감염병 대응·바이오헬스 진로체험 시뮬레이션

LAZARUS PROTOCOL 좀비 치료제 설계 제안서

"좀비를 만드는 건 바이러스가 아니라, 잘못 접힌 단백질 하나입니다" — AlphaFold로 감염 연쇄를 끊는 치료제 설계 체험

프로그램명	LAZARUS PROTOCOL — 마지막 치료제	**권장 대상**	중·고등학생 (의약학·생명과학·AI 희망자)
권장 소요시간	총 90분 (도입 20m + 개인 체험 10m 순환 + 정리·토론 30m)	**주요 역량**	단백질 구조 리터러시, AI 예측 활용·검증력, 데이터 기반 의사결정

핵심 교육 메세지: "AlphaFold는 50년간 풀리지 않던 단백질 구조를 몇 분 만에 예측합니다. 그러나 그 구조의 **'어디를'** 공격할지 정하고, 그 결정이 옳았는지 **실측 데이터로 검증**하는 일은 여전히 연구자(인간)의 몫입니다."

1. 추진 배경 및 필요성

2024년 노벨화학상이 단백질 구조 예측 AI에 돌아가면서, 신약개발의 출발점은 실험실이 아니라 컴퓨터 속의 3차원 구조가 되었습니다. 그러나 학교 현장에서 단백질은 여전히 '아미노산이 연결된 사슬'이라는 평면적 개념으로 다뤄지고 있어, 학생들이 실제 산업 현장의 연구 방식과 만날 접점이 부족합니다.

- **구조생물학·AI 융합 인재 수요 급증:** AI 신약개발(AIDD), 단백질 공학, 계산구조생물학 분야의 진로 정보와 체험 기회 부재
- **추상 개념의 체감형 전환:** 알파나선·베타병풍·변성·재접힘 등 교과 핵심 개념을 '읽는 것'에서 손으로 '다루는 것'으로 전환
- **균형 잡힌 AI 리터러시:** AI 예측을 맹신하지도 배척하지도 않고, 확신도(pLDDT)를 읽고 실측으로 교차 검증하는 태도 함양

2. 프로그램 개요 및 세계관 설정

[INTRO 스토리 시놉시스]

감염 발생 D+214, 격리구역 7의 지하 벙커 연구소. 처음엔 광우병 같은 것이라고 했다. 감염된 사람은 균형을 잃고, 말을 잃고, 결국 사람을 알아보지 못했다.

원인은 바이러스가 아니라 **단백질 하나**였다. 모양이 한 번 잘못 접힌 단백질이, 옆에 있는 멀쩡한 단백질을 건드리는 것만으로 똑같이 잘못 접히게 만든다. 하나가 둘, 둘이 넷 — 프리온(prion)이다.

그런데 감염이 멈춘 사람이 한 명 있다. 거미에 물린 뒤 발병하지 않은 생존자. 그 혈액에서 감염 프리온에 달라붙는 항체를 확보했다. **뼈대는 있다. 어디에 붙일지는 학생이 정한다.**

※ 프리온은 실존하는 감염성 단백질이며, 크로이츠펠트-야코프병·광우병·쿠루병이 모두 프리온병입니다. 좀비 감염 시나리오는 창작이지만 프로그램이 다루는 과학 — 프리온, 단백질 접힘, 항체, 분자 도킹, 분자동역학 — 은 전부 실제입니다. 사용하는 구조 좌표 또한 RCSB PDB와 AlphaFold DB에서 실시간으로 내려받는 실제 데이터입니다.

운영 사양 — 노트북 1대 + 웹캠 1대 + 대형 스크린(또는 빔). 학생은 **화면 앞에서 손동작만으로** 조작하며 마우스·키보드·별도 교구가 필요 없습니다. 1인 약 10분 순환 구조이고, 대기 학생은 대형 스크린으로 함께 관전·토론합니다. 진행자 없이 무인 부스로도 운영 가능합니다.

3. 단계별 미션 구성 및 진로 역량 분석

단계(STAGE)	핵심 미션 수행 내용	의생명/AI 관련 개념	진로 교육적 의미 및 역량
STAGE 1 감염원 특정	• 후보 단백질 3종 비교 판별 • 거미 독소·정상 단백질 함정 배제	감염성 단백질과 독소의 차이, 자가면역 위험	**[연구 기초 판단력]** '옮는다'의 조건을 근거로 표적을 특정하는 가설 검증 태도 함양
STAGE 2 감염 구조 판독	• 실제 프리온 구조를 손으로 회전 • α나선 → β병풍 전환 확인	단백질 2·3차 구조, 구조-기능 관계	**[구조 리터러시]** 서열이 같아도 접히는 방식이 달라지면 성질이 바뀐다는 핵심 원리 체득
STAGE 3 차단 지점 선정	• 결합 후보 3곳의 노출도·유연성 비교 • 최적 에피토프 결정	항원-항체 반응, 에피토프, B값(유연성) 지표	**[설계 의사결정]** 정량 지표를 근거로 설계 후보를 좁히는 합리적 선택 훈련

단계(STAGE)	핵심 미션 수행 내용	의생명/AI 관련 개념	진로 교육적 의미 및 역량
STAGE 4 AlphaFold 예측 & 도킹	• AlphaFold 예측 구조와 pLDDT 판독 • 손으로 치료제 도킹 후 자동 최적화	AI 구조 예측, 분자 도킹, 옹스트롬 단위 접촉·충돌	**[AI 활용·검증력]** AI 확신도의 의미와 한계를 이해하고 물리 기반 계산으로 교차 검증
STAGE 5 콜드체인 수송 시험	• 몸을 써서 열 입자를 차폐하는 실시간 과제 • 열변성 곡선·녹는점(Tm) 측정, 재접힘 확인	단백질 변성과 Tm, 분자동역학, 의약품 콜드체인	**[실험 데이터 해석]** 자신이 만든 데이터로 열안정성을 판정하고 품질 규격을 도출

4. 중·고등학생을 위한 4대 핵심 교육적 가치

① '좀비'를 과학으로 되돌리는 개념 전환 — 프리온

학생은 흥미로 들어와 **실존 질병**으로 나갑니다. 잘못 접힌 단백질 하나가 옆 단백질을 같은 모양으로 바꾸며 퍼진다는 프리온의 기전은 그 자체로 강력한 서사이면서, 알츠하이머·파킨슨병 등 **단백질 미스폴딩 질환** 전반으로 확장되는 교과 개념입니다. 허구를 소재로 쓰되 결론은 언제나 실제 과학으로 돌아옵니다.

② 노벨상 기술을 '아는 것'에서 '쓰는 것'으로 — AlphaFold와 pLDDT

AlphaFold를 이름으로 아는 것과, 예측 구조를 직접 돌려 보며 **"AI가 여기는 자신 없어 한다(pLDDT 낮음)"**를 읽어내는 것은 전혀 다른 경험입니다. 학생은 AI가 몇 분 만에 만들어 주는 유용성과, 예측을 그대로 믿어서는 안 되는 한계를 **같은 화면에서 동시에** 배웁니다.

③ 눈속임 없는 실측 — 게임 점수가 아니라 계산 결과

화면의 결합 점수는 원자 사이 거리를 **옹스트롬 단위로 측정**해 접촉과 입체충돌을 센 값이고, 녹는점 Tm은 학생이 플레이하는 동안 기록된 **온도–구조 곡선에서 직접 도출**한 값입니다. 임의로 부여한 점수가 아니라 '내가 만든 데이터'라는 사실이 탐구 동기와 보고서 작성으로 이어집니다.

④ 오답이 가르치는 연구 윤리와 판단력

표적 선택에서 사람의 정상 단백질을 고르면 **"환자 자신을 공격하게 된다 — 자가면역"**이라는 경고와 함께 되돌아옵니다. 거미 독소를 고르면 **"강력하지만 스스로 복제되지 않아 전염되지 않는다"**고 정정됩니다. 정답을 맞히는 것보다 **왜 그것이 답이 될 수 없는지**를 배우도록 설계되어 있습니다.

5. 교과 연계 및 학교 생활기록부 확장 방향

연계 교과	탐구 주제 예시	생기부(세특) 기록 연계 방향
생명과학 Ⅰ·Ⅱ	프리온의 α→β 구조 전환과 단백질 미스폴딩 질환 / 항체가 인식하는 결합 부위(에피토프)의 선정 기준	단백질의 구조–기능 관계를 실제 구조 데이터로 분석하고, 결합 부위 선정 근거를 정량 지표로 논증한 보고서 작성
화학 Ⅰ·Ⅱ	수소결합·소수성 상호작용이 단백질 접힘에 미치는 영향 / 열변성 곡선과 Tm의 열역학적 의미	분자 간 상호작용의 관점에서 단백질 안정성과 변성 온도를 해석한 탐구 활동 수행
정보 / 인공지능 기초	AlphaFold의 예측 원리와 신뢰도 지표(pLDDT) / 몬테카를로 탐색을 이용한 분자 도킹 최적화	AI 예측 결과의 신뢰 구간을 판단하고 물리 기반 계산으로 교차 검증한 사례를 비교 분석
보건 / 생활과 윤리	프리온병의 공중보건 관리 체계 / 백신·항체 의약품의 콜드체인과 의약품 접근성	감염병 대응에서 과학적 근거와 사회적 책임의 균형에 관한 토론 활동 주도

6. 진로 모색 및 세부 직업군 연계

- **구조생물학·계산과학 분야:** 구조기반 신약설계 연구원, 계산단백질 설계 연구원, 분자동역학 시뮬레이션 전문가
- **감염병·바이오의약 분야:** 항체·백신 개발 연구원, 감염병 연구원, 의약품 품질관리(QA/QC)·콜드체인 전문가
- **AI·바이오 융합 분야:** 단백질 구조 예측 AI 엔지니어, 바이오인포매틱스 전문가, 신약 데이터 사이언티스트

7. 체험 산출물 및 사후 활용

- **1인 1매 치료제 규격서(PNG) 자동 발급:** 학생이 직접 만든 데이터가 그대로 문서가 됩니다 — 감염원 단백질(PDB ID 포함), 선택한 차단 지점과 그 노출도·유연성 수치, 결합 적합도 점수, 측정한 녹는점 Tm(K / °C), 재생(재접힘) 여부, 수송 성공률, 개념 문항 정답 수
- **진로 안내 및 출처 표기 동봉:** 규격서 하단에 오늘 체험한 직업의 설명, 관련 고교 과목·학과·진출 분야, 그리고 사용한 구조 데이터의 출처(RCSB PDB / AlphaFold DB)가 함께 인쇄됩니다
- **사후 활용:** 활동지 첨부 자료, 교과 세특 기록의 객관적 근거, 사후 심화 탐구 보고서의 원자료로 그대로 사용 가능
- **재현 가능성:** 학생이 집에서 rcsb.org 와 alphafold.ebi.ac.uk 에 접속해 같은 구조를 직접 열어볼 수 있도록 검색어를 함께 제공합니다