

MIT 화학공학과 4학년 1학기 상세 학습 일정표

4학년 1학기: 전문화 및 종합설계 - 고급 전문분야 및 연구

Fourth Year First Semester (Weeks 121-140)

121주차: 고급 반응공학 및 촉매공학

월요일: 촉매 설계 및 합성

오전 (4시간):

- 촉매 활성점 설계 이론
- 나노 촉매 합성 기법
- 단일 원자 촉매 (Single Atom Catalyst)
- 효소 모방 촉매 설계

오후 (4시간):

- 실험: 촉매 합성 실험
- 졸-겔법을 이용한 촉매 제조
- 함침법 및 침전법
- 촉매 특성 분석 (BET, XRD, TEM)

화요일: 촉매 반응 메커니즘 및 동역학

오전 (4시간):

- 표면 반응 메커니즘
- Langmuir-Hinshelwood-Hougen-Watson 모델
- Mars-van Krevelen 메커니즘
- 반응 속도 결정 단계 분석

오후 (4시간):

- 실험: 촉매 반응속도론 실험
- 온도 프로그래밍 반응 (TPR)
- 온도 프로그래밍 탈착 (TPD)
- 반응 메커니즘 규명

수요일: 촉매 비활성화 및 재생

오전 (4시간):

- 촉매 비활성화 메커니즘
- 코킹, 중독, 소결
- 촉매 수명 예측 모델
- 재생 전략 및 최적화

오후 (4시간):

- 실험: 촉매 비활성화 실험
- 가속 열화 시험
- 재생 실험
- 수명 평가

목요일: 생체 촉매 및 효소 공학

오전 (4시간):

- 효소 구조와 기능
- 효소 고정화 기술
- 효소 개량 및 설계
- 바이오촉매 공정 설계

오후 (4시간):

- 실험: 효소 고정화 실험
- 고정화 효소 활성 측정
- 안정성 평가
- 바이오반응기 응용

금요일: 광촉매 및 전기화학 촉매

오전 (4시간):

- 광촉매 원리 및 응용
- 전기화학 촉매
- 수소 생산 촉매
- CO₂ 환원 촉매

오후 (4시간):

- 실험: 광촉매 실험
- 광분해 실험
- 전기화학 측정
- 121주차 복습 및 122주차 준비

121주차 평가:

- 촉매 합성 및 특성분석 보고서 (20%)
- 반응 메커니즘 분석 과제 (15%)
- 촉매 비활성화 연구 프로젝트 (20%)
- 효소 고정화 실험 보고서 (15%)
- 광촉매/전기화학 촉매 설계 (20%)

참고 자료:

- "촉매공학 원리" (Thomas & Thomas)
 - "불균일 촉매" (Ertl, Knözinger & Weitkamp)
 - "효소공학" (Shuler & Kargi)
 - "광촉매학" (Hoffmann et al.)
 - "전기화학 촉매" (Koper)
-

122주차: 공정합성 및 최적화

월요일: 공정 합성 이론

오전 (4시간):

- 공정 합성의 수학적 기초
- 상위구조 최적화 (Superstructure Optimization)
- 공정 네트워크 합성
- 반응-분리-열통합 네트워크

오후 (4시간):

- 공정 합성 소프트웨어 실습
- GAMS를 이용한 최적화
- 혼합정수 비선형계획법 (MINLP)
- 사례 연구

화요일: 열통합 네트워크 합성

오전 (4시간):

- 핀치 분석 고급 이론
- 열교환기 네트워크 합성
- 유틸리티 시스템 통합
- 다목적 최적화

오후 (4시간):

- 열통합 설계 실습
- 핀치 분석 소프트웨어 활용
- 에너지 절약 프로젝트
- 투자비 회수 분석

수요일: 물 네트워크 및 폐기물 최소화

오전 (4시간):

- 물 네트워크 합성
- 폐수 최소화 전략
- 재사용 및 재활용 네트워크
- 제로 배출 공정 설계

오후 (4시간):

- 물 네트워크 설계 실습
- 폐수 처리 통합 설계
- 경제성 및 환경성 평가
- 사례 연구

목요일: 공급망 최적화

오전 (4시간):

- 공급망 네트워크 설계
- 불확실성을 고려한 최적화
- 다단계 의사결정
- 리스크 관리

오후 (4시간):

- 공급망 최적화 실습
- 시나리오 기반 최적화
- 민감도 분석
- 의사결정 지원 시스템

금요일: 지속가능한 공정 합성

오전 (4시간):

- 지속가능성 지표
- 생명주기 평가 통합
- 순환경제 원리
- 그린 공정 설계

오후 (4시간):

- 지속가능한 공정 설계 프로젝트
- 환경 영향 최소화
- 사회적 영향 평가
- 122주차 복습 및 123주차 준비

122주차 평가:

- 공정 합성 최적화 프로젝트 (25%)
- 열통합 네트워크 설계 (20%)
- 물 네트워크 설계 과제 (15%)
- 공급망 최적화 분석 (15%)
- 지속가능한 공정 설계 (25%)

참고 자료:

- "공정 합성" (Douglas)
 - "최적화 기법" (Biegler, Grossmann & Westerberg)
 - "핀치 분석" (Linnhoff et al.)
 - "공급망 관리" (Chopra & Meindl)
 - "지속가능한 공정 설계" (Allen & Shonnard)
-

123주차: 전문선택과목 II

전문선택과목 옵션 (3과목 선택):

A. 첨단 분리 기술 (Advanced Separation Technologies)

주요 내용:

- 하이브리드 분리 공정
- 막반응기 기술
- 분자 인식 분리
- 초임계 유체 공정
- 이온성 액체 응용

B. 바이오파이너리 공학 (Biorefinery Engineering)

주요 내용:

- 바이오매스 전처리 기술
- 효소 가수분해 및 발효
- 바이오연료 생산 공정
- 바이오화학 플랫폼
- 통합 바이오파이너리 설계

C. 전자재료 공정 (Electronic Materials Processing)

주요 내용:

- 반도체 제조 공정
- 박막 증착 기술
- 나노패터닝 기술
- 디스플레이 소재 공정
- 차세대 메모리 소재

D. 에너지 저장 시스템 (Energy Storage Systems)

주요 내용:

- 이차전지 기술
- 연료전지 시스템
- 슈퍼커패시터
- 수소 저장 기술
- 에너지 변환 시스템

E. 정밀의학 공학 (Precision Medicine Engineering)

주요 내용:

- 개인맞춤형 의약품 제조
- 마이크로플루이딕스
- 드럭 딜리버리 시스템
- 바이오마커 분석
- 진단기기 개발

F. 순환경제 공학 (Circular Economy Engineering)

주요 내용:

- 폐기물 자원화 기술
- 플라스틱 리사이클링
- 탄소 중립 공정
- 산업 생태학
- 지속가능한 소재

123주차: 선택과목 집중 학습 I

월요일-수요일: 선택과목 1 심화 학습

- 최신 연구 동향 (12시간)
- 전문가 특강 및 세미나 (8시간)
- 실습 및 프로젝트 (4시간)

목요일-금요일: 선택과목 2 심화 학습

- 산업체 사례 연구 (8시간)
- 기술 실습 (8시간)

124주차: 선택과목 집중 학습 II

월요일-수요일: 선택과목 3 심화 학습

- 연구 프로젝트 수행 (16시간)
- 논문 분석 및 토론 (8시간)

목요일-금요일: 통합 프로젝트

- 선택과목 지식 융합 (12시간)
- 혁신 솔루션 개발 (4시간)

전문선택과목 II 평가:

- 각 선택과목별 (25% × 3 = 75%)
 - 통합 프로젝트 (25%)
-

125주차-135주차: 캡스톤 설계 프로젝트 III (Graduate-Level Capstone)

125주차: 글로벌 도전과제 선정 및 팀 구성

월요일-금요일:

- UN SDGs 기반 글로벌 도전과제 선정
- 국제 다학제 팀 구성 (6-8명)
- 해외 대학 및 기업과의 협력 체계 구축
- 프로젝트 범위 및 목표 설정
- 기술 로드맵 및 사업화 전략 수립
- 지적재산권 전략 고도화
- 국제 표준 및 규제 분석
- 글로벌 시장 진출 계획

주요 도전과제 예시:

- 탄소 중립 화학공정 개발
- 해양 플라스틱 완전 분해 기술
- 사막화 방지 물 생산 시스템
- 식량 안보를 위한 대체 단백질

- 우주 환경 화학공정 기술

126주차-128주차: 기술 개발 및 혁신

주요 활동:

- 파괴적 혁신 기술 개발
- 국제 공동 연구 수행
- 글로벌 특허 출원
- 국제 표준화 참여
- 해외 파일럿 테스트
- 다국적 기업과의 협력
- 정부 간 협력 프로그램 참여
- 국제 학회 발표

129주차-132주차: 실증 및 검증

주요 활동:

- 다국가 실증 프로젝트
- 국제 인증 획득
- 글로벌 공급망 구축
- 다양한 시장 검증
- 규제 승인 획득
- 지속가능성 검증
- 사회적 영향 평가
- 경제적 파급효과 분석

133주차-134주차: 사업화 및 확산

주요 활동:

- 글로벌 사업화 전략 실행
- 다국적 투자 유치
- 기술 이전 및 라이선싱
- 스핀오프 회사 설립
- 국제 파트너십 구축
- 정책 제언 및 로비
- 사회적 임팩트 창출
- 후속 연구 계획

135주차: 글로벌 발표 및 평가

월요일-목요일:

- 국제 심사위원단 구성
- 글로벌 발표 준비

- 다국어 발표 자료 제작
- 기술 시연 및 데모

금요일:

- 국제 발표회 (각 팀 120분)
- 다국적 투자자 피칭
- 정책 입안자 브리핑
- 미디어 인터뷰
- 글로벌 어워드 시상

캡스톤 설계 프로젝트 III 평가:

- 기술 혁신성 및 파급효과 (30%)
 - 글로벌 시장 잠재력 (25%)
 - 사회적 가치 및 지속가능성 (20%)
 - 국제적 협력 및 리더십 (15%)
 - 최종 발표 및 시연 (10%)
-

136주차-140주차: 연구방법론 및 논문작성

136주차: 고급 연구방법론

월요일: 연구 설계 및 방법론 오전 (4시간):

- 연구 문제 정의 및 가설 설정
- 연구 설계 방법론
- 정량적 vs 정성적 연구
- 혼합 연구 방법론

오후 (4시간):

- 연구 제안서 작성
- 연구 윤리 및 진실성
- IRB (기관생명윤리위원회) 승인
- 연구 계획 발표

화요일: 실험 설계 및 통계 오전 (4시간):

- 고급 실험 설계 기법
- 반응표면법 (Response Surface Methodology)
- 다목적 최적화 실험
- 강건 설계 (Robust Design)

오후 (4시간):

- 통계 분석 소프트웨어 활용
- R, SPSS, SAS 고급 기능
- 머신러닝 기반 데이터 분석
- 베이지안 통계 분석

수요일: 문헌 조사 및 메타분석 오전 (4시간):

- 체계적 문헌 조사
- 메타분석 기법
- 과학계량학 분석
- 연구 동향 분석

오후 (4시간):

- 데이터베이스 활용 (Web of Science, Scopus)
- 인용 분석 및 네트워크 분석
- 문헌 관리 도구 (EndNote, Mendeley)
- 표절 검사 및 윤리

목요일: 국제 학술 발표 오전 (4시간):

- 학술 발표 기법
- 포스터 디자인 및 제작
- 구두 발표 스킬
- 질의응답 대응법

오후 (4시간):

- 모의 학회 발표
- 동료 평가 및 피드백
- 국제 학회 초록 작성
- 발표 영상 제작

금요일: 연구 프로젝트 계획 오전 (4시간):

- 개인 연구 프로젝트 선정
- 지도교수 배정 및 상담
- 연구 일정 수립
- 자원 확보 계획

오후 (4시간):

- 연구 제안서 발표
- 연구계획 심사
- 연구비 신청서 작성

- 136주차 복습 및 137주차 준비

137주차: 고급 논문 작성 기법

월요일: 학술 논문 구조 및 작성법 오전 (4시간):

- IMRaD 구조 및 변형
- 제목 및 초록 작성법
- 서론 작성 전략
- 연구 목적 및 가설 제시

오후 (4시간):

- 방법론 섹션 작성
- 결과 제시 및 해석
- 토론 및 결론 작성
- 참고문헌 관리

화요일: 데이터 시각화 및 표현 오전 (4시간):

- 과학적 그래프 작성법
- 통계 차트 및 플롯
- 3D 시각화 기법
- 인포그래픽 디자인

오후 (4시간):

- Origin, GraphPad 활용
- Python/R 시각화
- 표 작성 및 서식
- 그림 편집 및 최적화

수요일: 영문 논문 작성 오전 (4시간):

- 과학 영어 작문
- 논리적 문단 구성
- 연결어 및 전환어 활용
- 동사 시제 및 태 사용법

오후 (4시간):

- 영문 교정 및 편집
- 원어민 감수 요령
- 번역 도구 활용
- 영문 작성 실습

목요일: 학술지 투고 전략 오전 (4시간):

- 학술지 선택 기준
- Impact Factor 및 지표 해석
- 오픈 액세스 정책
- 투고 시스템 활용

오후 (4시간):

- 커버레터 작성
- 심사자 추천
- 저작권 및 윤리 동의
- 투고 과정 실습

금요일: 논문 심사 및 개정 오전 (4시간):

- 동료 심사 시스템 이해
- 심사 의견 분석 및 대응
- 개정안 작성 전략
- 재투고 과정

오후 (4시간):

- 모의 논문 심사
- 심사 의견서 작성 실습
- 개정 논문 작성
- 137주차 복습 및 138주차 준비

138주차-139주차: 개인 연구 프로젝트 수행

주요 활동:

- 독립 연구 프로젝트 수행
- 실험 설계 및 수행
- 데이터 수집 및 분석
- 중간 결과 발표
- 지도교수 멘토링
- 연구 진행 상황 점검
- 문제 해결 및 방향 수정
- 추가 실험 계획

140주차: 연구 성과 발표 및 평가

월요일-목요일:

- 연구 논문 최종 완성
- 학술 발표 준비
- 포스터 제작
- 발표 연습

금요일:

- 연구 성과 발표회
- 논문 발표 및 질의응답
- 동료 및 교수 평가
- 우수 연구 시상
- 학술지 투고 계획

연구방법론 및 논문작성 평가:

- 연구 제안서 (15%)
 - 문헌 조사 및 분석 (15%)
 - 학술 발표 (20%)
 - 연구 프로젝트 수행 (30%)
 - 최종 논문 (20%)
-

4학년 1학기 최종 성적 구성:

- 전공 심화 과목 (30%): 고급 반응공학, 공정합성
- 전문선택과목 II (25%)
- 캡스톤 설계 프로젝트 III (30%)
- 연구방법론 및 논문작성 (15%)

4학년 1학기 학습 목표 달성 확인:

✓ 고급 반응공학 및 촉매공학 전문 지식 ✓ 공정 합성 및 최적화 고급 기술 ✓ 전문 분야별 심화 역량 ✓ 글로벌 수준의 캡스톤 설계 능력 ✓ 독립적 연구 수행 및 논문 작성 능력 ✓ 국제적 협력 및 리더십 ✓ 혁신적 사고 및 창업 마인드 ✓ 사회적 책임 의식 ✓ 평생 학습 능력 ✓ 글로벌 엔지니어링 리더 역량

다음 학기 연계: 4학년 2학기에는 졸업연구 및 전문성 완성을 통해 캡스톤 설계 프로젝트를 최종 완료하고, 화학공학 세미나, 전문선택과목, 인턴십 또는 산업체 프로젝트를 통해 실무 역량을 완성하며, 진로준비 및 전문성 개발을 통해 사회로 진출할 준비를 완료합니다.