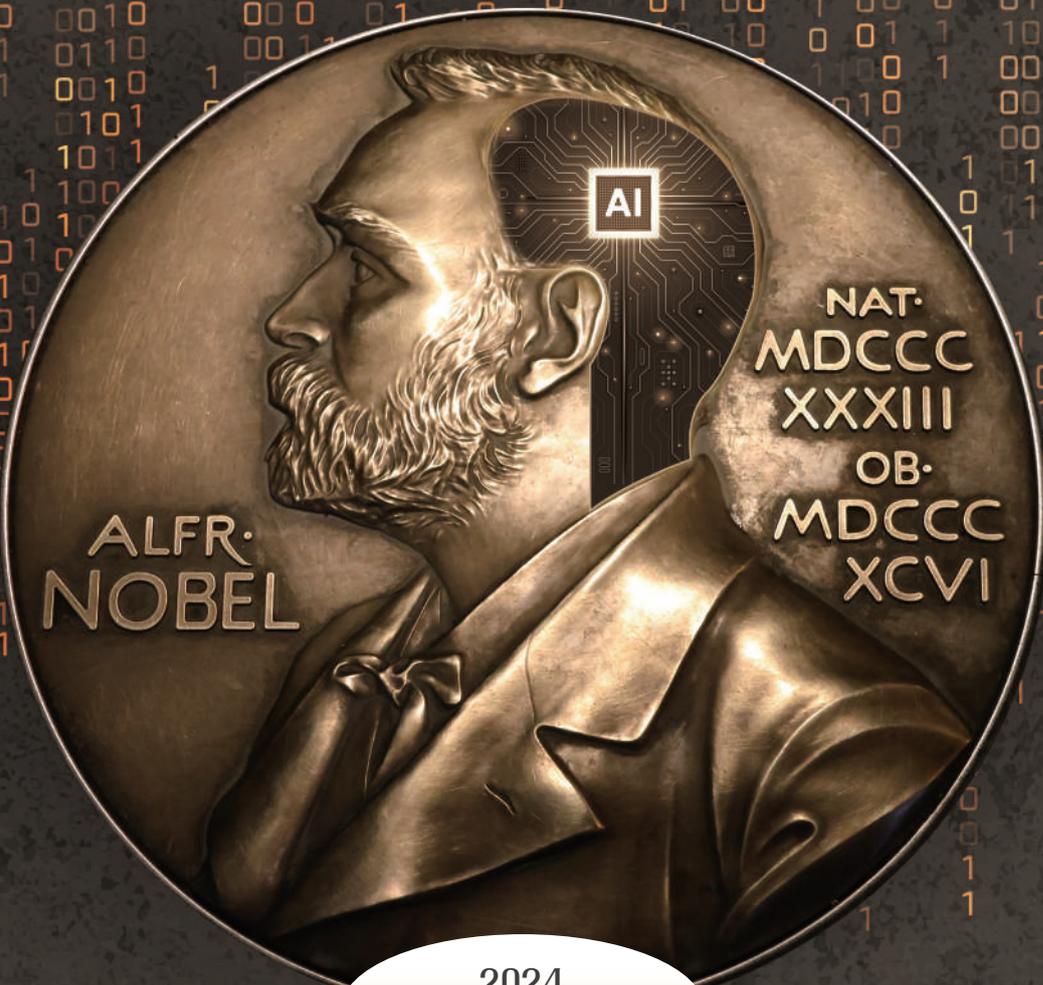
그림 출처

- 그림 1. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Plasma_stability&oldid=1330642825
- 그림 2. Source: Sarah Sadouni, Fluid Modeling of Transport and Instabilities in Magnetized Low-Temperature Plasma Sources (PhD diss., Université Paul Sabatier - Toulouse III, 2020), <NNT: 2020TOU30014>, <tel-02978476>.
- 그림 3. 한국핵융합에너지연구원, “아름다운 구속, 1억도 태양 가두는 그들의 정체는?”, 2019.9.25. <https://m.blog.naver.com/nfripr/221658761452>
- 그림 4. Source: Jun Lin, “Thickness and Electrical Resistivity of the Current Sheets in Solar Eruptions,” *Advances in Geosciences* (August 2009): 83-93.
- 그림 5. 김애경, “인공태양 실현 가속화’ 핵융합연, 디지털 트윈 기반 ‘가상 토카막 플랫폼’ 개발,” 헬로디디(HelloDD), September 10, 2025.

참고 자료

- 1. Zhou, Yao, and Hong Qin. An Energy Principle for Ideal MHD Equilibria with Flows. Princeton, NJ: Princeton Plasma Physics Laboratory, March 2013. PPPL-4858.
- 2. Wesson, J. Tokamaks. 3rd ed. Oxford: Oxford University Press, 2004.
- 3. Hastie, R. J., T. C. Hender, B. A. Carreras, L. A. Charlton, and J. A. Holmes. Stability of Ideal and Resistive Internal Kink Modes in Toroidal Geometry. Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory, February 1987. ORNL/TM-10331.
- 4. 장호건, 허남일, 박현기, 최인식, 김병철, 이경수, 정기정. “토카막 핵융합 플라즈마 연구의 현황과 전망 [Present Status and Prospect of Tokamak Fusion Plasma Research].” 한국에너지공학회 학술대회논문집 (Proceedings of the Korea Society for Energy Engineering Conference), 2006.
- 5. Wahlberg, C., and A. Bondeson. “Stability Analysis of the Ideal $m = n = 1$ Kink Mode in Toroidal Geometry by Direct Expansion of the Hydromagnetic Equations.” *Journal of Plasma Physics* 57, no. 2 (1997): 327-341.





2024
노벨 물리학상

인공지능과 물리학

글. 포스텍 컴퓨터공학과 조민수 교수

2024년 노벨과학상 수상자가 발표됐을 때, ‘올해의 승자는 인공지능’이라는 말이 회자되었습니다. 노벨화학상을 수상한 알파폴드 팀뿐만 아니라, 노벨물리학상 수상자인 존 홉필드 교수와 제프리 힌튼 교수도 ‘인공지능 신경망의 발전에 기여한 공로’로 노벨상을 받았기 때문입니다. 현대 인공지능의 핵심기술로 널리 활용되고 있는 인공지능신경망이라는 개념은 생물물리학과 통계물리학을 아우르는 연구의 결과로 만들어졌습니다. 신경망 학습의 기초는 통계물리학에, 그 구조는 생물물리학에 바탕을 두고 만들어졌죠. 따라서, 올해 노벨물리학상은 현대 기술 혁신의 최전선에 있는 인공지능 연구에 기여한 이러한 물리학적 방법론의 성취를 강조하고자 한 것입니다. 지금부터 인공지능과 물리학이라는 주제로 이 부분을 살펴보고자 합니다.

인공지능 연구, 그 시작과 인공지능경망

최초의 전자식 컴퓨터가 개발된 1940년대, 전자식 컴퓨터가 개발된 것은 군사적, 과학적 목적에 의해 번거로운 계산을 빠르게 수행하기 위해서였습니다. 그리고 컴퓨터과학 및 컴퓨터공학 연구 분과가 태동하기 시작한 1950년대에는 컴퓨터를 더 '지능'적인 문제에 적용하려는 연구, 즉 인간이 수행하는 지능적 추론과 패턴 인식을 모사하려는 연구가 진행되는데, 이것이 인공지능 연구의 시작이라고 할 수 있습니다. 당시 수학자와 컴퓨터공학자들에 의해 처음 시도되었던 논리적 규칙 기반의 인공지능 접근법은 1980년대까지 이어지지만, 영상이나 자연어와 같이 논리만으로는 다루기 어려운 다양한 패턴의 정보들을 인식하는 데 어려움을 겪으면서 한계에 부딪칩니다. 하지만, 또 다른 한편에서는 생물학적 시스템이 패턴 인식 문제를 어떻게 해결하는지 알아내기 위한 연구가 진행되고 있었습니다. 이미 1943년에 뇌의 뉴런이 협력하는 방식을 설명하는 모델이 제안되었습니다. 이 연구는 생물학적 인공지능경망 연구의 출발점이 되었고, 1957년에 이미지 해석을 위한 '전 방향 네트워크'를 컴퓨터 하드웨어로 구현하면서 첫 인공지능경망의 시대를 열었습니다. 하지만 1960년대 말, 이러한 인공지능경망이 비선형 문제를 해결하는 데는 한계가 있다는 비판이 대두되면서 인공지능경망 연구에 대한 자금 지원이 사라지는 인공지능의 겨울을 맞이하게 됩니다.



그림 1.
올해 노벨물리학상 수상자인
존 홉필드와 제프리 힌튼
교수를 발표하는
노벨상 위원회

기억할 수 있는 홉필드 네트워크, 존 홉필드의 기여

1980년대에는 순환 신경망과 다층 신경망 분야에서 주요한 혁신이 이루어지면서, 인공신경망 분야가 다시 부흥기를 맞게 됩니다. 이 시기의 중요한 인물 중 한 명이 바로 이론물리학자였던 존 홉필드 교수입니다. 홉필드 교수는 1970년대에 ‘생체 분자 간의 전자이동과 생화학 반응의 오류 수정’을 연구해 생물물리학 분야에서도 중요한 업적을 남기고 1982년에는 순환 신경망을 기반으로 연합 기억을 위한 동적 모델, 즉 ‘홉필드 네트워크’를 발표합니다. 이 개념을 쉽게 이해하기 위해 일상에서 우리가 종종 겪는 경험을 한번 떠올려 봅시다. 우리는 가끔 특정 단어가 생각나지 않아서 난감할 때면, 비슷한 단어를 떠올리고 지우기를 반복하면서 정답이 되는 단어를 찾아냅니다. 회상을 반복하는 과정에서 불완전한 입력 패턴과 가장 잘 일치하는, 가장 유사한 최상의 저장된 패턴을 복구하는 것이죠. 신경망 네트워크에서 각각의 노드는 마치 이미지의 픽셀처럼 생각할 수 있는데, 홉필드는 바로 여기에 물리학에서 원자가 작은 자석처럼 행동하는 ‘스핀’이라는 개념을 적용했습니다. 만약 이 네트워크에 흐릿하거나 불완전한 이미지가 입력되면 네트워크는 노드 값을 하나씩 업데이트하면서 전체 에너지를 점차 낮추는 방식으로 작동하는데, 이렇게 네트워크는 단계별로 에너지를 최소화하여, 입력된 불완전한 이미지와 가장 유사한 저장된 이미지를 찾아냅니다. 홉필드는 신경망으로 이러한 지형을 표현할 수 있도록 하는 학습 방법을 제시하고, 이 신경망 모델을 연합 기억, 오류 수정, 또는 패턴 완성 등에 적용할 수 있다는 것을 보여주었습니다. 이처럼 홉필드 교수는 물리학적 개념을 탁월하게 적용한 에너지 기반의 동적 네트워크 모델을 개발하고 탐구함으로써 신경망의 계산 능력에 대한 이해를 심화하는 데 크게 기여했습니다.

다층 신경망을 학습할 수 있는 기계, 제프리 힌튼의 기여

제프리 힌튼 교수는 1983년과 1985년 사이에 신경생물학자인 테런스 세이노스키를 비롯한 다른 연구자들과 함께 홉필드 교수의 1982년 모델을 확장해 ‘볼츠만 기계’라는 확률론적 모델을 만들어냈습니다. 이 모델은 19세기 물리학자 루트비히 볼츠만이 개척한 통계물리학의 에너지 역학에서 영감을 받아 만들어진 모델입니다. 이 볼츠만 모델은 네트워크의 각 상태마다 ‘볼츠만 분포’에 의해 확률을 부여하는 것으로 시작하는데, 이를 통해 ‘볼츠만 기계’는 단지 기억 모델이 아니라 생성 모델로 기능할 수 있게 됩니다. 즉, 홉필드 교수가 제안한 모델과 달리 개별 패턴이 아니라 패턴들의 통계적 분포에 맞추는 것이죠. 볼츠만 기계의 에너지를 정의하는 가중치 매개변수는 모델이 생성한 가시 패턴의 통계적 분포가 주어진 학습 데이터의 통계적 분포와 최소한으로 차이가 나도록 하는 학습을 통해 결정됩니다. 힌튼 교수와 그의 동료들은 이러한 매개변수를 결정하기 위해 기울기 기반 학습 알고리즘을 연구하고 대중화시키기도 했죠. 지금은 크고 복잡한 신경망을 학습하고 학습된 정보를 다른 신경망 구조로 전달하는 데 널리 사용되고 있는 이 사전 훈련 방식의 원형이 이때 개발된 것입니다. 이렇게 사전 훈련된 계층들을 연결함으로써 힌튼 교수는 오늘날 ‘딥러닝’으로 알려진 기술의 중요한 전환점이 된 ‘깊고 밀집된 네트워크’의 구현에 성공하고, 2012년 현대적인 심층인공신경망의 부활을 알린 ‘알렉스넷(AlexNet)’을 탄생시킬 수 있었습니다.

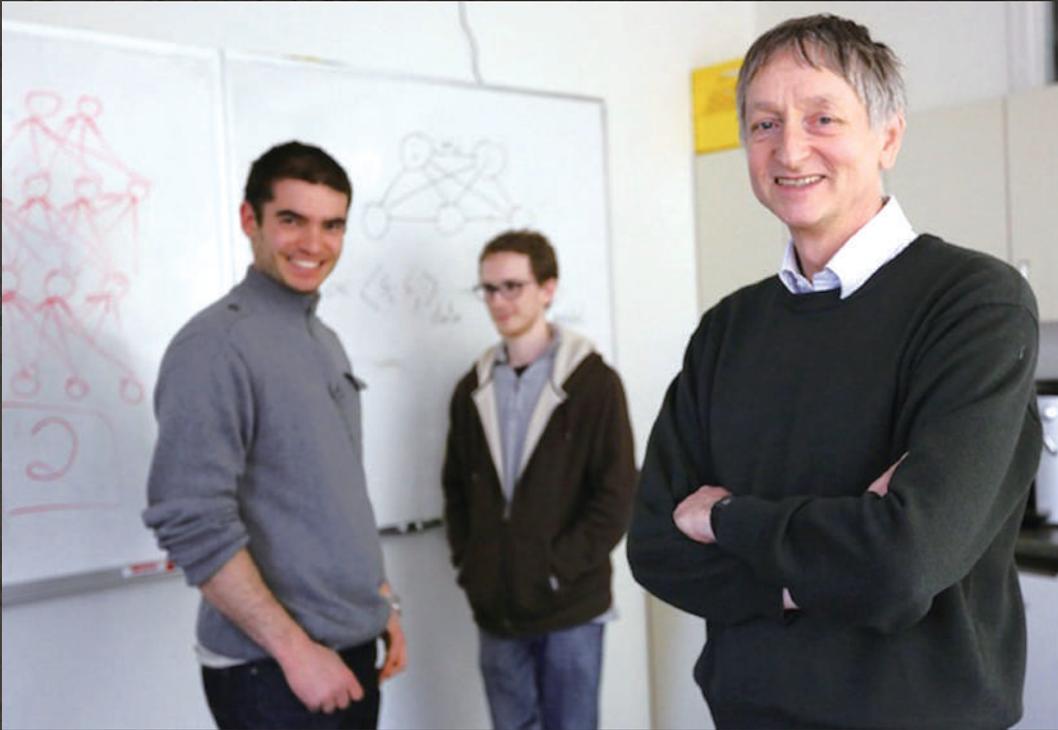


그림 2.
2012년 현대적인
심층인공신경망의 부활을
알린 알렉스넷(AlexNet)을
개발했던 구글브레인 팀.
오른쪽부터
제프리 힌튼,
알렉스 크리제프스키,
그리고 일리아 스츠케버

© 토론토대

과학적 모델링의 기반, 컴퓨터와 인공지능

홉필드 교수와 힌튼 교수의 연구에서 알 수 있듯이 물리학은 인공지능경망의 발명과 발전에 큰 동력 중 하나였습니다. 그리고, 이제는 반대로 컴퓨터공학과 인공지능이 물리학 전반에서 모델링과 분석을 위한 강력한 도구로 중요한 역할을 하고 있습니다. 무엇보다 많은 과학 분야에서 인공지능경망은 특정 물리 모델을 '모사'하는 시뮬레이터로 활용됩니다. 이를 통해 양자역학 다체문제¹⁾와 같은 분야에서 필요한 계산 자원을 크게 줄이고 더 큰 시스템을 더 높은 해상도로 분석하는 데 기여하고 있으며, 천체물리학과 천문학에서도 인공지능경망은 표준 데이터 분석 도구로 자리 잡았습니다. 알파폴드를 통한 단백질 3차원 구조 예측 또한 딥러닝 기반 인공지능경망을 활용한 빼놓을 수 없는 혁신적인 과학적 성과입니다. 이러한 기술의 일상생활 속 응용은 더욱 방대합니다. 오늘날 인공지능경망에 기반한 인공지능 기술은 영상 인식, 언어 생성 등 우리가 컴퓨터로 수행하는 거의 모든 작업의 기반에 자리 잡고 있고, 헬스케어와 다양한 서비스 분야에서도 의사 결정을 지원하는 필수적인 기술이 되었습니다. 나아가 인공지능은 이제 로봇 기술과 결합해 더 많은 영역에서 우리 사회와 개개인의 삶을 더 크게 바꿀 것입니다. ☺

[각주]

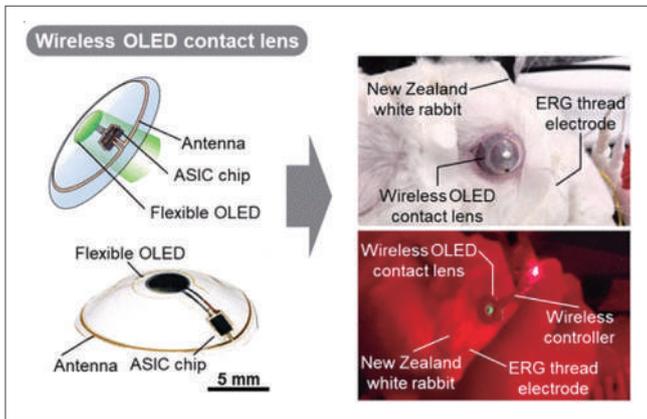
1. 상호 작용하는 많은 입자로 구성된 미시적 시스템의 속성을 다루는 광범위한 물리 문제

OLED 콘택트렌즈 최초 구현

전자 기술의 발달로 안구 건강 상태를 편리하게 측정할 수 있는 웨어러블 디지털 헬스케어 기기의 수요가 증가하고 있습니다. 특히 무기발광다이오드(LED) 기반 콘택트렌즈형 광전자 시스템은 광 치료와 생체신호 모니터링에 활용됐으나, 점처럼 빛을 내는 구조로 열이 한곳에 집중되어 각막 손상 위험이 있었습니다.

하지만 최근 카이스트 전기및전자공학부 유승협 교수 연구팀은 세계 최초로 유기발광다이오드(OLED) 기반 무선 콘택트렌즈를 개발했습니다!

OLED는 유기물 발광층에 전류가 흐르며 전극 전체에서 고르게 빛을 내는 '면광원'으로, 열이 한 곳에 집중되지 않아 저온 화상 위험을 크게 줄일 수 있습니다. 콘택트렌즈에는 두께 약 12.5 μm의 초박형 OLED 소자가 사용되었습니다. 렌즈의 기판과 상부층은 Parylene-C와 Al₂O₃로 구성되어 산소와 수분 침투를 차단합니다. 대형적인 구조는 렌즈가 휘어질 때 기계적 응력을 최소화합니다. 하부 전극은 은(Ag)층으로 만들어졌으며 발광층에는 인광 발광체가 포함되어 있습니다.



더 나아가, 433 MHz 공진 주파수에서 작동하는 유도 결합 방식¹의 무선 전력 전송 기술을 적용하여 스마트폰으로 전력을 제어할 수 있는 무선 구동 시스템을 구현했습니다. 이 기술을 활용하면 렌즈 착용만으로도 망막전위도(ERG) 검사²가 가능하며, 눈을 감은 상태에서도 측정할 수 있기에 소아나 고령 환자에게 유용합니다. 향후 근시 치료, 안구 생체신호 분석, 증강현실(AR) 등의 분야에서 응용이 가능할 것으로 기대됩니다.

[각주]

1. 두 개의 도체가 자기장을 통해 에너지를 주고받는 방식
2. 빛 자극을 받은 후 나타나는 각막과 망막의 뒷부분인 후극부 사이의 전위 차이를 기록하는 검사

[그림 출처 및 참고 자료]

1. Jee Hoon, Sim, et al. "Wireless Organic Light-Emitting Diode Contact Lenses for On-Eye Wearable Light Sources and Their Application to Personalized Health Monitoring." *ACS Nano*. May 1, 2025.

세포 기반 내열·고강도 바이오 복합 소재

플라스틱 오염은 여전히 심각한 문제입니다. 기존의 합성 고분자들이 분해되는 과정에서 미세 플라스틱으로 변하고 유해 화학물질을 방출하기 때문입니다. 지속 가능한 플라스틱을 만들 방법은 없을까요? Rice University와 University of Houston의 과학자들은 지구상에서 가장 순도 높은 생체고분자 중 하나인 박테리아 셀룰로오스에서 그 해답을 찾았습니다. 박테리아 셀룰로오스는 나노섬유로 이루어진 구조 덕분에 우수한 기계적 특성을 가지며 생분해성 친환경 소재로 주목받고 있습니다. 연구팀은 유체 흐름의 전단력³을 이용해 섬유를 정렬시키는 단순하고 지속 가능한 생합성 기술을 개발했습니다! 이 기술은 중심축을 기준으로 실린더형 용기를 회전시켜 세균이 일정한 방향으로 움직이게 유도하는 방식입니다. 이 과정에서 셀룰로오스 나노섬유가 정렬되어, 고강도, 유연성, 접착성, 투명성, 안정성을 모두 갖춘 셀룰로오스 시트가 됩니다. 또한, 배양액에 붕소 질화물 나노시트(h-BNNS)를 첨가해 나노섬유의 정렬된 성장과 나노 필러의 균일한 분산을 동시에 구현했습니다. 이렇게 만들어진 복합소재는 탁월한 기계적 강도와 열적 특성을 가집니다. 연구팀은 인장 강도⁴, 밀도, 파괴 인성⁵,



피로 수명 모두가 기존 박테리아 셀룰로오스보다 우수하고, 심지어 일부 기계적 지표는 유리보다 뛰어나다는 것을 실험적으로 증명했습니다. 더불어 열을 빠르게 방출하는 열전도 특성까지 확보했습니다. 이러한 생물학적 제조 접근법은 구조용 소재, 열 관리, 포장재, 친환경 전자소자, 에너지 저장장치 등 무궁무진한 분야에서 응용될 것으로 기대됩니다. 플라스틱의 문제점을 박테리아의 셀룰로오스로 해결했다는 점, 정말 놀랍지 않나요?

[각주]

3. 물체의 한 단면을 따라 서로 반대 방향으로 작용하여 물체를 미끄러지게 하거나 끊으려는 힘
4. 재료가 잡아당기는 힘에 대해 얼마나 견딜 수 있는지를 나타내는 최대 응력
5. 재료가 균열이 있는 상태에서 파괴에 저항하는 능력으로 균열의 급격한 전파에 대한 저항을 정량화한 값

[그림 출처 및 참고 자료]

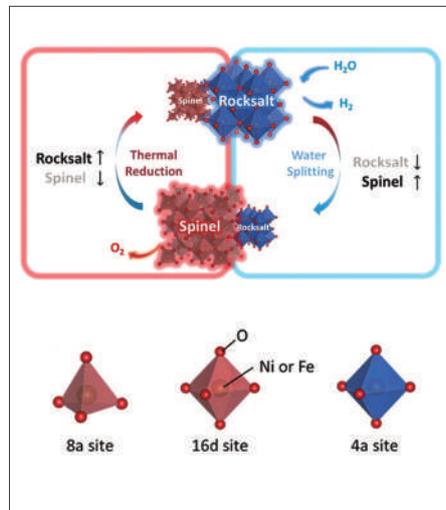
1. Rice News Staff. "Rice Researchers Develop Superstrong, Eco-Friendly Materials from Bacteria." *Rice University News*, July 8, 2025. <https://news.rice.edu/news/2025/rice-researchers-develop-superstrong-eco-friendly-materials-bacteria>

2. M.A.S.R. Saadi, et al. "Flow-induced 2D nanomaterials intercalated aligned bacterial cellulose." *nature communications*, July 1, 2025.

철로 만든 산소 스펀지

수소 에너지는 정말 친환경 에너지원일까요? 사실 수소 에너지가 생산될 때 화석 연료가 사용됩니다. 이에 따라 산화물 촉매를 이용한 ‘그린 수소’ 생산 기술에 대한 관심이 증가하고 있습니다. 금속 산화물은 높은 온도와 낮은 산소 분압 환경에서 산소를 방출하고 온도가 낮고 수증기가 많은 환경에서 반응하여 수소 기체를 생산합니다. 금속 산화물이 산소를 내놓은 뒤 스펀지처럼 물에서 산소를 끌어당기며 수소를 방출하는 원리입니다.

하지만 기존 방식은 수증기를 가열하는 데 큰 비용이 드는 문제가 있습니다. 이를 해결하기 위해 포스텍 진현규 교수팀과 서울대 한정우 교수팀은 철 부족 니켈 페라이트(Fe-poor NiFe₂O₄, NFO)를 개발했습니다. 연구팀이 사용한 철 부족 니켈 페라이트는 반응 도중에 스피넬 구조(Spinel structure)⁶에서 록솔트 구조(Rocksalt structure)⁷로 바뀌는 상전이를 겪습니다. 이때 생산 효율의 핵심인 엔트로피 변화를 극대화할 수 있어 기존 최고 효율 소재 대비 효율을 두 배 이상 향상시켰습니다.



또한, 이번 연구는 세계 최초로 구조적 활성점⁸을 밝혀냈다는 점에서 큰 의미를 갖습니다. 연구 결과, Fe²⁺는 산소 6개에 둘러싸인 팔면체 (Octahedral) 자리를, Fe³⁺는 산소 4개에 둘러싸인 사면체 (Tetrahedral) 자리를 차지하며 이 자리가 전환에 관여함을 확인했습니다. 철 이

온의 자리 전환인 레독스 스윙(Redox swing)이 효율에 중요한 요소임을 밝혀낸 것입니다. 철을 이용하여 그린 수소를 생산할 수 있게 됨에 따라 탄소 중립 실현에 한 걸음 더 다가가게 되었습니다. 향후에는 공정 폐열을 활용해 수소를 만들어낼 수 있을 것이라 기대됩니다!

[각주]

6. 산소 원자가 입방 밀집 격자를 이루고 안의 팔면체와 사면체 자리에 양이온들이 채워진 결정 구조
7. 음이온은 면심 입방 격자를 이루고 양이온은 입방체 중심과 모서리 중심에 위치한 결정 구조
8. 촉매의 표면에서 화학 반응이 가장 활발하게 일어나는 특정 부위

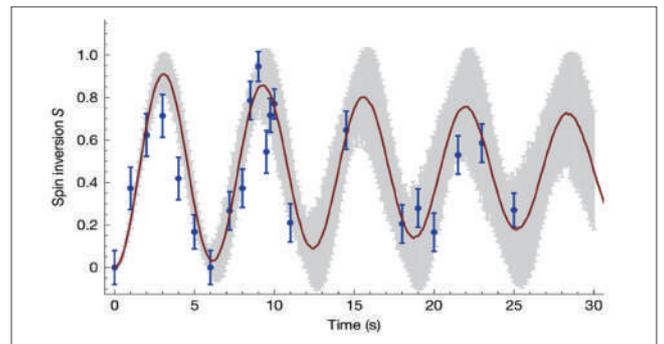
[그림 출처 및 참고 자료]

1. POSTECH. "기계 진현규 교수팀, 철로 만든 '산소 스펀지', 수소로 지구를 살린다" 「POSTECH 연구성과」. 2025년 5월 26일. <https://www.postech.ac.kr/kor/research-industry-academia/research-results.do?articleNo=23151&mode=view#0>
2. Lee, Dongkyu, et al. "Structural insights into iron-based phase transformation oxides for highly efficient thermochemical water splitting." *Acta Materialia*. June 15, 2025.

최초의 반물질 양자 큐비트 구현

우주는 왜 물질로 이루어져 있을까요? 표준 모형에 따르면 빅뱅 직후 물질과 반물질⁹은 같은 양으로 존재해 서로 소멸해야 했지만, 실제로는 물질이 반물질을 압도하여 지금의 우주가 탄생했습니다. 물질과 반물질의 차이를 알아내기 위해 다양한 연구가 진행되었으나, 질량 대 전하의 비, 강한 핵력, 양자 도약과 같은 기본적인 특성이 모두 일치했습니다. 이런 가운데, 자기 모멘트의 미묘한 차이를 알아내기 위해 유럽입자물리연구소(CERN)의 BASE 실험팀과 일본 이화학연구소(RIKEN)가 연구에 뛰어들었습니다.

그 결과, 최초로 단일 반양성자의 스핀 상태를 조작하여 반물질 양자 큐비트¹⁰를 만들고 50초간 유지하는 데 성공했습니다! 반입자는 입자와 접촉하는 즉시 소멸하기 때문에 단일 반입자의 스핀 전이를 제어하고 측정하는 것은 매우 어려운 문제였습니다. 연구팀은 초고진공·극저온 상태의 페닝 트랩¹¹에 단일 입자로 고립시키고, 슈테른-게를라흐(Stern-Gerlach)¹²효과를 이용한 주파수 감지로 스핀 상태를 판독했습니다. 이후 균일 자기장 영역으로 이동시켜 전자기파를 쏘았습니다. 그러자 일정한 주기로 스핀이 상태를 오가며 진동하는 라비 진동을 관찰할 수 있었습니다.



그네를 일정한 박자로 밀어주면 깔끔하게 흔들리듯이, 반양성자의 스핀을 일정한 양자 상태로 오가게 전자기장을 제어한 것입니다. 이는 세계 최초의 반물질 스핀 전이 제어 실험으로 기록되었습니다. 앞으로는 반양성자의 자기 모멘트를 10~100배 더 높은 정밀도로 측정할 수 있을 것으로 기대됩니다. 이로써 중입자 반물질 연구에 또 다른 이정표가 될 것 같은데요. 조만간 우주 형성의 비밀도 풀 수 있지 않을까요? ☺

[각주]

9. 전자, 양성자 등 물질 입자와 질량은 같지만 전하 등의 양자수가 반대인 반입자로 이루어진 물질
10. 컴퓨터의 비트와 달리 0과 1의 상태를 동시에 가질 수 있는 양자 정보 단위
11. 전기장과 자기장을 사용하여 전하를 띠고 있는 입자를 저장하는 장치
12. 비균일한 자기장에서 입자의 스핀이 상향, 하향 상태에 따라 서로 다른 경로로 분리되는 현상

[그림 출처 및 참고 자료]

1. 김윤수. "반물질로 큐비트 최초 구현...양자기술이 우주비밀 풀까 [김윤수의 권태점프]." 「서울경제」. 2025년 8월 2일. <https://v.daum.net/v/20250802090133579>
2. B. M. Latacz, et al. "Coherent spectroscopy with a single antiproton spin." *Nature*. July 23, 2025.

포스텍 에너지시스템 연구실

POSTECH ENERGY SYSTEMS LAB

글. 포스텍 전자전기공학과 김영진 교수

탄소중립 사회로의 전환이 본격화되면서, 전기는 국가 산업과 인공지능 시대를 지탱하는 핵심 자원으로 자리 잡았습니다. 포스텍 에너지시스템 연구실(Energy Systems Lab)은 이러한 변화 속에서 전력망의 운영체계(Operating System)를 연구하며, 전력의 생산·이동·저장·제어에 이르는 전 과정을 과학적으로 설계합니다. 특히, 인공지능, 전기차, 데이터센터 등 급격히 증가하는 전력 수요를 안정적으로 관리하기 위해, 본 연구실은 지능형 전력망(Autonomous Power Grid) 기술을 개발하고 있습니다.



전력망의 두뇌를 설계하다

2021년 미국 텍사스에서는 갑작스러운 흑한으로 발전소와 송전망이 동시에 마비되며 수백만 가구가 수일간 전력을 공급받지 못한 사건이 발생했습니다. 이 사건은 단 한 번의 예측 실패가 도시 전체의 기능을 마비시킬 수 있음을 보여주며, 전력망의 실시간 예측과 복원력(Resiliency)의 중요성을 강조했습니다. 에너지시스템 연구실은 이러한 대규모 정전 위기를 방지하기 위해, 실시간 상태 추정과 데이터 기반 제어 기술을 활용하여, 스스로 진단하고 회복하는 전력망의 두뇌를 구현하고 있습니다. 이것이 에너지시스템 연구실이 지향하는 지능형 전력망의 핵심입니다.



그림 1.

2021년 텍사스의 대규모 정전 사태는 흑한으로 인한 전력망 붕괴가 사회 전반의 기능 마비로 이어진 대표적 사례로, 전력망 예측·복원 기술의 중요성을 보여준다.

시가 그리는 새로운 전력망

인공지능의 시대가 열리면서, 전력망은 더 이상 물리적 설비의 단순 집합이 아니라 데이터로 작동하는 지능형 네트워크로 진화하고 있습니다. 특히 대규모 AI 데이터 센터가 증가하면서, 데이터 센터에 전력을 안정적으로 공급하기 위한 새로운 운영 방식이 요구되고 있습니다. 에너지시스템 연구실은 이러한 시대적 요구에 대응하여 인공지능 기반 전력망 예측·진단·제어 기술을 개발하고 있습니다.

연구실은 실제 전력망을 가상으로 복제하는 디지털 트윈(Digital Twin) 기술을 구축해, 수천 개의 발전기, 변전소, 송배전 선로, 부하, 에너지 저장 장치 등이 어떻게 상호작용하는지를 실시간으로 시뮬레이션합니다. 이를 통해 고장이나 이상 상황을 사전에 예측하고, 운영자의 판단을 돕는 LLM 기반 전력망 의사결정 보조 시스템 개발에도 앞장서고 있습니다.

그림 2.

재생에너지와 AI 데이터센터의 융합은 미래 전력망의 핵심 축으로, 에너지시스템 연구실은 이를 연결하는 지능형 전력망 제어 기술을 연구하고 있다.



1. 태양광, 풍력 등 신재생에너지와 에너지저장장치(ESS)를 활용하여 특정 지역에서 전력을 자체적으로 생산, 저장, 소비하는 소규모 독립형 전력망
2. 기존 동기 발전기처럼 전력계통의 주파수와 전압을 스스로 생성하고 조절하여, 계통을 능동적으로 안정화하는 기술

특히 최근 국제에너지기구는 “2035년까지 전 세계 데이터센터의 추가 전력 수요 대부분이 재생에너지로 공급될 것”이라고 전망했습니다. 재생에너지와 AI 데이터센터의 융합은 미래 사회의 핵심 에너지 구조로 자리 잡고 있으며, 연구실은 이러한 두 거대 기술의 접점을 지능형 전력망 연구를 통해 구체화하고 있습니다. 포스텍과 미시간대학교가 함께 수행한 국책 프로젝트에서는 AI가 실제 고장 데이터를 학습하여 이상 패턴을 스스로 재현하고, 전력망 내 다양한 이상 패턴을 자동으로 진단하는 알고리즘을 개발하였습니다. 이러한 기술은 향후 재생에너지 연계 단지, 마이크로그리드¹, AI 데이터센터 등 복합 에너지 인프라 운영 자동화에 크게 기여할 것으로 기대됩니다.

DC 네트워크와 차세대 전력 변환



그림 3. 에너지시스템 연구실은 HD현대중공업과 함께, 국내 최초로 그리드 포밍(Grid-forming) 인버터를 기반으로 한 선박 전력시스템 실증 및 상용화에 성공했다.

전력망이 대규모 재생에너지를 수용하기 위해서는, 교류(AC) 중심의 기존 구조를 넘어 보다 효율적이고 안정적인 직류(DC) 기반 전력망으로의 전환이 필요합니다. 에너지시스템 연구실은 이러한 변화를 이끌 핵심 기술로 HVDC(고전압 직류송전), MTDC(다단자 직류망), 그리고 Grid-forming 인버터 제어 기술²을 연구하고 있습니다.

연구실이 자체 구축한 PHILS(Power Hardware-in-the-Loop Simulation) 플랫폼을 통해 실제 전력망과 동일한 조건에서 제어 알고리즘을 실험하며, 다양한 발전기·배터리·변환기의 상호운용성을 검증하고 있습니다. 이 플랫폼은 연구실과 산업 현장을 연결하는 핵심 기반으로, DC 전력망의 안정도 향상과 차세대 전력 변환 기술의 검증에 활용되고 있습니다. 또한 이러한 연구 성과는 ‘솔라라이즈(Solarize) 주식회사’의 설립으로 이어지며, 연구가 산업 현장으로 확장된 대표적 사례가 되었습니다.

전기와 데이터가 함께 진화하는 곳

포스텍 에너지시스템 연구실의 연구는 전기와 데이터가 만나는 지점에서 출발합니다. 연구실은 디지털 트윈 기술을 통해 실제 전력망과 동일한 가상 환경을 구현하고, 이 안에서 시가 발전소·배터리·건물의 동작을 실시간으로 학습하고 최적화하도록 합니다. 전력망의 운영, 데이터센터의 냉각, 산업 설비의 제어까지, 전기와 데이터가 얽힌 모든 시스템이 디지털 트윈 속에서 실험되며 발전하고 있습니다.

에너지시스템 연구실의 연구는 논문에서 멈추지 않습니다. 교원 창업과 산학협력, 실증 사업을 통해 산업 현장에 직접 적용되고, 학생들은 연구 과정에서 실제 에너지시스템의 변화를 체험하게 됩니다. 학문과 산업, 그리고 사회를 잇는 포스텍의 연구 문화 속에서, 에너지시스템 연구실은 오늘도 멈추지 않는 데이터 공유 기반의 전력망을 설계하고 있습니다.

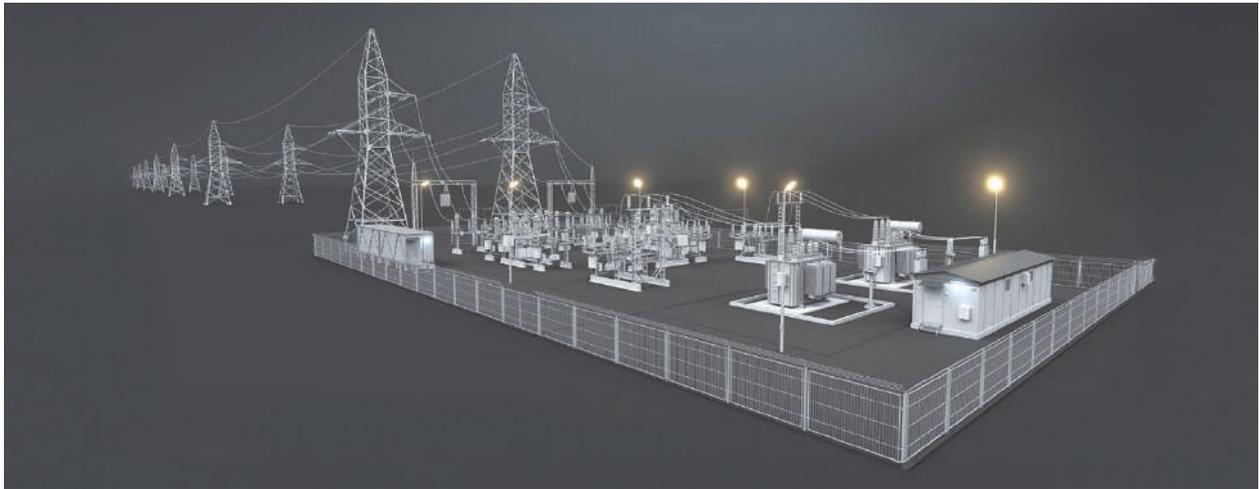


그림 4.
디지털 트윈은 설계와 운영 전 과정을 통합해, 실제 전력망의 동작을 가상 공간에서 재현하고 시가 설비 상태와 환경 변화를 학습·최적화 하도록 돕는 기술이다.

포스텍이만 독자 여러분, 보다 자세한 내용은 포스텍 에너지시스템 연구실 홈페이지에서 확인하실 수 있습니다. 관심 있는 학생과 연구자는 언제든지 연구실로 편하게 연락해 주시길 바랍니다.☎

포스텍 에너지시스템 연구실 홈페이지 바로가기(<https://powersys.postech.ac.kr>) ▶



ALIMI



ON-AIR

알리미의 건강한 생활 V-log

전국의 포스테기안 독자 여러분, 안녕하세요! 어느새 2026년 새해가 밝았습니다.

새해를 맞이하여 여러분은 어떤 다짐을 세우셨나요?

성적 향상을 목표로 공부 계획을 세우거나,

새로운 취미나 운동을 시작해 보신 분들도 많을 것 같습니다.

저희 알리미들도 더욱 건강하고 활기찬 생활을 위해 다양한 운동에 도전했습니다!

포스텍의 기초필수 과목인 '체력관리' 수업을 통해 근력 운동의 기본기를 배우고, 샐러드로 건강한 식단을 먹어보았습니다. 또, 포스텍 주변 철길숲 7km 러닝을 벌칙으로 내걸고 풋살도 재미있게 즐겼습니다. 헬스장에서는 유산소와 무산소 운동을 병행하며 체력을 다졌죠.

포스텍 캠퍼스 곳곳에서 열정적으로 운동한 알리미들의 생생한 모습이 궁금하시다면

이번 알리미 ON-AIR를 놓치지 마세요!

여러분도 저희 알리미와 함께 웃으며 건강하고 에너지 넘치는 한 해를 보내시길 바랍니다. :) 📺

알리미의 건강한 생활 V-log는

1월 9일에 공개됩니다!



나의 진짜 꿈은

글. 신소재공학과 22학번 김윤중

안녕하세요, 신소재공학과 22학번 김윤중입니다. 먼저 포스테키안에 저의 이야기를 담을 수 있음에 감사를 표합니다. 저는 현재 포스텍 재학과 동시에 서울에서 코레오그래퍼, 일명 '안무가'로 활동하고 있습니다. 전혀 결이 다른 두 활동을 하고 있는 것에 많은 분들이 관심을 가져 주셔서, 이에 관한 이야기를 이번 포스테키안을 통해 짧게나마 풀어내 보려 합니다.



* 학창 시절의 저는

고등학교 시절의 저는 그저 대입만을 바라본 평범한 인문계 고등학교 학생이었습니다. 경기도 부천 소재의 일반고를 다니면서 오로지 좋은 성적, 좋은 대학교라는 목표만 가지고 있었습니다. 운이 좋게도 고등학교 시절 성적이 잘 나와 2022학년도에 포스텍에 입학하게 되었습니다. 이렇게 공부만 하던 저에게는 항상 가슴 한편에 작은 꿈이 꿈틀대고 있었습니다. 바로 '춤'이었습니다.

사실 저는 유년 시절 연예인 아카데미를 다니며 연예인의 꿈을 키웠으

며 다른 사람들보다 춤과 연기 등의 예체능을 일찍 접할 수 있었습니다. 꿈을 접고 공부에 전념했지만, 예체능에 대한 관심과 활동을 놓지 않았습니다. 청소년 심포니 오케스트라 활동부터 패러글라이딩 자격증까지, 학창 시절의 저는 공부와 예체능을 늘 병행해왔습니다. 한때는 연예인이라는 꿈에 다시 도전하고 싶은 마음이 들어 예술고등학교 진학을 고민하기도 했습니다. 이처럼 저에게 예술은 떼어낼 수 없는 삶의 일부였고, 지금까지도 제 삶에서 큰 비중을 차지하고 있습니다.

많은 예술 분야 중에서도 특히 춤은 저에게 많은 영향과 영감을 주었습니다. 제 생각과 마음을 구애받지 않고 자유롭게 표현하는 것에서 학창 시절의 저는 큰 해방감을 느꼈습니다. 더욱이 유년 시절 아무 걱정 없이 그저 즐겁게 춤추었을 때의 감정을 절대 잊을 수 없었던 것 같습니다. 그 때문에 저는 대학 입시만 끝나면 하고 싶었던 것들, 그중에서도 춤을 꼭 다시 추고 싶다는 생각을 늘 가지고 있었습니다. 하지만 이 목표도 그리 쉽게 이루어지지는 않았습니다.

* 제대로 춤을 시작한 건

대학 입시 시절 저는 건강관리는 뒤로 하고 오로지 학업에만 몰두했습니다. 그 결과 고등학교 3년 동안 몸무게가 약 40kg이 늘어 여러 피부질환과 체력 약화가 따라왔습니다. 그 모습으로 춤을 다시 추는 것을 저 스스로가 용납할 수 없었고, 대학 입시가 끝나자마자 다이어트를 시작했습니다. 물론 건강관리를 위해 시작한 거지만 더 큰 이유는 다시 춤을 추기 위함이었습니다. 이후 약 7개월 동안 다이어트를 한 후부터 다시 춤을 추기 시작했습니다. 예전처럼 춤에 전념할 생각은 없었으며, 단지 취미로만 이어가고 싶은 마음이었습니다. 이후 대학교 2학년까지 학교에 다니며 방학처럼 시간이 여유로울 때면 항상 춤을 추었습니다. 다만 포스텍 입학 초반에는 많은 활동과 다양한 경험을 위주로 하다 보니 따로 춤만을 위한 시간은 내기 어려웠습니다.

하지만 CTRL-D 댄스동아리에서 활동하면서 꾸준히 춤을 손에서 놓지 않았습니다. 2학년 여름방학 때는 춤만 추자는 생각으로 댄스 전문 학원에 등록해 약 3개월 동안 춤을 추었으며 이때가 저에게 터닝 포인트인 시기였던 것 같습니다. 제가 춤을 본업으로 생각하게 된 계기가



되었다고 할 수 있을 만큼이요. 오로지 춤, 춤만을 위해 살아가는 분들과 같이 지내게 되면서 자연스럽게 저도 이 무리의 일원이 되었고 춤을 추는 저의 모습을 봤을 때는 이전에는 볼 수 없었던 저의 표정을 볼 수 있었습니다. 이에 따라 저는 제가 정말 좋아하고 사랑하는 일을 하며 살아가고 싶다는 삶의 목표를 갖게 되어 결국 2024년에 오로지 춤을 추기 위해 휴학을 결정했습니다. 주변에서는 다른 비교과 활동을 위해 휴학을 하는 것도 아닌데 너무 바보 같은 생각이 아니냐는 소리도 많이 들곤 했습니다. 하지만 춤은 유년 시절부터 항상 지니고 있던 저의 꿈이었고, 이번이 아니면 다시는 이렇게 춤을 소중히 여길 수 없을 것 같아 과감히 휴학을 선택했던 것 같습니다. 2024년 1월부터 저의 새로운 꿈이 시작되었습니다.

※ 전문 댄서가 되고 난 후

이후 부단히 노력하여 2024년 12월부터 본격적으로 댄서 활동을 시작하였고 현재 '어반플레이'라는 회사의 소속으로 댄서 활동을 이어가고 있습니다. 실용 무용 입시 학생들에게 저의 안무로 수업하고 피드백을 주고받으며 성장을 도와주고 있습니다. 또한 아이돌 시안 참여, 무대 댄서로도 참여하며 제가 꿈꿔왔던 댄서 생활을 이어 나가고 있습니다. 이 중에서도 제가 가장 의미를 두는 활동은 저의 춤을 보는 사람들에게 저의 진심이 닿을 수 있게, 저의 춤을 통해 사람들이 각자의 방식으로 무엇인가를 느낄 수 있도록 하는 것입니다. 여기서 말하는 무언가는 단순히 감정뿐만이 아니라 기억해 내는 것, 사고하는 것과 같은 말로는 표현할 수 없는, 말 그대로 그 무언가를 말하며 이런 것들을 제 춤을 통해 느끼게 해주고 싶은 것 같습니다.

사람의 욕심은 끝이 없다고 하던가요, 댄서가 된 후 저는 또 다른 새로운 목표를 가지게 되었습니다. 해외로 나가 저의 춤을 통해 많은 사람들과 감정과 생각을 나누고, 무대 위에서의 경험을 함께 공유하고 싶습니다

다. 이것이 춤의 매력이 아닐까 생각합니다. 이 꿈을 위해 학기 중에 중국, 홍콩, 일본 등으로 나가 춤을 추고 돌아오기도 했으며 이제는 미국, 그리고 유럽에 진출해 저의 춤을 계속해서 추고 싶습니다.

※ 마지막으로

2025년도에 복학한 이래로 더욱이 학교생활과 댄서 생활을 동시에 하는 것에 큰 부담을 항상 지니고 있습니다. 하지만 저의 지도 교수님이신 신소재공학과 박규영 교수님께서 해주신 말씀을 늘 생각하곤 합니다. “본인이 하기 싫은 일도 묵묵히 해내는 것이 어른이다. 하기 싫다고 하지 않는다면 아직 어른이 아니다.” 이 말을 항상 되뇌면서 제가 선택한 길이요 제가 선택한 꿈이므로 저에게 들어오는 일과 작업, 그리고 대학 공부까지 하나도 놓치지 않으려 열심히 노력 중입니다.



새로운 활동 사진



초속 히트 인터뷰 사진

이 글을 읽으시는 분들께 드리고 싶은 말 하나만 하고 마무리하겠습니다. 저는 안정적인 길이 아닌 불안전하고 어려운 길을 선택한 사람입니다. 하지만 저는 이에 대해 후회하지 않습니다. 제가 정말 좋아하는 일을 직업으로 삼을 수 있음에 행복을 느끼며, 최고의 연구중심 대학교인 포스텍에 재학 중인 것도 저에게 큰 영감을 주었습니다. 여러분들도 자신이 정말 좋아하는 일이 무엇인지 한 번쯤은 생각해 보고 실현할 기회가 있기를 바라며 이만 마칩니다. 긴 글 읽어주셔서 감사합니다.☺

☺ 인스타그램에서 더 많은 활동들을 보실 수 있습니다:)
@yoonjoo00ong_ 많은 관심 부탁드립니다!

Disrupt2025

TC DISRUPT

TechCrunch
20 YEAR
ANNIVERSARY

TC DISRUPT

#TechCrunchDisrupt2025

UPT

FOUNDRY

TC DISRUPT

CIO COMPUTERWORLD CSO
Macworld

TC DISRUPT

AR
RY

TC DISRUPT

TechCrunch
20 YEAR
ANNIVERSARY

UPT

CIO COMPUTERWORLD
Macworld

TC DISRUPT

TC DISRUPT

Disrupt2025

TC DISRUPT

#TechCrunchDisrupt2025

UPT

FOUNDRY

TC DISRUPT

CIO COMPUTERWORLD
DMPU

TC DISRUPT

그림 1. TechCrunch 2025

포항에서 실리콘밸리까지

글. 전자전기공학과 19학번 선종엽

포스테키안 구독자 여러분, 안녕하세요. 전자전기공학과 19학번이자, 햇수로 5년 차 창업가 선종엽입니다. 저는 21세에 '루트라(Lutra)'라는 스타트업을 창업했습니다. 그리고 2023년에는 국내 최연소로 CES 혁신상을 수상하여 화제의 중심에 서기도 했습니다. 취업이나 대학원 진학이 아닌, 남들과는 조금 다른 길을 걷는 제게 독자 여러분들이 어떤 점을 가장 궁금해하실지 고민을 많이 해봤어요. 누군가는 '왜 창업을 했는지', 또 누군가는 '스타트업이 정확히 무엇인지' 궁금해하실 것 같더라고요. 학교생활에서 시작된 창업인 만큼, 학부 1학년 때부터 지금까지의 여정을 짧지만, 충분히 들려드리려 합니다.

CHAPTER 1

우리는 어떤 삶을 살아야 하는가?

고등학생 때는 진로에 대한 고민, 대학생 때는 삶의 방향에 대한 고민을 많이 나누었던 것 같아요. 포스텍에는 통나무집이라는, 추억이 묻어가는 교내 주점이 있는데, 이런 곳에서 이야기를 나누다 보면 많은 친구들의 고민은 '취업할지, 대학원에 갈지'로 이어졌습니다. 그때부터였을까요. 우리는 앞길을 선택하는 문제에서 더 나아가 '어떤 삶이 좋은 삶인

가'를 고민하기 시작했습니다. 이런 질문에 꼬리를 물다 보면, 항상 "우리는 어떤 상황에서 행복한가?"라는 질문으로 이어졌고, 저는 "주변 사람들이 행복할 때, 행복감을 느낀다"라는 답을 찾았어요. 그렇다면, "주변 사람들을 행복하게 해주려면 어떤 방법이 있느냐?"라는 다음 꼬리 질문에는, 사람마다 정치, 봉사, 돈 등 여러 가지 답이 있겠지만, 저는 '좋은 제품을 만드는 것'에서 제 답을 찾았습니다. 아이폰처럼 잘 만들어진 제품은 전 세계 사람들의 일상을 바꾸고 풍요롭게 합니다. 창업을 하며, 사람들이 우리 제품을 진심으로 좋아하는 모습을 보며 이를 깨달았고, 이것이 지금까지 제가 창업을 하는 이유이기도 합니다.

제가 고등학교 1학년 때 포스텍 입학사정관 선생님께서 해주신 말씀이 아직도 기억납니다. "세상에 좋은 대학은 많지만, 학생들이 가고자 하는 다양한 길들을 진심으로 지지해 주는 대학은 포스텍이 유일하다. 어떤 길을 가더라도, 우리는 너희를 응원한다." 그렇기에 포스텍에 다니고, 포스텍 사람들과 함께 성장했기에 도전할 수 있었다고 지금도 생각합니다.

CHAPTER 2

창업이란 무엇일까?

중고등학생을 대상으로 강연할 때면 스타트업이 정확히 어떤 회사를 의미하는지 자주 질문받습니다. 더 나아가 '창업이란 무엇인가?'라는 질문도 많이 받습니다. 단순히 정의하자면, 스타트업은 회사를 만드는 것(Start)에서 더 나아가, 성장(Up)을 이끌어야 하는 것으로 생각합니다. 그래서 Start-Up이지 않을까요?

또한 스타트업의 핵심은 제품을 만드는 것보다, 고객의 문제를 해결하는 것에서 시작해야 한다는 점입니다. 수요(Needs) 기반의 접근도 가능하지만, 저는 명확한 문제(Problem)를 해결하는 것이 고객을 설득하

고 사업을 지속하는 데 유리하다는 점을 실제 현장에서 배웠습니다. 고객의 문제를 해결하면 고객은 구매 동기가 확실해지며, 높은 지급 의사로 이어지기 때문이죠. 최근에는 문제가 갈수록 많아지고 고객들이 원하는 것이 더욱 다양해졌습니다. 이렇게 문제를 해결해 나가며, 제품으로 구체화하고, 기술로 해당 문제를 해결해 나가는 스타트업의 여정은 이제는 하나의 '직업'으로 자리 잡지 않았는지 생각합니다.

CHAPTER 3

루트라(Lutra) 창업 스토리

그렇다면 사회 경험도 많지 않았던 대학생들이 어떻게 창업을 시작할 수 있었을까요? 루트라는 '사람이 먼저 모인 팀'이었습니다. 경진대회, 연구 활동, 동아리 등을 함께하며 자연스럽게 팀이 만들어졌고, 도서관에 모여 "뭔가 하나 만들어보자"로 시작했죠. 주변에 있었던 문제로부터 시작했습니다. 의류 반품률이 너무 높다고 하여 이를 해결해 보자는 취지로, 3D 모델링과 가상 의류 착용 프로그램을 만들기 시작했죠. 그런데 업계 관계자분들께 들어보니 반품률이 높은 것이 꼭 회사에 안 좋은 것은 아니라고 합니다. 반품을 편하게 해주면, 다시 이 플랫폼에 오게 하는 큰 요인이 될 수도 있기 때문이죠. 그때 깨달았습니다. 우리가 생각한 '문제'가 실제 문제와 다를 수 있다는 것ですよ. 그렇게 제품을 6번이나 완전히 바꾸고, 기술 방향도 다시 설정하면서, 최종적으로 블록체인을 기반으로 한 인증 인프라 기술을 개발하였습니다. 미국에서 큰 상도 받고, 국내 지자체, 백화점 팝업스토어 등 다양한 산업에 납품도 하면서 성장할 수 있었습니다. 작년에는 브랜드 세계관의 구축을 돕는 마스코트 전용 AI도 만들면서 새로운 사업까지 넓혀 나갔고요. 올해는 Google for Startups와 OpenAI for Startups라는 프로그램에도 선정되어 지원받고 있고, 첫 기술이전 성과도 내고 있습니다. 창업이라는 것을 배우고, 성장하였으며, 이제는 진정 고객을 알았다고 생각합니다. 하지만, 언제든 항상 고민하고, 끝없이 노력해야 하는 것이 창업의 기본 자세이기도 한 것 같습니다.

그림 2. CES 2025



그림 3. CES 2023

CHAPTER 4

어떤 길이란 응원합니다.

독자 여러분! 사회에는 다양한 길이 있고, 지금 사회는 그 어느 때보다도 빠르게 변화하고 있습니다. 제가 현대자동차에서 인턴을 할 때만 해도, 머신러닝과 컴퓨터 비전이 가장 핫한 기술 중 하나였습니다. 하지만 이제는 ChatGPT 같은 LLM 분야가 세상을 바꾸고 있죠. 여러분에게 최대한 많은 경험을 해보라고 꼭 조언드리고 싶습니다. 다양한 경험은 우리가 앞으로 어떤 세상을 살아가야 하는지에 대한 자신만의 답을 만들 수 있도록 도와줄 것이라 믿습니다.

포항이라는 도시에서 대학 생활을 시작한 뒤, 한국예술종합학교에서 수업을 들으며 처음으로 예술인들과 접점이 생겼고, 서울대 계절학기 수업을 들으며 종합대학도 간접적으로 경험했습니다. 회사를 경영하면서는 테크 분야뿐 아니라, 백화점 팝업, 브랜드 업계와 친해질 수 있었고, 최근에는 미국 최상위 공립대 UC Berkeley와 실리콘밸리도 다녀왔으며 이제는 전 세계 학생들이 모이는 창업대회 GSSC(Global Student Startup Competition)의 이사직 활동까지 이어지고 있습니다. 이 모든 경험을 통해 제가 앞으로 걸어가야 할 세상에 대한 답을 스스로 만들 수 있다고 믿습니다.

모두 오늘도 맑은 공기 마시면서 즐거운 하루 보내세요!

마지막으로 제가 좋아하는 노래 구절을 하나 추천하고 갑니다.☺

'인생은 길고 날씨 참 좋구나'
New Hippie Generation, 페퍼톤스

제가 궁금하신 분들이 있다면 편하게 연락을 주셔도 좋습니다

다:) QR코드를 통해 저에 대해 더 알아보실 수 있습니다!

<https://www.linkedin.com/in/jongyeopseon/>



우당탕탕

포스테키안의 하루

#포슬랭

저는 공부하는 것도 중요하지만, 맛있고 건강하게 먹는 것도 굉장히 중요하다고 생각합니다



뿐만 아니라 e-스포츠를 즐길 수 있는 콜로세움도 지극회관에 있는데요, 여기서는 각종 분식을 즐길 수 있습니다

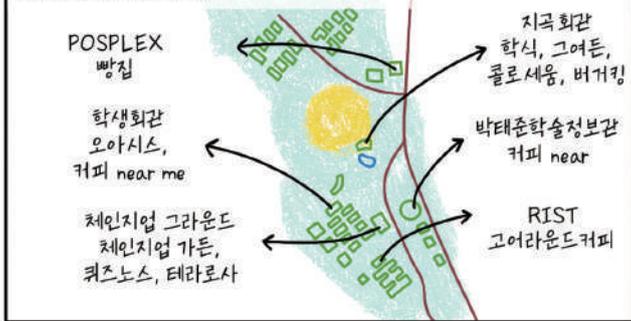
(저의 체중 증가의 주된 원인)



학생회관에 있는 오아시스는 점심 시간에 다양한 메뉴 중 먹고 싶은 음식을 고를 수 있는 곳입니다



그래서 이번 호에서는 POSTECH의 다양한 식당과 카페들을 소개하려고 합니다!



통나무집, 일명 통집은 저녁부터 맛있는 요리와 주류로 배를 채울 수 있는 곳입니다



지극회관은 기숙사 바로 옆에 있는 건물로, 가장 가격이 착한 학생식당과 버거킹이 있습니다



체인지업 그라운드에 있는 체인지업 가든에서는 무려 로봇이 요리하고 서빙하는 든든한 한 끼를 먹어볼 수 있어요



체인지업 그라운드에는 맛있는 샌드위치를 파는 퀴즈노스도 있습니다



체인지업 그라운드에 테라로사도 있는데요, 가격대가 있지만, 대신 원두 종류가 다양하고, 분위기가 좋은 곳입니다



POSPLEX에는 갓 만든 따끈따끈한 빵을 파는 빵집도 있어요



마지막으로 RIST 건물에는 고어라운드커피가 있는데요, 학부생들은 잘 오지 않는 건물이지만 여기는 꼭 가봐야 합니다



도서관, 학생회관 등에는 Coffee Nearme가 있는데요,



생각보다 캠퍼스 내에 정말 다양한 음식이 있지 않나요?



귀여운 파이라떼, 여름에 생각나는 노벨빙수, 언제 먹어도 맛있는 크로플까지 정말 다양한 메뉴가 있습니다



여러분도 나중에 POSTECH에서 든든한 한 끼를 먹을 수 있길 바라요



상식을 깨는 과학

글. 산업경영공학과 24학번 30기 알리미 윤채리

세상에는 우리가 당연하다고 믿는 것들이 있습니다. 빛이 곧고 빠르다는 사실처럼, 의심할 여지가 없는 것들이 있죠. 여러분이 의심하지 않고 상식적으로 받아들이는 사실들은 과학에 근거하고 있는데요, 과학에 관심이 많은 여러분은 더더욱 과학적 사고를 바탕으로 세상을 바라볼 것 같습니다. 그런데 그림자 속에서 보이는 빛이 있다면, 빛보다 더 빠른 초광속이 존재한다면, 0K보다 낮은 온도가 존재한다면 믿을 수 있나요? 이번 사이언스 블랙박스에서는 상식을 깨는 과학을 한번 파헤쳐 보겠습니다!

그림자 속에 보이는 밝은 빛

빛이 물체에 가로막히면 그림자가 만들어집니다. 물체가 빛을 가리면 그 뒷면에는 어둡고 선명한 그림자가 드리워지기 때문입니다. 하지만, 때로는 그림자 속에서 밝은 빛이 보이는 경우도 있습니다. 우리의 상식을 깨는 이 현상은 Bessel beam이라는 특이한 형태의 빛으로 설명할 수 있습니다. Bessel beam은 Bessel 함수의 형태로 진폭이 표현되는 파동입니다. 일반적인 레이저 빔은 초점에서 한 점으로 모였다가 다시 퍼지지만, 이상적인 Bessel beam은 전파 과정에서 거의 회절하지 않아 퍼지지 않습니다. 이는 Bessel beam이 단일 평면파가 아니라, 아래 그림처럼 동심 원뿔 형태로 퍼지는 수많은 평면파들의 중첩으로 이루어져 있기 때문입니다.

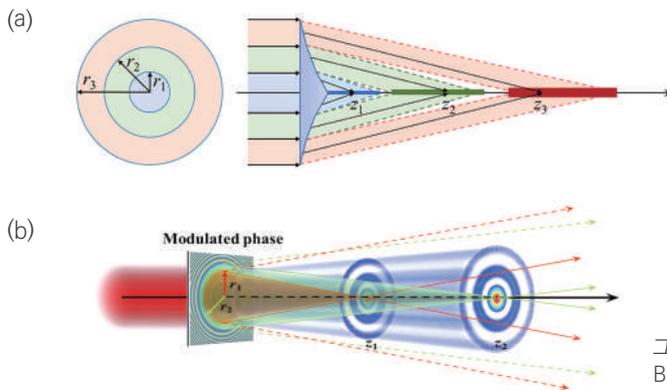


그림 1.
Bessel beam의 진행

이때 각 평면파들은 원뿔각 θ 를 이루며 축 방향으로 진행하면서 항상 같은 위상¹을 유지합니다. 빔이 레이저 포인트의 좁은 입구에서 나오지만, 회절 때문에 멀리 갈수록 점이 커지는 모습을 떠올려 보세요. Bessel beam 중심의 밝은 점 역시 파동이기 때문에 사방으로 퍼지려 하지만, 그 순간 주변 고리의 빛들이 정확히 그 위치에서 다시 간섭을 일으킵니다. 이로 인해 Bessel beam은 비회절 특성을 갖게 됩니다.

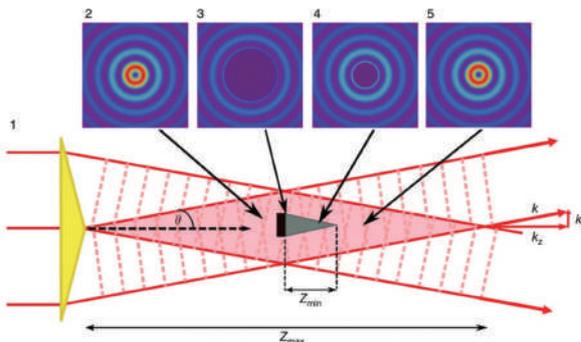


그림 2.
Bessel beam의 자기 치유 성질

Bessel beam의 또 다른 주요 특징은 자기 치유(Self-healing) 성질입니다. 중심부가 부분적으로 가려지더라도, 바깥쪽 동심 원형파들이 축 방향으로 다시 간섭하면서 중심 로브(lobe)²를 재구성합니다. 이 때문에 중심을 막아도, 일정 거리 뒤에서는 마치 아무 일도 없었던 것처럼 중심 빛이 다시 나타납니다. 이 현상은 그림자 속에서 밝은 빛이 나타나는 이유를 설명해 줍니다. 일반적인 Gaussian beam³이라면 회절로 인해 어두워지지만, Bessel beam은 구조적으로 스스로를 다시 만들어내기 때문에 중심의 빛이 사라지지 않는 것입니다.

[각주]

1. 매질이 현재 진동하고 있는 상태를 나타내며, 같은 주파수에서 파형의 어느 위치에 있는지를 각도로 나타낸 것
2. 신호의 세기나 진폭이 최대값에 도달하는 영역 또는 구획
3. 빔의 단면에서 강도 분포가 가우시안 함수(정규 분포)를 따르는 이상적인 레이저 빔

[그림 출처]

그림 1.

Yanke Li, Yu Zou, et al. "Constructing arbitrary self-similar Bessel-like beams via transverse-longitudinal mapping." *Chinese Optics Letters* 2024. <https://m.researching.cn/articles/OJf4163e2cf4d7ad2d/figureandtable>

그림 2.

Melanie McLaren, Thandeka Mhlanga, et al. "Self-healing of quantum entanglement after an obstruction". *Nature Communications* 2014. <https://www.nature.com/articles/ncomms4248>

[참고 자료]

Melanie McLaren, Thandeka Mhlanga, et al. "Self-healing of quantum entanglement after an obstruction". *Nature Communications* 2014. <https://www.nature.com/articles/ncomms4248>

빛보다 빠른 입자

“빛보다 빠른 것은 없다.”라는 명제는 아인슈타인의 특수상대성이론에 기반한 가정으로 거의 사실 처럼 받아들여지고 있습니다. 진공 속에서의 빛의 속도 c 는 질량을 가진 물체가 도달할 수 없는 속도 한계로 여겨지지만, 이 한계는 어디까지나 진공에서만 적용됩니다. 매질 속에서의 빛은 굴절률 n 에 따라 속도가 줄어듭니다. $v_{light} = \frac{c}{n}$ 로 표현되는 매질 내 빛의 속도에 의해 굴절률(n)이 1보다 큰 매질에서는 v_{light} 가 c 보다 작으므로, 매질 속에서는 빛보다 입자가 빠르게 움직일 수 있다는 것입니다.

이때 전하를 띤 입자가 매질을 빠른 속도로 통과하면 그 입자 주변의 전자기장이 급격히 교란되면서 빛의 충격파가 발생하는데, 이 현상이 바로 체렌코프 복사(Cherenkov radiation)입니다.

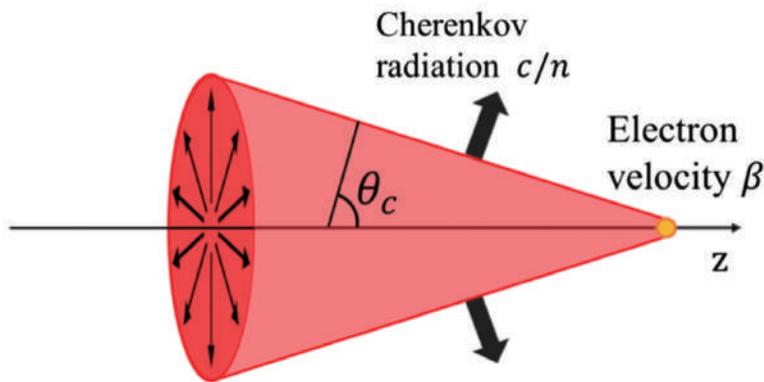


그림 3. 체렌코프 복사

전하를 띤 입자가 매질 속에서 빛보다 빠르게 이동하면, 입자에서 방출된 전자기파가 일정 각도에서 위상이 일치하여 보강 간섭을 일으킵니다. 이후, 빛은 원뿔 형태로 방출되며 입자의 진행 방향과 방출된 빛의 진행 방향 사이 각도를 체렌코프 복사 각(θ_c)이라고 합니다. 또한, 다음과 같은 관계가 성립합니다.

$$\cos \theta_c = \frac{1}{n\beta} \quad (\beta = \frac{v}{c})$$

이 관계는 원의 반지름과 체렌코프 각을 측정하여 입자의 속력을 정밀하게 알아내는 데 사용됩니다. 체렌코프 복사는 단순히 “빛보다 빠른” 현상을 보여주는 것이 아니라, 진공 속 광속 c 를 넘지 않으면서도 매질 속 광속 $\frac{c}{n}$ 을 초과한 입자가 만들어내는 국소적 초광속 현상을 시각적으로 보여주는 물리적 현상입니다.

[그림 출처]
그림 3.

Yuichi Tadenuma et al. "Generation of coherent THz Cherenkov radiation by electron bunch tilt control." *Physical Review Accelerators and Beams* 2022. <https://journals.aps.org/prab/pdf/10.1103/PhysRevAccelBeams.25.110102>

[참고 자료]

Yuichi Tadenuma et al. "Generation of coherent THz Cherenkov radiation by electron bunch tilt control." *Physical Review Accelerators and Beams* 2022. <https://journals.aps.org/prab/pdf/10.1103/PhysRevAccelBeams.25.110102>

0K 보다 낮은 음의 온도

우리가 알고 있는 가장 낮은 온도는 0K입니다. 이보다 더 낮은 온도는 존재할 수 없다고 배웠지만, 물리학에서는 음의 온도(Negative temperature)라는 개념이 존재합니다. 0K보다 낮은 온도라니, 어떻게 가능한 이야기일까요? 온도는 단순히 '차갑다, 뜨겁다'를 표현하는 감각적 개념이 아니라, 에너지가 어떻게 분포하는지를 나타내는 물리량입니다. 온도를 정의하는 방법은 여러 가지가 있지만, 통계역학에서는 온도를 다음과 같은 수식으로 정의합니다.

$$\frac{1}{T} = \frac{\partial S}{\partial E}$$

위 식의 S는 엔트로피(Entropy), E는 에너지를 의미합니다. 즉, 온도는 에너지를 조금 추가했을 때 엔트로피가 얼마나 증가하는가를 나타내는 값입니다. 보통의 물질에서는 에너지를 공급할수록 입자들이 더 많은 미시 상태(Microstate)⁴를 점유할 수 있으므로 엔트로피가 증가합니다.

이런 경우 $\frac{\partial S}{\partial E} > 0$ 이므로 온도는 양수입니다. 그러나 모든 시스템이 무한한 에너지를 가질 수 있는 것은 아니기 때문에 에너지의 상한이 존재하는 시스템에서는 우리가 예상한 것과는 다른 상황이 일어날 수 있습니다. 입자가 가질 수 있는 에너지가 (+)와 (-), 두 가지 상태만 구분된다고 생각해 봅시다. 대부분의 경우 입자들은 낮은 에너지 상태(-)에 많고, 에너지를 가할수록 점차 높은 상태(+)로 이동합니다. 그런데 만약 거의 모든 입자가 이미 높은 상태(+)에 올라가 있다면, 더 이상 증가할 수 있는 상태가 없습니다. 오히려 작은 교란만으로도 일부 입자가 다시 낮은 상태(-)로 내려가게 되어, 에너지를 가했음에도 엔트로피가 오히려 감소하는 현상이 나타납니다. 즉, $\frac{\partial S}{\partial E} < 0$ 가 되며 위의 온도 정의식에 따라 온도 T가 음수가 되는 것입니다.

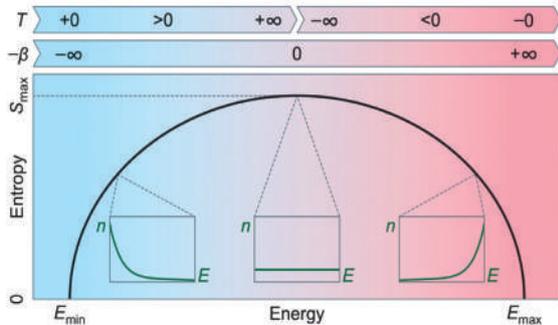


그림 4. 엔트로피 & 온도 - 에너지 그래프

에서 에너지는 항상 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르지만, 음의 온도와 양의 온도가 접촉하면 에너지는 음의 온도 쪽에서 양의 온도 쪽으로 이동하는 것이죠. 따라서 음의 온도 상태는 '0K 보다 낮은 온도'가 아니라, '무한히 뜨거운 온도 이후의 영역'인 것입니다.

지금까지 살펴본 사례들은 우리가 당연하다고 믿어온 상식이 언제든 뒤집힐 수 있다는 사례를 보여줍니다. 빛이 그림자 속에서도 사라지지 않을 수도 있고, 어떤 입자는 빛보다 빠르며, 온도는 0K 보다 낮을 수도 있죠. 이처럼 과학은 때로는 우리의 직관을 배신하지만, 그 의심은 새로운 발견을 만듭니다. 어쩌면 과학의 시작은 모순을 발견하는 순간일지도 모릅니다. 여러분은 어떤 상식을 의심해 보고 싶나요? 그 질문 하나가 또 다른 과학의 문을 열게 될 것입니다.☺

하지만 여기서 주의해야 할 점은, 음의 온도가 0K 보다 낮은 온도를 의미하는 것은 아니라는 것입니다. 온도의 수학적 정의상 $T = +\infty$ 를 지나서 부호가 바뀌어 $T = -\infty$ 가 되는 구조이므로, 음의 온도는 오히려 그 어떤 양의 온도보다도 뜨거운 상태를 의미합니다. 다시 말해, 양의 온도

[각주]

4. 열역학계를 구성하는 개별 입자 또는 구성 요소의 정확한 위치와 운동량을 설명하는 열역학계의 특정한 상태

[그림 출처]

그림 4.

"Negative Absolute Temperatures". "Quantum Many body systems - MPQ". <https://www.quantum-munich.de/119947/Negative-Absolute-Temperatures>

[참고 자료]

Simon Braun, Jens Philipp Ronzheimer, et al. "Negative Absolute Temperature for Motional Degrees of Freedom." *Science* 2013. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23288533/>

반도체공학과가 본 오락실

글. 무은재학부 25학번 3기 알리미 강동희

탕탕탕! 오랜만에 총 게임을 하니 스트레스가 싹 날아가는 기분이야! 그런데 실제로 총알이 발사되지도 않았는데, 표적을 맞혔는지 어떻게 인식하는 걸까?

총알이 어디에 맞았는지를 알 수 있는 것은 CRT(Cathode-Ray Tube)¹ 덕분이야. CRT의 원리는 간단해. 화면 뒤의 전자총에서 나온 전자빔이, 형광물질이 발라진 화면으로 날아가서 부딪치면 빛이 발생하는 원리야. 게임 화면의 왼쪽에서 오른쪽으로, 위에서 아래로 시간에 따라 순서대로 전자가 주사되기 때문에 빛을 감지한 시점을 알면 주사된 위치를 알 수 있어. 즉, 시간 정보로 위치를 추정할 수 있지.

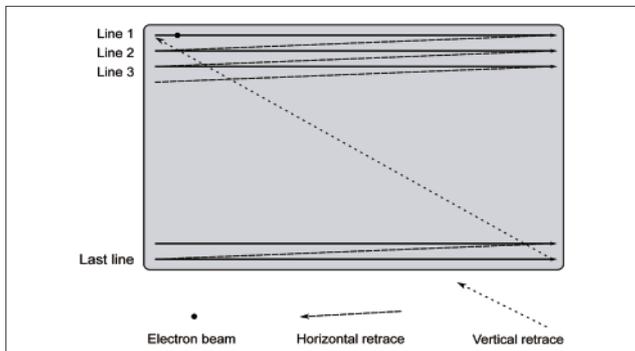


그림 1. CRT의 원리

그럼 시간 정보를 어떻게 알 수 있을까? 바로 화면의 원하는 지점에서 나온 빛을 총이 인식하게 하는 거야. 총이 바라보고 있는 픽셀에서 빛이 언제 발생하는지 확인하는 거지. 총의 방아쇠를 당기면 화면이 꺼졌다가 순차적으로 밝아지는데, 이때 방아쇠를 당긴 시점부터 조준점에 빛이 들어오기까지 시간을 확인해. 그 시간을 토대로 조준점의 위치를 파악할 수 있어. 총이 빛을 인식할 때는 빛을 전류로 바꾸는 광센서 반도체 소자인 포토다이오드를 이용해. LED의 원리를 반대로 이용한 셈이며 태양 전지와 같은 원리야. PN 다이오드²는 순방향 전압이 걸릴 때 전류가 (+)극에서 (-)극으로 흐르는데, 역방향 전압이 걸리면 전류가 흐르지 않아. 그러나 포토다이오드를 이용하면 다이오드가 빛을 받을 때 빛을 흡수한 전자가 들뜨면서 역방향 전압에서도 전류가 흐를 수 있어. 평상시에는 역방향 전압이 걸려 있어 전류가 거의 흐르지 않지만, 빛을 쬐면 공핍층³ 안에서 전자와 양공이 생성되고, 전기장에 의해서 반대 방향으로 이동하면서 전류가 흐르게 되는 거지!

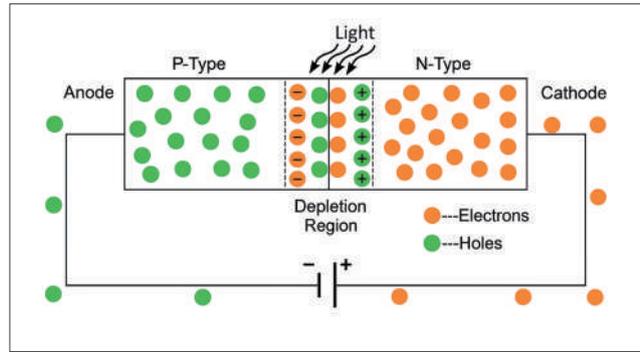


그림 2. 포토다이오드의 구조

오락실 총 게임에도 반도체의 원리가 숨어 있었다다니! 정말 신기하지 않아? 당장 총 게임을 하러 오락실로 달려가야겠어!

[각주]

1. 브라운관 또는 음극선관으로 하나 이상의 전자 총과 인공 화면을 포함하는 진공관
2. P형 반도체와 N형 반도체를 접합한 2단자 소자
3. 전도성을 띤 물질에서 전하 운반자가 옮겨짐에 따라 만들어지는 절연된 영역

[그림 출처]

그림 1. "Analog television". 위키백과, 우리 모두의 백과사전.

https://en.wikipedia.org/wiki/Analog_television

그림 2. Abhishek, Singh. "Photodiode - Symbol, Construction, Working, Types and Applications." HACKATRONIC: Hacks of Electronics. Aug 18, 2025.

[참고 자료]

1. 오한열. "포토다이오드와 포토트랜지스터의 원리". 한국순환학회, 순환법칙, 인아랑, 사상물리학, 사상화학. 2017년 2월 9일.
2. 그림 1과 동일한 출처





기계공학과가 본 오락실

글. 무은재학부 25학번 31기 אלימי 강창민

우와 만점이야! 보드에 수직으로 박히는 다트가 사실은 고개를 끄덕이면서 날아가는 거 알고 있어? 다트는 날아갈 때 고개를 끄덕이듯이 진동하지만 신기하게도 보드에는 거의 수직에 가깝게 꽂혀. 우리가 얼마나 빠르게 던지는지는 상관하지 않고 말이야! 여기에 다트의 자세 진동 파장에 관한 공학적 원리가 숨어 있다는데, 자세히 알아볼까?

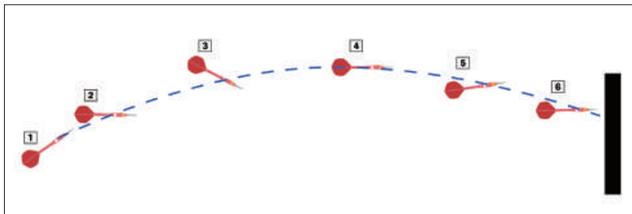


그림 1. 다트의 진동을 보여주는 궤도 개략도

다트의 구조를 살펴보면 무게중심은 앞쪽 금속 바늘에, 공기 저항을 많이 받는 깃은 맨 뒤에 달려있어. 다트가 공기를 가르고 나아갈 때 깃은 쉽게 밀리지만, 무거운 앞부분은 잘 밀리지 않게 돼! 그래서 배드민턴

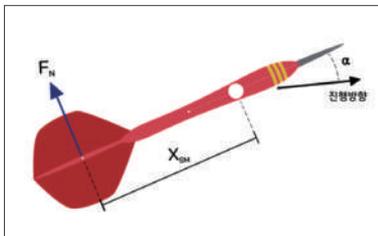


그림 2. 다트의 매개변수 개략도

셔틀콕처럼 날아가는 방향을 바라보도록 힘을 받게 되지.

다트가 날아가는 동안 받는 저항력은 $F_N = \frac{1}{2} \rho V^2 SC_{N\alpha} \alpha$ (ρ 는 공기밀도, V 는 속도, S 는 다트 깃의 단면적, $C_{N\alpha}$ 는 받음각에 따른 양력 변화 정도, α 는 받음각⁴⁾)로, 속력 제

곱에 비례하는 저항력을 받아. 이 저항력 때문에 아래 식과 같은 토크가 작용하지!

$$I_y \frac{d^2\alpha}{dt^2} = -F_N x_{sm} = -\frac{1}{2} \rho V^2 SC_{N\alpha} x_{sm} \alpha$$

(I_y : 관성모멘트⁵⁾, x_{sm} : 무게중심과 저항력의 작용점 사이의 거리)

식을 해석하면 다트가 단순 조화 진동⁶⁾처럼 고개를 끄덕이며 날아가는 것을 알 수 있어. 또한 식에서 다트가 얼마나 빠르게 끄덕이는지를 나타내는 각속도가 $\omega_n^2 = \frac{\frac{1}{2} \rho V^2 SC_{N\alpha} x_{sm}}{I_y}$ 임을 알 수 있지. 그리고 고개를 한 번 끄덕이는 동안 다트가 이동한 거리를 $\lambda = \frac{2\pi V}{\omega_n}$ 로 표현할 수 있으니까

$$\lambda = \frac{2\pi V}{\omega_n} = 2\pi \sqrt{\frac{I_y}{\frac{1}{2} \rho SC_{N\alpha} x_{sm}}}$$

라고 할 수 있지. 즉, 이 식을 통해 λ 의 값이 다트를 던진 속도와 무관하게 일정하다는 것을 알 수 있어! 다트가 날아가는 속도에 비례하게 끄덕이는 속도도 달라지기 때문에, 결국 다트의 코가 한 번 끄덕이는 동안 이동하는 거리가 일정하게 되는 거야! 이 식에 $\rho, S, C_{N\alpha}, x_{sm}, I_y$ 의 값을 대입하면 $\lambda = 2.39m$ 가 나오며, 이는 실제 투구거리(2.37m)와 거의 일치해! 따라서 다트를 던지면 던진 속도와 크게 상관없이 다트의 코가 딱 한 번 끄덕인 후 다시 정면을 바라볼 때 보드에 닿게 되는 거지!

[각주]

4. 다트의 경로와 다트 사이의 각
5. 물체가 회전 운동을 하는 상태를 계속 유지하려는 성질
6. 복원력이 변위에 비례하고 평형점으로 향할 때 일어나는 주기적 진동. 예를 들어 스프링이 나 자신의 운동이 이에 해당함

[그림 출처]

그림 1, 2. 자체 제작

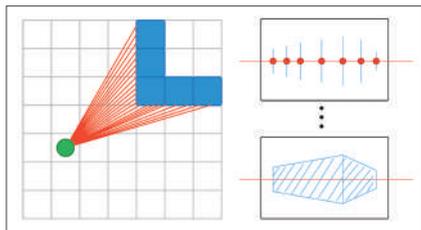
[참고 자료]

James, D., and Potts, J. "Experimental Validation of Dynamic Stability Analysis Applied to Dart Flight". London: Springer, 2019.

컴퓨터공학과가 본 오락실

글. 무은재학부 25학번 31기 알리미 이현승

Doom이나 Wolfenstein 3D라는 게임을 들어본 적 있어? 당시의 한정된 저장 공간으로는 어떻게 3D 맵을 구현했을까? 여기엔 컴퓨터공학의 놀라운 기술이 숨어 있어! 바로 2차원 맵 데이터를 이용해서 화면에 벽과 물체의 위치 정보를 보여주는 레이 캐스팅(Ray casting) 기술이야. 그림 1에서 초록색 점은 플레이어, 파란색 블록은 벽을 뜻해. 플



레이어는 자신이 바라보는 방향으로 여러 개의 광선을 쏘아 주변 환경을 탐색해.

그림 1. 레이캐스팅의 원리

광선이 벽에 부딪히면 그 지점에 수직선을 그리는데, 모든 픽셀마다 수직선을 세우면 평면 위의 맵이 오른쪽 그림처럼 원근감 있는 3D 장면으로 구현돼. 그런데 단순히 광선을 따라 일정 간격마다 벽과의 충돌을 검사하면, 벽을 정확히 감지하지 못하는 문제가 발생할 수 있어. 물론 간격을 촘촘히 할수록 정밀도가 높아지겠지만, 연산량도 급격히 늘어나지.

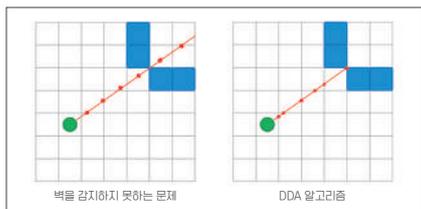


그림 2. 단순한 광선 추적(좌)과 DDA 알고리즘(우)

이때 등장한 것이 바로 DDA(Digital Differential Analyzer) 알고리즘이야. DDA는 광선이 경계선을 만나는 경우에만, 해당 칸이 벽인지 확인해서 훨씬 효율적이지.

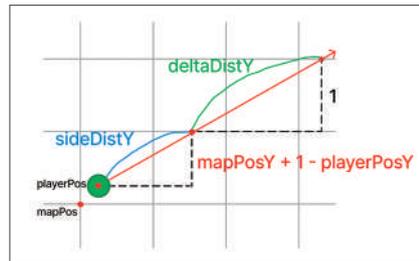


그림 3. DDA 알고리즘

먼저 광선이 수평 경계선과 만나는 지점을 생각해 보자. 광선은 한 방향으로 뻗어나가니까 수평 경계선과의 교점 간격도 일정해. 이 간격은 직선의 기울기와 피타고라스 정리를 이용해 구할 수 있어. 직각삼각형의 높이를 1로 둘 때 빗변의 길이는, 한 수평 경계선을 지나 다음 경계선으로 이동하는 거리인 거야. 첫 번째 수평 경계선까지의 거리는 플레이어의 좌표로 계산할 수 있고, 수직 경계선도 같은 방식으로 구하면 되겠지? 이렇게 첫 교점부터 일정 간격으로 벽이 있는지를 확인하면, 광선이 어떤 경계선에서 벽을 만나는지 판별할 수 있는 거야!

이처럼 DDA 알고리즘은 수학적 원리를 통해 연산량을 줄여서 당시의 한정된 성능에도 현실감 있는 3D 세계를 구현할 수 있었던 거야. 지금은 첨단 그래픽 기술이 그 자리를 대신하지만, 그 시작에는 이런 재치 있는 알고리즘이 숨어 있었다는 걸 기억하자! 그림 나도 다시 슈팅게임 속으로 돌아가 볼게~

[그림 출처]
그림 1-3. "[CG] 레이캐스팅 (Ray casting) 이해 및 구현." "Second Step"
<https://sikpang.tistory.com/32>

[참고 자료]
"Raycasting." "Lode's Computer Graphics Tutorial"
<https://lodev.org/cgtutor/raycasting.html#Introduction>



(출처) https://ko.wikipedia.org/wiki/동_%281993년_비디오_게임%29#/media/파일:Freedoom001_01.png

전자전기공학과가 본 오락실

글. 무은재학부 25학번 31기 알리미 황희관

아오! 집게로 완벽하게 집은 줄 알았는데, 인형이 힘없이 툭 떨어지네! 인형 뽑기를 할 때 아쉽게 인형 놓쳐본 경험 다들 있지? 사실 이건 집게에 숨은 비밀과 관련이 있어.

인형 뽑기 기계에 새로운 인형을 채우고 나서 가장 먼저 하는 일은 집게에 걸리는 전압을 조절하여 집게의 힘을 설정하는 것이야. 인형을 집는 힘을 잘 조절하면 오락실이 손해를 보지 않을 수 있지!

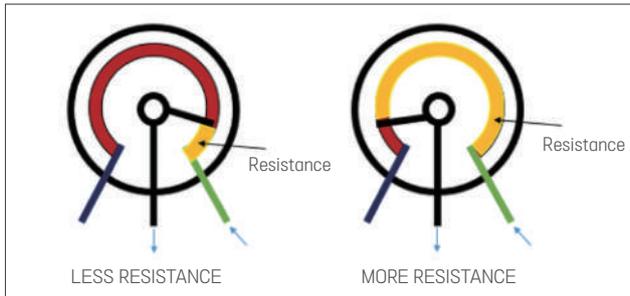


그림 1. 포텐셔미터의 구조

우선 집게에 걸리는 전압을 미세하게 조절하기 위해서는 포텐셔미터(Potentiometer)가 필요해. 그림 1에서 볼 수 있듯이, 포텐셔미터에는 3개의 단자가 있어. 양 끝 단자는 저항체의 역할을 하는 탄소 피막⁷으로 이어져 있고, 중앙 단자는 내부적으로 와이퍼와 연결돼 있지. 슬라이더를 움직이면 이 와이퍼는 한쪽 끝에서 다른 쪽으로 회전해. 오른쪽 단자로 전류가 들어오면 탄소 피막을 따라 흐르다가 중앙 단자로 흘러 나가는데, 이때 탄소 피막의 길이만큼 저항이 작용하는 것이지. 이 원리를 통해 와이퍼를 돌리며 기계에 걸리는 전압을 조절할 수 있어.

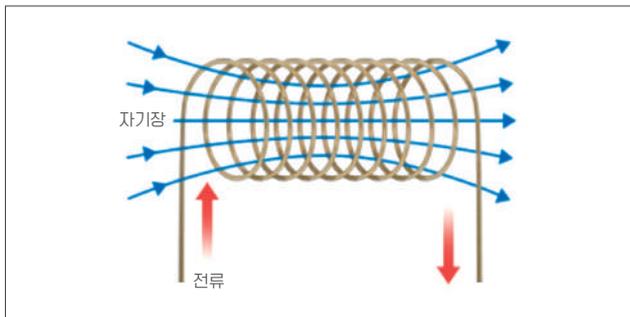


그림 2. 솔레노이드 내부의 자기장



그럼, 전압이 높아지면 왜 집게 힘이 세질까? 그건 집게가 솔레노이드⁸로 구성되어 있기 때문이야. 솔레노이드에 전류가 흐르면 강력한 전자석이 되어 자기장을 만들어. 이 자기력은 솔레노이드 내부의 철심을 위쪽으로 강하게 끌어당기지. 이런 철심의 움직임을 통해 집게를 오므릴 수 있는 거야.

위에서 설명한 포텐셔미터를 통해 전압을 키우면 솔레노이드에 흐르는 전류가 커지고, 전류의 세기에 비례하는 자기장이 생성돼. 그리고 철심은 그만큼의 힘을 자기장의 방향으로 받는 거지! 단순히 보이는 인형 뽑기 기계에 이런 원리가 숨어 있다니, 놀랍지 않아? 앞으로 인형을 뽑을 때면, 집게 속 전류와 자기장을 상상해 봐! 그럼, 안녕~⁹

[각주]

7. 세라믹 코어에 탄소 재질의 얇은 피막을 둘러 부착시킨 것
8. 도선을 촘촘하게 원통형으로 말아 만든 기구

[그림 출처]

그림 1. "Electronics Basics - How a Potentiometer Works". "Random Nerd Tutorials". <https://randomnerdtutorials.com/electronics-basics-how-a-potentiometer-works/>

그림 2. "솔레노이드 [solenoid]". "Doopedia". https://www.doopedia.co.kr/doopedia/master/master.do?_method=view&MAS_IDX=101013000701107

[참고 자료]

Stubben, David R. "Apparatus and method for crane game claw control." US Patent 6,283,475B1, filed October 19, 1999, and issued September 4, 2001. Google Patents.

신호 인식 입자, SRP

글. 화학공학과 24학번 30기 알리미 김가경

여러분은 로켓배송을 이용해 보신 적이 있나요? 저는 급하게 필요한 물건이 생길 때면 자주 이용합니다. 클릭 한 번이면 다음 날 도착하는 로켓 배송처럼, 전 세계 수많은 사람이 의지하는 택배 시스템에서 가장 중요한 것은 바로 물건이 정확한 주소로 배달되는 것입니다. 사실, 우리 몸속에서도 이와 비슷한 일이 일어납니다. 세포 안에서는 매 순간 수많은 단백질이 합성되고 있으며, 각 단백질은 자신이 있어야 할 정확한 위치로 이동해야 합니다. 어떤 단백질은 세포 밖으로 분비되어 호르몬이나 효소로 작용하고, 또 어떤 단백질은 세포막에 자리 잡아 수용체로 기능합니다. 즉, 합성되는 단백질마다 도달해야 할 '배달 주소'가 있는 셈입니다.

그렇다면 단백질들은 어떻게 제 자리를 찾아갈 수 있을까요? 이 복잡한 단백질 운송 시스템의 중심에는 SRP(Signal Recognition Particle, 신호 인식 입자)라는 놀라운 분자 기구가 있습니다. 단백질의 합성이 세포질에 있는 리보솜에서 시작한다는 건 다들 알고 있을 텐데요. 이때 세포 밖으로 분비되거나 세포막 단백질로 기능할 단백질은 N말단에 '신호 서열(Signal sequence)'이라는 짧은 아미노산 서열을 가지고 있으며, 이 서열은 주로 소수성 아미노산으로 이루어져 있습니다. 이는 마치 택배 상자에 붙은 운송장처럼 단백질의 목적지를 알려주는 역할을 합니다. SRP는 단백질과 RNA로 구성된 복합체로, 신호 서열을 인식할 수 있는 특별한 결합 부위(Binding pocket)를 가지고 있습니다. 단백질이 리보솜에서 합성되기 시작하면, 신호 서열이 SRP의 결합 부위에 닿으며 소수성-소수성 상호작용을 통해 결합이 이루어 집니다. 이때 번역이 잠시 멈추고, SRP는 리보솜을 소포체(ER) 막에 있는 SRP 수용체로 안내합니다.

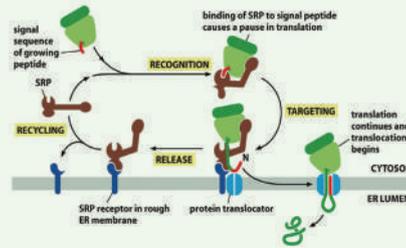


그림 1. 합성 중인 폴리펩타이드가 소포체로 이동하는 과정

이후 SRP와 수용체가 결합하면 리보솜과 펩타이드 사슬은 소포체 막의 단백질 통로(Translocon)¹와 연결되고, SRP는 떨어져 나가면서 번역이 재개됩니다. 단백질 합성이 끝나면 신호 서열은 신호 절단 효소(Signal peptidase)에 의해 잘리고, 합성된 단백질은 소포체 내강²으로 들어갑니다.

하지만 모든 단백질이 번역 중에 SRP의 도움을 받는 것은 아닙니다. 어떤 단백질들은 리보솜에서 번역이 완료된 후 Hsp70과 같은 샤페론(Chaperone)³의 도움으로 접히지 않은 상태를 유지한 채 소포체 막에 존재하는 Sec62/63 복합체⁴에 의해 인식됩니다. 이때 소포체 내강의 BiP 단백질⁵이 작용하여 폴리펩타이드를 소포체 내부로 이동시킵니다.

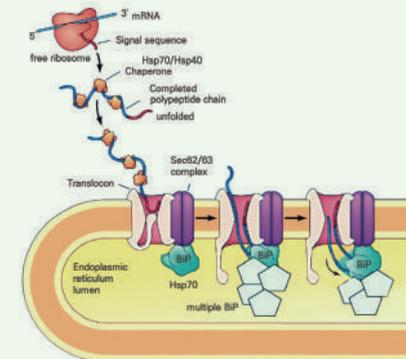


그림 2. 번역이 끝난 폴리펩타이드가 소포체 내강으로 이동하는 과정

소포체 내강으로 들어간 단백질은 본격적인 접힘과 조립 과정을 거치며 완전한 구조를 갖추게 됩니다. 이 과정에서 여러 샤페론 단백질과 PDI(Protein Disulfide Isomerase)⁶가 도움을 주며, 당화(Glycosylation)⁷과정도 이루어 집니다. 소포체를 거쳐 골지체(Golgi apparatus)로 이동하면서 추가적인 가공과 분류를 거쳐 단백질이 완성됩니다. 완성된 단백질은 다양한 종류

의 운반 소낭(Coated vesicle)에 담겨 최종 목적지로 향하게 됩니다. 목적지에 따라 사용하는 코트 단백질⁸의 종류가 다른데, 대표적으로 COPI, COPII, Clathrin, Retromer 등이 있습니다.

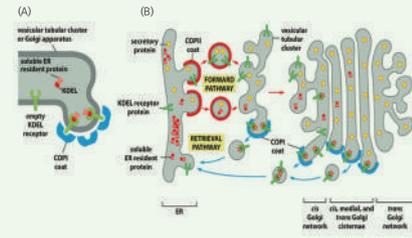


그림 3. 코트 단백질로 둘러싸인 수송 소낭의 이동

이처럼 우리 몸속 단백질들은 실제 택배가 상자에 담겨 분류되고 배달되는 것처럼, 복잡하고 정교한 메커니즘을 통해 정확한 위치로 배송됩니다. 대부분의 단백질에서 SRP는 이 모든 과정의 출발점이자 핵심으로, 세포 속 택배 배송 시스템이라 부를 만합니다. 단백질이 제 자리를 정확히 찾아가는 이 놀라운 시스템 덕분에, 우리는 오늘도 건강히 살아가고 있는 것입니다! 📦

[각주]

1. 막을 가로지르는 폴리펩타이드의 자리옮김과 관련된 단백질 복합체로, Translocator라고도 함
2. 구조 안쪽의 비어 있는 공간
3. 큰 단백질이나 거대분자 단백질 복합체의 구조적 접힘이나 풀림을 돕는 단백질
4. 특정 단백질을 소포체 내부로 이동시키는 역할을 하는 복합체
5. Hsp70 일종으로, 소포체 내강의 샤페론 단백질 중 하나
6. 시스테인 잔기 사이의 이황화물 결합 형성과 파괴를 촉매하여 단백질이 올바르게 접히고 기능하도록 돕는 효소
7. 단당류가 단백질이나 지질 등과 결합하는 화학적 반응
8. 소낭의 길을 감싸는 단백질

[그림 출처]

- 그림 1. Alberts et al., *Molecular Biology of the Cell*, 6th ed., 2015, Figure 12-37.
 그림 2. Geoffrey M. Cooper and Robert E. Hausman, *The Cell: A Molecular Approach*, 6th ed., 2013, Figure 10.9.
 그림 3. Alberts et al., *Molecular Biology of the Cell*, 6th ed., 2015, Figure 13-25

[참고 자료]

1. Alberts, Bruce, et al. *Molecular Biology of the Cell*. 6th ed. New York: Garland Science, 2015.
2. Nagai, Kiyoshi, et al. "Structure, Function and Evolution of the Signal Recognition Particle." *EMBO Journal* 22, no. 14 (July 2003): 3479-85.

반데르발스 방정식

글. 산업경영공학과 24학번 30기 אלימי 박정우

우리가 고등학교에서 배우는 이상기체 방정식 $PV = nRT$ 는 이해하기 쉽지만, 분자 간 인력과 분자 자체가 차지하는 부피를 무시하기 때문에 실제 기체를 완전히 설명하지는 못합니다. 실제 기체가 이상기체처럼 행동하려면 압력이 0에 가까워져야 하는데, 우리가 사는 환경에서는 그런 조건이 성립하지 않죠. 이때 실제기체와 이상기체의 차이를 보정해 주는 식이 바로 반데르발스 방정식입니다. 이상기체 방정식을 반데르발스 방정식으로 변형하기 위해서는 아래 두 가지 차이점을 반영해 주어야 합니다. 먼저 분자 간 반발력에 의한 영향을 고려하기 위해, 1몰당 분자 자체의 부피를 의미하는 상수 b 가 필요합니다. 분자가 n 몰 있다면 기존 부피 V 에서 총 nb 만큼의 부피를 제거해야 합니다. 따라서 이상기체 방정식의 V 대신 $(V - nb)$ 를 대입하면 다음과 같은 식이 됩니다.

$$P(V - nb) = nRT$$

또한, 분자 간 인력에 의한 영향을 고려하기 위해 분자 사이의 상호작용 세기를 의미하는 상수 a 가 필요합니다. 인력은 분자끼리 당기는 힘으로 충돌 빈도를 낮추기 때문에 실제 기체의 압력은 이상기체에서의 예측값보다 작습니다. 인력에 의한 기체의 압력 감소는 농도의 제곱에 비례합니다. 따라서 분자 간 인력에 의해 감소한 인력을 $a \times (\frac{n}{V})^2$ 으로 표현할 수 있습니다. 위 모든 정보를 압력 (P)에 대해 정리하고, 이 식에 감소된 인력을 고려해 주면 다음과 같은 식이 됩니다.

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{n^2a}{V^2}$$

이 식이 바로 반데르발스 방정식입니다. 이상기체의 경우 인력과 반발력을 무시하기 때문에, 이 식에 $a = b = 0$ 을 대입하여 이상기체 방정식을 얻을 수 있습니다. 앞에서 설명하기 쉽게 a, b 를 상수라고 했지만, 사실 a 와 b 는 기체마다 다른 값을

가집니다. 따라서 계산할 때 기체마다 다른 값을 반데르발스 상수 표에서 찾아서 사용해야 합니다.

van der Waals Constants of Several Gases			
Name	Formula	a (atm L ² mol ⁻²)	b (L mol ⁻¹)
Ammonia	NH ₃	4.170	0.03707
Argon	Ar	1.345	0.02119
Carbon dioxide	CO ₂	3.592	0.04267
Hydrogen	H ₂	0.2444	0.02661
Hydrogen chloride	HCl	3.667	0.04081
Methane	CH ₄	2.253	0.04278
Nitrogen	N ₂	1.390	0.03913
Nitrogen dioxide	NO ₂	5.284	0.04424
Oxygen	O ₂	1.360	0.03183
Sulfur dioxide	SO ₂	6.714	0.05636
Water	H ₂ O	5.464	0.03049

그림 1. 반데르발스 상수 표

이제 압축계수(Compression Factor, Z)라는 새로운 변수에 대해 알아봅시다. 압축계수는 실제 기체와 이상기체의 1몰당 부피(V_m)비입니다. 분자에 해당하는 실제 기체의 1몰당 부피는 측정값이고, 이상기체의 1몰당 부피는 이상기체 방정식으로 구할 수 있습니다. 따라서 다음과 같은 식이 유도됩니다.

$$Z = \frac{V_m(\text{real gas})}{V_m(\text{ideal gas})} = \frac{V_m}{RT/P} = \frac{PV_m}{RT}$$

이때, 1몰당 부피(V_m)는 변하지 않으므로 압축계수(Z)는 온도(T)와 압력(P)에 의존합니다. $Z < 1$ 인 경우는 실제 기체의 분자 간 인력이 이상기체보다 작은 상황이고, $Z > 1$ 인 경우는 실제 기체의 분자 간 반발력이 이상기체보다 큰 상황입니다. 특히 $Z = 1$ 인 상황은 실제 기체와 이상기체가 같은 압축계수 값을 가지기에 이상기체와 비슷해지는 매우 특별한 상황입니다. 실제기체가 어떻게 하면 이상기체와 같아질까요? 이걸 알아내기 위해서는 식을 변환하는 과정이 필요합니다. 다음 식은 반데르발스 방정식을 부피(V) 대신 1몰당 부피(V_m)로 표현한 식입니다.

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{n^2a}{V^2} = \frac{RT}{V_m} \left\{ \frac{1}{1 - \frac{b}{V_m}} - \frac{a}{RT} \cdot \frac{1}{V_m} \right\}$$

분모에 있는 b/V_m 은 1몰당 분자 자체의 부피를 1몰당 부피로 나눈 값이므로 1보다 매우 작습니다. 이 점을 이용하면 다음과 같이 근사할 수 있습니다.

$$\frac{1}{1 - \frac{b}{V_m}} = 1 + \frac{b}{V_m} + \frac{b^2}{V_m^2} + \dots$$

네 번째 항부터는 너무 작기에 근사를 한 뒤, 다시 이 식을 위의 반데르발스 방정식 변형식에 대입하면 아래와 같습니다.

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{n^2a}{V^2} = \frac{RT}{V_m} \left\{ \frac{1}{1 - \frac{b}{V_m}} - \frac{a}{RT} \cdot \frac{1}{V_m} \right\} = \frac{RT}{V_m} \left\{ 1 + \left(b - \frac{a}{RT} \right) \cdot \frac{1}{V_m} + \frac{b^2}{V_m^2} + \dots \right\}$$

P 에 대한 식을 Z 에 대한 식으로 바꾸고, 계수를 너무 복잡하니 간단하게 $1/V_m$ 의 계수를 B , $1/(V_m^2)$ 의 계수를 C 로 변형하면 다음과 같은 식으로 표현이 가능합니다.

$$Z = \frac{PV_m}{RT} = 1 + \frac{B}{V_m} + \frac{C}{V_m^2} + \dots$$

P 와 V 의 반비례 관계에 의해 P 대신 $1/V$ 을 대입하고 계수를 변형해 주면, 다음과 같은 식이 됩니다.

$$Z = \frac{PV_m}{RT} \dots (1)$$

$$= 1 + \frac{B}{V_m} + \frac{C}{V_m^2} + \dots (2)$$

$$= 1 + B'P + C'P^2 + \dots (3)$$

위 식에서 사용된 B, C, B', C' 를 바이럴 상수(Viral coefficient)라고 하는데, n 번째 바이럴 상수는 n 개의 입자 간 상호작용을 나타냅니다. 이를 통해 Z 가 1일 때에는 P 가 0이어야 함을 알 수 있습니다. 이는 앞서 설명했던 이상기체의 정의와도 잘 맞아떨어지는 부분입니다. 여기서 (3) 식을 P 에 대해 미분해 보면 다음과 같습니다.

$$\frac{dZ}{dP} = B' + 2C'P + \dots$$

P 가 0으로 수렴하면 B' 이 되므로, 압력이 거의 없을 때 Z 의 기울기는 온도에만 의존함을 알 수 있습니다. 이번에는 (2) 식을 $1/V_m$ 에 대해 미분해 봅시다.

$$\frac{dZ}{d\left(\frac{1}{V_m}\right)} = B + 2C \cdot \frac{1}{V_m} + \dots$$

$1/V_m$ 가 0으로 수렴하면 B 가 됩니다. 이 상황에서 Z 에 대한 식은 다음과 같이 정리할 수 있습니다.

$$Z = 1 + \frac{B}{V_m}$$

$Z = 1$ 이 되기 위해서는 $B = b - \frac{a}{RT}$ 는 0이어야 합니다. 이 조건에 맞는 온도를 보일온도, $T_B = \frac{a}{bR}$ 로 정의합니다. 따라서, 보일온도에서 실제 기체가 이상기체처럼 행동하게 되는 것입니다.

고등학교에서 배우는 내용은 대부분 이상적인 상황을 가정하는 경우가 많습니다. 이번 호에서 다른 반데르발스 방정식을 통해 여러분들이 과학이 그저 실험실 속에서만 있는 내용이 아니라, 세상을 설명하기 위해 발전하고 있음을 느꼈으면 좋겠습니다. ☺

□ 그림 출처 & 참고 자료
Oxtoby, David W., H. P. Gillis, and Alan Campion. *Principles of Modern Chemistry*. Boston: Cengage Learning, 2012. pp.417-420



연속: 극한에서 위상까지

‘연속’이라는 단어는 일상에서 ‘끊이지 않음’을 뜻한다. 그러나 수학은 언제부터 그 ‘끊이지 않음’을 정의하려고 했을까? 함수가 한 점에서 ‘끊이지 않는다’라는 말을, 어떻게 해야 엄밀하게 다룰 수 있을까?

고등학교에서는 연속을 다음과 같이 배운다.

“어떤 점 a 에서 좌극한과 우극한이 존재하고, 그 값이 $f(a)$ 와 같으면 f 는 a 에서 연속이다.”

즉, x 가 a 에 가까워질수록 $f(x)$ 도 $f(a)$ 에 가까워진다는 뜻이다. 간결하고 이해하기 쉽지만, 이 정의로는 다루지 못하는 함수들도 존재한다.

Thomae function:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{q}, & x = \frac{p}{q}, p, q \in \mathbb{Z}, \gcd(p, q) = 1, q > 0, \\ 0, & x \in \mathbb{R} \setminus \mathbb{Q}. \end{cases}$$

토메 함수는 유리수에서 값이 솟아오르고, 무리수에서 값이 0인 함수로 어느 점 x 에서도 좌극한과 우극한이 존재하지 않는 함수이다. 그래프를 그려보면 곳곳에서 바늘처럼 솟은 점들이 가득하다. 그런데 놀랍게도 이 함수는 **모든 무리수점에서 연속**이고, **모든 유리수점에서는 불연속**이다. 이러한 미세한 진동을 가진 함수 앞에서는 고등학교에서의 극한을 이용한 가까이 다간간다는 직관에 한계가 보임을 알 수 있다.

이를 보완하여 나타낸 정교한 연속의 정의가 $\epsilon - \delta$ 논법을 사용한 정의이다.

f is continuous at $a \in \mathbb{R} \iff \forall \epsilon > 0, \exists \delta > 0$ such that

$$|x - a| < \delta \Rightarrow |f(x) - f(a)| < \epsilon.$$

“ f 가 점 a 에서 연속이라는 것은 다음과 동치이다.

임의의 $\epsilon > 0$ 에 대해 적당한 $\delta > 0$ 가 있어 $|x - a| < \delta$ 이면, $|f(x) - f(a)| < \epsilon$ 이다.”

$\epsilon - \delta$ 논법을 통한 연속의 정의는 “가까운 점은 가까운 값으로 간다”라는 아이디어를 수식으로 표현한 것이다. 이를 이용하면 Thomae 함수가 무리수점에서는 연속임을 깔끔히 판정할 수 있다.¹ 그러나 이 논법도 하나의 전제를 깔고 있다. 바로 **거리(Distance)**다. 우리가 $|x - a| < \delta$ 라 쓸 수 있는 것은, 두 점 사이의 거리를 잴 수 있기 때문이다. 그런데 우리가 사는 공간에는 실수 직선만이 아닌 다양한 거리가 존재한다.

예를 들어 원 $S^1 = \{x^2 + y^2 = 1\}$ 위의 함수 $f: (x, y) \in S^1 \rightarrow x \in \mathbb{R}$ 를 생각해 보자. 이 함수에서 S^1 위의 두 점의 가까움을 표현할 때 직선거리보다 호 거리(Arc length)로 재는 것이 자연스럽다. 즉, $\epsilon - \delta$ 논법을 쓰려면 거리를 새로 설계해야 하는 번거로움이 있다. 심지어 어떤 공간에서는 거리라는 개념 자체가 정의되지 않을 때도 있다.²

따라서 수학은 가까움을 수치로 재는 대신, 열린집합(Open set)으로 표현하기로 하였다. 이를 위해 우리는 위상공간을 도입한다. 수학에선 임의의 집합 X 위에, 다음 조건을 만족하는 열린 집합 U_i 들의 모임 T 를 정하고,

$$\phi, X \in T$$

$$\text{If } U_i \in T, \text{ then } \cup_i U_i \in T$$

$$\text{If } U, V \in T, \text{ then } U \cap V \in T$$

이 세 조건을 만족하면 (X, T) 를 **위상공간(Topological space)**이라 부른다. 이 구조 안에서 각 점은 자신이 속한 열린 집합 U_i 들을 통해 주변의 ‘근방 구조’를 갖게 된다. 두 점이 같은 열린 집합 안에 함께 속할 수 있다면, 우리는 그것들을 “서로 이웃할 수 있는 점”이라 말한다. 즉, 열린 집합으로 구성된 T 에 따라 공간 위의 ‘가까움의 규칙’을 정하는 것이다. 이제 연속성의 정의도 이 새로운 틀 안에서 다시 쓸 수 있다. 함수 $f: X \rightarrow Y$ 가 연속이라는 것은 다음이 성립함을 의미한다.

$f:(X, T_X) \rightarrow (Y, T_Y)$ 가 연속 $\Leftrightarrow \forall V \in T_Y, f^{-1}(V) \in T_X$

이 정의는 거리나 수식을 사용하지 않으면서도, $\varepsilon - \delta$ 정의와 완전히 같은 개념을 더 일반적인 공간으로 확장한 것이다. 즉, $f = R^n \rightarrow R^m$ 과 유클리드 거리³가 주어졌을 때 $\varepsilon - \delta$ 논법과 위에서 보인 위상적 연속 정의는 동치이다. $\varepsilon - \delta$ 논법에서 $\{|x - a| < \delta\}$ 와 $\{|f(x) - f(a)| < \varepsilon\}$ 이 열린집합임에 주목하자. $\varepsilon - \delta$ 논법의 핵심은 결국 제시한 δ 로 결정된 $f(x)$ 의 집합이 제시된 ε 에 따른 $f(x)$ 의 집합에 포함되어 있으면 연속이라고 정의하는 것이다. 그런데 이는 Y 에서 열린집합 $V = \{|f(x) - f(a)| < \varepsilon\}$ 가 주어질 때마다 X 에서 조건을 만족하는 열린 집합 $f^{-1}(V) = \{|x - a| < \delta\}$ 를 항상 찾을 수 있다는 말과 같다.

이제 연속은 더 이상 실수선 위에서만 성립하는 개념이 아니다. 우리는 거리를 잴 수 없는 공간에서도 열린집합을 통하여 연속을 정의할 수 있게 된 것이다. ㉠

[각주]

1. 처음 $\varepsilon - \delta$ 논법을 처음 접한 사람들은 보기보다 어려울 수 있으므로 인터넷을 찾아보길 추천
2. Discrete space가 그 예
3. 두 점 a 와 b 사이의 거리를 $\sqrt{(b_1 - a_1)^2 + (b_2 - a_2)^2 + \dots + (b_n - a_n)^2}$ 로 나타낸 것

186호 문제

문제 1 $\varepsilon - \delta$ 논법을 이용하여 R 에서 f 와 g 가 a 에서 연속일 때 $f + g$ 도 a 에서 연속임을 보여라.

문제 2 (R, d) 공간(일반적인 R 공간)에서 f 와 g 가 a 에서 연속일 때 $f + g$ 도 a 에서 연속임을 보여라.

185호 풀이

문제 유한한 2차원 곡면은 단 하나의 사각형을 접고 붙여서 만들 수 있을까?

Every compact connected 2-dimensional topological manifold is a quotient space of 2-closed disk?

(힌트: 유한한 2차원 곡면은 유한개의 사각형을 붙여서 만들 수 있다. Every compact connected 2-dimensional topological manifold is triangulable)

풀이 힌트를 이용하여 풀겠습니다. 힌트를 풀려면, Jordan-Schonflies 정리를 사용하여 많은 테크닉이 필요합니다. 그러니 우리는 유한한 2차원 곡면이 유한개의 사각형 또는 삼각형을 붙여서 만들 수 있다고 가정하겠습니다.

다음과 같은 곡면 M 의 부분집합들의 모임(Collection)에 대해서 생각해 보자. 2-복합체(2-complex)이고 닫힌 원판과 위상 동형으로 이루어졌다. 이 모임은 공집합이 아니다. 왜냐하면 M 이 삼각분할(Triangulable)하다고 했기 때문이다.

K 는 M 에 있는 복합체 중에서 제일 큰 것이라고 하자. K 와 한 변을 만나는 삼각형 T 가 있다고 가정하자. 그러면 $K \cup T$ 는 닫힌 원판과 위상 동형이다. 이는 K 의 최대성의 모순이다. 따라서 K 는 M 이고, M 이 삼각분할 가능하므로, K 의 모든 변은 K 그 자체의 다른 변과 만나 있어야 한다.

정답자 185호 정답자 : 서울동성고등학교 3학년 정태훈

* MARCUS에는 포스텍 수학동아리 MARCUS가 제공하는 수학 문제를 실습니다. 정답과 해설은 다음 호에 나옵니다.

* 이번 호 문제는 2026년 4월 6일(월)까지 postech-alimi@postech.ac.kr로 풀이와 함께 답안을 보내주세요.

* 정답자가 많은 경우, 간결하고 훌륭한 답안을 보내주신 분들 중 추첨을 통하여 포스텍의 기념품을 보내 드립니다.

(학교/학년을 꼭 적어 주세요.)



해설영상 4월 10일 공개

고등학생은 처음이라

글. 무은재학부 25학번 31기 알리미 강동희

어느덧 2026년이 시작되며, 새로운 한 해의 문을 열었습니다. 저는 연말이 되면 저를 스스로 돌아보는 시간을 보내고 는 하는데요, 문득 제 고등학교 시절이 떠오르네요. 아쉬움도 남지만, 목표를 향해 달려갔던 기억과 친구들과의 행복 했던 추억이 떠오릅니다. 여러분의 고등학교 시절은 어떤가요? 혹시 공부에만 몰두하느라 다른 소중한 것들을 놓치고 있지는 않나요? 매일 공부만 하기에는 3년은 너무 길고, 우리의 젊음은 그만큼 소중한 것 같습니다. 제가 공부에 집중 하면서도 다양한 경험과 추억을 쌓을 수 있었던 것은 시간 관리 덕분이라고 생각해요. 지금부터 그 이야기를 들려드리겠습니다.

저는 고등학교에 입학했을 때, 하고 싶은 것이 정말 많았습니다. 코로나 시기에 중학교를 다녔기에, 대면으로 하는 학교 생활에 대한 기대가 더 컸습니다. 공부, 동아리, 대회, 과제 연구 다 열심히 해보고 싶어서 동아리 3개에 가입했고, 매년 전국 규모의 대회에도 출전했습니다. 처음부터 이렇게 바쁜 생활을 잘 소화한 것은 아닙니다. 덜 바쁠 때 벌려 놓은 일이 어느새 눈덩이처럼 불어났고, 무엇이든 끝까지 해내고 싶다는 마음에, 도중에 포기할 수 없었습니다. 그래서 고등학교 1학년 때는 가장 빠른 해결책인 수면시간을 줄이는 선택을 했습니다. 하지만 잠을 줄이는 것은 미래의 체력을 당겨서 쓰는 일이라는 것을 깨달았습니다. 체력이 바닥나고 건강이 나빠지자, 집중력도 떨어지고 수업 시간엔 졸음이 몰려왔습니다. 결국 수업을 놓치고, 다시 복습하느라 더 늦게까지 공부하는 악순환이 반복됐습니다. 그 악순환이 끊어진 시기는 고등학교 1학년 여름 방학으로, 이때를 기준으로 저는 다시 태어났습니다. 학기 중보다 여유가 있었고, 시험에 대한 불안도 적었습니다. 그때 저는 깨어 있는 시간에 열심히 하자고 다짐했습니다. 우선 수면 시간을 8시간으로 확보했고, 체계적인 계획도 세워나갔습니다. 월요일 아침마다 한 주의 가용시간을 확인하고 해야 할 일을 정리했습니다. 예상 소요 시간을 고려해 일정을 세우되, 일요일은 비워두었습니다. 할 일을 다 끝냈다면 일요일은 자유시간, 다 끝내지 못했다면 밀린 공부를 할 수 있는 시간으로 사용해 스스로에게 유연한 보상을 주니 자연스럽게 평일 집중력도 높아졌습니다.

하루의 성과는 '시간 x 효율'로 평가할 수 있다고 생각합니다. 시간은 누구에게나 똑같이 주어지기에 결국 효율이 성패를 좌우하죠. 그 효율의 출발점은 좋은 컨디션입니다. 컨디션 관리는 휴식을 위한 합리화가 아니라, 고효율을 위한 투자입니다. 좋은 컨디션을 가장 필요로 하는 것은 수업 시간 집중입니다. 저는 수업 시간에 매 수업이 끝나고 질문을 한 개 하는 것을 목표로 수업을 들었습니다. 뚜렷한 목표를 설정하니 자연스럽게 집중력이 올라가고, 선생님께 좋은 인상도 남길 수 있었죠. 수업이 끝난 후에는 배운 내용을 요약하거나 중요한 내용을 메모했습니다. 적은 시간 투자로도 시험공부에 큰 도움이 되었습니다.

매일 자습 시간에는 당일 복습과 누적 복습을 생활화했습니다. 그날 배운 내용을 기억나는 대로 적어 보고 부족한 부분은 교재를 보며 보충했습니다. 수업을 들은 직후에는 배운 내용을 다 알 것 같았지만, 시간이 지나면 언제 배웠냐는 듯 머릿속이 하얘집니다. 그래서 당일 복습한 노트를 잘 보관해 두었다가 다음날과 그다음 날에도 복습했습니다. 이 과정은 단기기억을 장기기억으로 전환해 주었고, 시험공부를 위한 기반이 되었습니다. 공부를 효율적으로 하다 보니 여유 시간이 생겼고, 그 시간을 다양한 경험으로 채워나갈 수 있었습니다. 방송 부장과 학생회 임원으로 활동하며 다양한 학교 행사를 기획하고 운영하며 뜻깊은 추억을 쌓았습니다. 또한, 배움에 그치지 않고 대회에 출전하며 친구들, 선배들과 함께 노력하며 쌓은 경험은 제 고등학교 생활을 더욱 다채롭게 만들어 주었습니다. 무엇보다도 그 과정에서 많은 소중한 인연을 만날 수 있어서 좋았습니다. 바쁜 학업 속에서도 활력을 불어넣어 준 것은 시간 관리였고, 덕분에 저는 공부를 넘어 더 많은 것을 배울 수 있었습니다. 고등학교 시절은 다시 돌아오지 않으니 소중한 경험과 추억, 인연을 만들기를 바랍니다. 평범함을 넘어, 그 이상을 향해 나아가길 응원합니다! 🍀

한 치 앞도 알 수 없는 인생에서

글. 무은재학부 25학번 31기 알리미 최재민

포스테키안 독자 여러분, 2025년은 잘 보내셨나요? 길다면 길고 짧다면 짧은 1년이 어느새 다 지나가 버리고, 어느덧 우리는 또 새로운 해를 맞이하고 있네요. 새해가 온 만큼 많은 분이 새로운 목표를 가지고 인생의 새출발을 다짐하실 텐데요, 오늘은 독자 여러분께 ‘목표’라는 두 글자 앞에서 고민했던 제 이야기를 전해보고자 합니다.

고등학교 시절 저에게 가장 중요하면서도 저를 가장 힘들게 했던 것이 바로 ‘목표’였습니다. 고등학교에 처음 입학한 저의 목표는 간단했어요. ‘좋은 대학에 가기 위해 좋은 성적을 받자.’라는 단순하면서도 명확한 목표였죠. 그러나 시간이 지나면서 간단하던 그 두 글자가 점점 복잡해지기 시작했습니다. ‘꼭 좋은 대학에 가야 할까?’, ‘좋은 대학이 내 목표가 맞긴 한가?’ 등등 수많은 질문을 스스로에게 던지면서 목표를 이뤄야 하는 근본적인 이유에 대한 의문이 들었습니다. 오랜 고민과 사색 끝에 나온 그 답은 ‘인생의 행복’이라는 간단한 한마디로 정리되었습니다. 저에게 목표는 행복하기 위해서 이뤄야 하는 것이었죠. 저에게 주어진 그다음 질문은 어떻게 해야 행복해지는지였습니다. 행복해지는 방법은 사람마다 다르겠지만, 제가 결론 내린 가장 보편적인 방법은 자신이 좋아하는 것을 하는 것이었습니다.

‘하지만 내가 좋아하는 것을 한다!’라는 희망찬 다짐과 함께 다시 목표를 세우려던 저에게 또 다른 난관이 기다리고 있었습니다. 인생은 한 치 앞도 예측할 수 없기에, 내가 좋아하는 것을 목표로 삼는 일은 큰 두려움과 책임이 따랐습니다. 당시에 제가 좋아하던 것은 축구, 게임 등 여가 중심의 활동들이었기에, 인생을 좌지우지할 수도 있는 고등학교 시절의 목표를 세우기 위해서는 좋아하는 것에 대한 깊은 생각이 필요했습니다. 그렇게 저는 그제야 스스로에게 관심을 가지게 되었고, 나를 알아가기 위한 노력을 시작했습니다. ‘목표’를 출발점으로 시작한 고민이 ‘나’라는 중간지점까지 도달했던 고등학교 1학년 말미의 생각들은 제 삶의 전환점이 되었습니다. 학교나 학원, 집에서 수많은 사람에게 제 삶에 대한 조언과 이야기를 들으며 살아가지만, 삶의 중심에는 항상 저 자신이 있어야 한다고 생각합니다. 내 인생은 내가 만들어가는 것이지 남이 만들어주는 게 아니니까요. 그렇게 저는 제 마음의 소리에 집중하게 되었습니다. ‘나는 지금 무엇을 하고 싶지?’, ‘나는 미래에 어떤 일을 하고 싶지?’라는 말들은, 중요하지만 정말 어려운 질문이라고 생각해요. 대부분의 고등학생 친구는 말하죠. ‘하고 싶은 게 없어요.’, ‘꿈이 뭔지 모르겠어요.’ 저는 그것이 우리가 스스로에 대해서 잘 모르기 때문에 나오는 결과라고 생각합니다. 그럼 우린 어떻게 해야 스스로에 대해서 잘 알 수 있을까요?

저는 정말 사소하고 일상적인 생활에서부터 시작할 수 있다고 생각합니다. 오늘 점심으로 먹고 싶은 게 무엇인지 떠올리는 정말 사소한 일부터, 나는 어떤 공부와 직업에 흥미를 느끼는지 고민해 보는 무거운 질문도 던져볼 수 있습니다. 그다음으로는 자신이 어떤 장단점을 가진 사람인지, 어떤 특성이 있는 사람인지 깊이 고민해 보는 것이죠. 처음에는 쉽지 않겠지만 끊임없이 자신에 대해 성찰하고, 타인이 바라보는 ‘나’에 대한 의견을 들어보며, 흥미를 느끼는 다양한 일들을 직접 경험해 본다면 점차 진정한 나를 이해할 수 있을 것입니다.

끊임없이 변해가는 세상에서, 한 치 앞도 알 수 없는 인생에서 당당하고 멋지게 살아가려면 스스로에게 귀를 기울이는 사람이 되어야 한다고 생각합니다. 그래야 앞으로의 수많은 선택의 순간에 마주친 고민과 난관에서 타인에게 흔들리지 않고, 자신만의 목표를 향해 나아가는 삶을 살 수 있기 때문입니다. 인생의 출발점에서 어딘가에 있는 목표를 향해 가는 여정에는 어두운 순간과 밝은 순간이 모두 있습니다. 때로는 남들의 밝은 모습에 불안할 수도 있겠지만, 그래도 자신을 믿고 나아가다보면 분명 멋진 여행이 될 것입니다. 사람마다 빛나는 시기는 다르다는 것을 잊지 마세요!❶

ZOOM IN ON POSTECH!

포스텍은 어떤 학교인지, 포스텍 학생들은 어떤 사람들인지 궁금하지 않으신가요?
알리미가 들려주는 포스텍과 포스테키안들의 이야기를 준비했습니다!

Q1. 포스텍 학생분들은 방학이나 자투리 시간을 어떻게 활용했는지 궁금해요!

* 무은재학부 25학번 31기 알리미 강창민 *

저에게 방학과 자투리 시간은 역전의 기회였다고 생각합니다. 중학교 때부터 공부를 잘하는 편은 아니었지만, 잘하고 싶은 욕심이 컸고 근거 없는 자신감으로 공부를 열심히 하기 시작했어요. 그런데 아무리 열심히 해도 남들과 똑같은 시간만큼 공부하니, 예전부터 잘해온 친구들보다 잘하긴 힘들었습니다. 그래서 그런 친구들과의 경쟁에서 이기는 방법은 친구들이 공부하지 않을 때도 공부하는 것이라고 생각했어요. 그렇게 등교 시간보다 1시간 일찍 학교에 도착해 혼자 자습실에서 공부하고, 점심시간에도 친구와 함께 도서관에서 공부했던 기억이 납니다. 1학년 겨울 방학부터는 이런 습관을 유지하기 위해서 매일 같은 시간에 일어나서 도서관으로 가 공부를 했습니다. 이렇게 최선을 다하니, 포스텍 입학이라는 값진 결과로 돌아오게 된 것 같아요.

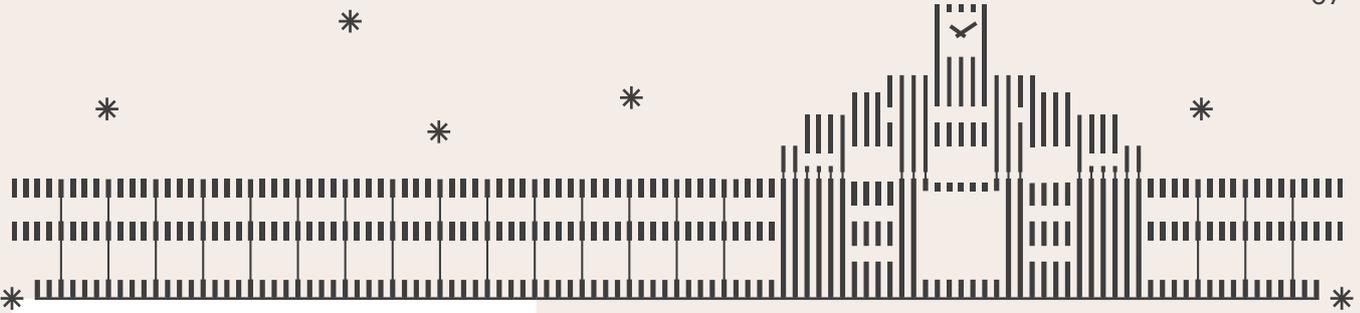
Q2. 무은재학부는 전공을 2학년 2학기 때 정한다고 하는데, 실제로 불편하거나 걱정되었던 부분은 없었나요?

* 산업경영공학과 24학번 30기 알리미 윤채리 *

무은재학부에 소속된 기간만큼 전공 공부가 줄어들지는 않을지 걱정될 수도 있어요. 하지만 저에게는 이 제도가 포스텍을 선택한 이유 중 하나였어요! 고등학생 시절, 저를 포함한 많은 친구들은 정해진 과목만 배우며 진정으로 원하는 학과를 찾지 못하고, 성적에 맞춰 대학과 전공을 선택했습니다. 하지만 대학 전공은 앞으로의 진로와 밀접하게 연결될 것이라고 생각했기에, 선불리 결정하고 싶지 않았어요. 그런 저에게 무은재학부는 한 줄기의 빛처럼 느껴졌습니다. 입학 당시에는 생명과학과에 관심이 있었지만, ‘학과탐색’과 ‘학과입문’, ‘새내기연구참여’ 교과목을 수강하며 전혀 예상하지 못했던 산업경영공학과를 선택하게 되었습니다. 심지어 인원 제한 없이 원하는 학과에 무조건 진학할 수 있어 오직 제 선택만을 고려할 수 있었고, 스스로 선택한 전공이기에 더 큰 확신과 열정을 가지고 공부하고 있습니다.

* 컴퓨터공학과 24학번 30기 알리미 한예림 *

1학년 때부터 전공을 정하고 입학하는 다른 대학에 비해, 전공에 관한 심화적인 공부가 늦어지지 않을지, 1년 동안 희망 전공과 관련 없는 과목들까지 공부하는 것이 다소 낭비가 아닐까 하는 생각도 들었습니다. 하지만 실제로 무은재학부 과정을 거치며, 1학년 때 수강하는 기초필수 과목들은 어떤 전공을 선택하더라도 필요한 기본 소양임을 깨달을 수 있었습니다. 또한 무은재학부에 소속되어도 희망하는 전공 교과목을 수강할 수 있기 때문에 걱정할 필요가 없습니다. 특히 2학년 1학기에는 대다수의 학생이 희망하는 학과의 전공필수 과목들을 수강하며 학과를 직접적으로 경험하기도 합니다. 저 역시 이 과정을 통해 전공에 대한 확신을 얻을 수 있었고, 실제로 배우며 느낀 점들이 진로를 결정하는 데 큰 도움이 되었습니다. 무은재학부로 지낸 시간은 단순히 진로를 탐색하는 시간이 아니라, 전공을 미리 경험하고 제가 나아갈 방향을 구체화할 수 있는 소중한 시간이었습니다.



Q3.
**대학생이 된 지금,
미리 해뒀으면 좋았겠다
싶은 일이 있나요?**

*** 전자전기공학과 24학번 30기 알리미 정찬우 ***

저는 영어 공부를 꾸준히 해두는 것을 꼭 권하고 싶습니다. 포스텍의 수업은 기본적으로 영어로 진행되며, 과제와 시험 또한 영어로 이루어집니다. 영어 실력이 탄탄하다면 수업 내용을 훨씬 잘 이해하고 과제 또한 보다 수월하게 해낼 수 있을 것 같아요. 저는 고등학교 입학 전부터 영단어 암기와 문법 학습을 꾸준히 이어왔고, 영어로 된 영화를 볼 때 자막을 끄는 등 영어와 친숙해지기 위해 노력했습니다. 배우게 될 내용을 미리 영어 원서로 공부하기도 했습니다. 영어를 입 밖으로 뱉는 연습 또한 중요하다고 생각해서, 완벽하지 않더라도 영어로 표현하는 데 집중했습니다! 이러한 노력 덕분에 포스텍에 진학한 후, 언어로 인한 불편함을 거의 느끼지 않고 학업에 집중할 수 있었습니다. 여러분도 미리 영어에 자신감을 쌓아둔다면, 학업은 물론 폭넓은 교류와 다양한 기회를 더 풍부하게 누릴 수 있을 것입니다!

**Q4. 포스텍의 분위기나 문화 중에서,
직접 지내보니 특히 인상 깊었던 점이 있다면 소개해 주세요.**

*** 무은재학부 25학번 31기 알리미 차운서 ***

포스텍의 서로 돕고 협력하는 분위기가 가장 인상 깊었습니다. 대학의 첫 학기를 되돌아보면, 새롭게 접하는 수업들이 흥미로우면서도 낯설고 어려운 점이 많았습니다. 특히 고등학교에 비해 방대해진 공부량 때문에 수업 속도를 따라가기 벅찰 때가 있었습니다. 그럴 때마다 동기들에게 질문했는데, 언제나 성심껏 답해주고 친절히 도와주었습니다. 시험 기간처럼 모두가 바쁜 시기에도 미안해하지 말고 언제나 편히 물어보라며 오히려 질문받는 것을 즐기는 친구들도 있었습니다. 또한 동기와 선배들은 공부 자료를 아낌없이 공유하며 서로를 챙겨주었습니다. 이렇게 도움받다 보니 저 역시 자연스럽게 누군가에게 힘이 되고 싶다는 마음을 가지게 되었고, 먼저 나서서 남을 돕게 되었습니다. 포스텍의 협력적인 학풍은 개인의 적응을 돕는 것을 넘어, 서로를 성장시키는 선순환을 만들어내고 있음을 실감할 수 있었습니다.

*** 무은재학부 25학번 31기 알리미 강동희 ***

포스텍만의 독특한 문화 중 하나는 '분반'입니다. 입학 전, 새내기새로배우터 기간에 약 25명의 새내기가 무작위로 한 분반에 배정됩니다. 처음에는 어색하지만, 다양한 활동을 함께하며 금세 가까워집니다. 다른 대학은 같은 학과 친구들과 많은 시간을 보내지만, 포스텍에서는 새내기 생활의 상당 부분을 분반 친구들과 함께하게 됩니다. '대학 생활과 미래 설계' 강의를 함께 들으며 진로를 고민하고, 분반 활동을 통해 유대감을 쌓기 때문입니다. 저 역시 분반 친구들과 경주월드에서 놀러 가서 행복한 추억을 만들었습니다. 또 하나 특별한 점은 분반 선배와의 활발한 교류입니다. 선배들이 밥을 사주며 대학 생활 팁을 전해주시기도 하고, 다 같이 회식을 하거나 MT를 가면서 친목을 다집니다. 덕분에 분반은 마치 동아리만큼 끈끈한 공동체가 되었고, 그 속에서 쌓인 추억은 제게 큰 의미로 남아 있습니다.

포스테키안 186호를 만든 알리미를 소개합니다!



산업경영공학과 24학번 권영빈



화학공학과 24학번 김가경



기계공학과 24학번 김채운



산업경영공학과 24학번 박정우



전자전기공학과 24학번 신동현



산업경영공학과 24학번 윤채리



전자전기공학과 24학번 정찬우



컴퓨터공학과 24학번 한예림



수학과 24학번 황석훈

Alimi 31기



무은재학부 25학번 강동희



무은재학부 25학번 강창민



무은재학부 25학번 박지연



무은재학부 25학번 백지훈



무은재학부 25학번 손승현



무은재학부 25학번 이재린



무은재학부 25학번 이현승



무은재학부 25학번 차윤서



무은재학부 25학번 최재민



무은재학부 25학번 황희권

독자서평

<POSTECHIAN>을 만드는 알리미에게 여러분의 이야기는 큰 힘이 됩니다.

앞으로도 꾸준히 알리미를 응원해 주세요.

채택된 주인공에게는 특별 제작한 포스텍 굿즈를 기념품으로 보내 드립니다!

동지고등학교 2학년 강민준

‘헬로노벨’에서 노벨 화학상에 관한 내용을 유기적으로 설명해 주셔서 특히 흥미롭게 읽었습니다! 단백질의 기능과 접힘 문제에서 출발해 딥러닝 기반의 알파폴드가 어떻게 구조 예측의 한계를 넘어섰는지, 그리고 드노보 설계로 이어지는 전망까지 논리적으로 연결된 글 덕분에 복잡한 내용을 이해하기가 한층 쉬웠습니다.

성암여자중학교 2학년 배서연

‘Zoom in on POSTECH!’을 통해 너무나도 궁금했던 포스텍 학생들의 일상생활을 알 수 있어 무척 즐거웠습니다. 다양한 학과 정보를 얻을 수 있었고, 학교생활에 도움이 되는 유용한 조언들도 담겨 있어 뜻깊었습니다. 포스텍의 다양한 동아리나 학생 활동에 관해서도 소개해 주시면 더욱 흥미로울 것 같습니다.

구독자 참여 이벤트 일정

알리미가 쓴다

2026년 3월 23일까지 구글 폼에 정답을 등록해 주세요.

<https://forms.gle/fAT4oWxBekbaUbj3A>

마르쿠스

2026년 4월 6일까지 정답을 보내주세요.

postech-alimi@postech.ac.kr

고등학생 기자단 포커스

2026년 1월 5일 - 2026년 2월 22일까지 아래의 URL를 통해 신청해 주세요.

<https://forms.gle/A95jDGKDv7zEMZFs7>



알리미가 쓴다 QR



고등학생 기자단
포커스 신청 QR

영상 공개 일정

ALIMI ON-AIR: 2026년 1월 9일

알턴샵: 2026년 2월 6일

기획특집: 2026년 2월 27일

포커스: 2026년 3월 20일

마르쿠스: 2026년 4월 10일

포스텍 에세이(POPO): 2026년 4월 17일



포스텍 입학팀 유튜브 채널

편집후기

POSTECHIAN
NO.186 / 2026

컴퓨터공학과 24학번 30기 알리미 한예림

전국의 포스테키안 독자 여러분, 안녕하세요. 저는 포스텍 컴퓨터공학과 24학번에 재학 중인 30기 알리미 한예림입니다! 포스테키안은 매년 세 차례, 알리미들의 열정과 고민을 담아 발간되고 있습니다. 저는 작년 182호부터 함께하게 되어, 어느새 이번 186호 발간까지 참여하고 있습니다. 포스테키안을 만드는 과정은 제게도 많은 배움과 보람을 안겨주었습니다. 여러분도 추운 날씨 속에서 숨을 고르며 방학을 보내고 계실 텐데요. 1년 동안 열심히 달려온 만큼 잠시 쉬어가는 분도, 부족했던 부분을 채우며 새로운 도전을 준비하는 분도 있을 거예요. 모두 한 해 동안 정말 수고 많았습니다. 새해에는 여러분 모두가 더 즐겁고 의미 있는 시간이 가득하길 바랍니다. 그리고 이 글을 읽는 포스테키안 독자들이 포스텍을 향한 꿈을 이루어 포스텍 캠퍼스에서 만나기를 기대하겠습니다.

전자전기공학과 24학번 30기 알리미 신동현

포스테키안 구독자 여러분 안녕하세요? 30기 알리미 신동현입니다! 처음 182호 '사이언스 블랙박스'를 쓸 때의 떨림이 아직도 생생한데, 어느새 186호 포스테키안을 마무리하고 있네요. 돌이켜보면 글이 마음에 들지 않아 몇 번이고 고쳐 썼던 순간들과, 발간하고 나서야 보이는 사소한 아쉬움들이 기억에 남습니다. 하지만 그런 시행착오와 아쉬움들이 쌓여 더 잘하고 싶다는 욕심이 생겼고, 덕분에 지금의 저로 성장할 수 있었던 것 같아요. 2025년이 저물고 새해가 밝아오는 지금, 여러분도 지난 한 해에 대한 아쉬움이 분명 있겠죠? 하지만 여러분들 역시 그 아쉬움을 딛고 큰 성장을 할 수 있을 것이라 믿습니다. 그리고 그 노력과 성장이 결실을 맺어, 포스텍에서 의연한 대학생으로 만나기를 바랍니다. 모두 새해 복 많이 받으세요!

전자전기공학과 24학번 30기 알리미 정찬우

포스테키안 구독자 여러분, 안녕하세요! 저는 전자전기공학과 24학번에 재학 중인 30기 알리미 정찬우입니다. 어느덧 알리미로 활동한 지도 2년이 되어 가네요. 지난 2년간 알리미로서 가장 중요하다고 느낀 것은 바로 책임감이었습니다. 솔직히 말하자면, 제가 글을 특별히 잘 작성한다고 생각하지는 않습니다. 다만, 여러분에게 조금이라도 잘 전달될 수 있게 열심히 고민하다 보니, 스스로 느끼는 책임감이 무거워만 집니다. 하지만 돌이켜보면 이 '고민의 연속'이야말로 독자 여러분께 한 걸음 더 다가가려는 알리미들의 진심이 아닐까 합니다. 포스테키안을 읽고 계신 여러분 역시 입시를 준비하거나 새로운 도전을 앞두고 수많은 고민의 시간을 보내고 계시겠죠. 그 길에서 저희의 글이 작은 응원이 될 수 있다면, 저의 막중한 책임감은 무엇보다 큰 보람으로 바뀔 것입니다. 앞으로도 이러한 진심 어린 고민을 멈추지 않는 알리미가 되겠습니다. 포스테키안을 통해 만날 여러분의 빛나는 미래를 항상 응원합니다!

산업경영공학과 24학번 30기 알리미 박정우

포스테키안 구독자 여러분, 안녕하세요! 저는 캠퍼스투어 & 총무 팀에서 팀장을 맡고 있는 30기 알리미 박정우입니다. 고등학생 때 포스텍을 멀리서 바라보며 '언젠가 이 학교를 직접 소개하는 사람이 되고 싶다'라는 작은 꿈을 마음속에 품었는데, 지금은 이렇게 캠퍼스투어로 여러분을 맞이하고 있다는 사실이 여전히 꿈만 같습니다. 방문하신 분들의 반짝이는 눈빛을 마주할 때마다, 제가 처음 포스텍을 사랑하게 된 이유를 다시금 떠올리게 됩니다. 그 설렘을 담아 투어를 진행하다 보니, 제 마음이 곳곳에 자연스레 묻어나는 것 같아요. 이런 제 마음을 포스텍을 찾아주시는 분들 뿐만 아니라 전국에 있는 많은 예비 포스테키안 분들에게 전달하기 위해 포스테키안 집필에 더더욱 최선을 다하고 있습니다. 포스텍을 향한 여러분의 관심과 호기심이 이곳에서 더 큰 동기부여로 이어지길 바라며, 투어가 진로를 향한 작은 확신을 더해주는 시간이 되면 좋겠습니다. 앞으로도 포스텍과 저희 알리미에게 응원과 따뜻한 시선 부탁드립니다.

POSTECHIAN IS PUBLISHED BY POSTECH

POSTECHIAN은 포스텍 학생홍보봉사단체 <알리미>가 직접 기획, 제작하는 과학 잡지입니다. 이공계 분야 진로를 꿈꾸는 고교생들에게 최신 과학 동향과 연구 관련 정보를 제공하고 있으며 186호에 달하는 전통을 자랑하고 있습니다. 과학에 관심있는 분이라면 누구라도 POSTECHIAN의 독자가 되실 수 있습니다. 구독을 원하시면 포스텍 입학팀 카카오톡채널에서 신청해 주세요.



포스텍이 궁금해? 링크 모음

POSTECH