

# 온라인 동영상 수업 사례 : 전문대학 ‘전기자기학’ 교과목을 중심으로

김미라

울산과학기술대학교 전기전자공학부 조교수

## A Case Study of Online Video Lecture : Focusing on ‘Electromagnetism’ Course at Junior College

Kim, Mi-ra

Assistant Professor, School of Electrical and Electronic Engineering, Ulsan College

### ABSTRACT

In this study, we examined the cases of online video classes conducted under the COVID-19 situation for 46 first-year students majoring in electrical engineering at a 3-year college in Gyeongnam. The research was carried out according to the course development process so that classes could be conducted efficiently, focusing on electromagnetism(1) course in the second semester of the first year. The online class consisted of uploading PPT recorded videos and lecture materials to the LMS and giving assignments. The contents of the study were in the scope of examining learners' perceptions through online learning contents, assignment submission, mutual feedback between instructors and learners, university-level lecture evaluation, and free opinions on online video-based electromagnetism(1) classes. As a result of the study, it was confirmed that online lecture review and problem-solving are particularly important for understanding lecture materials, and also given the nature of engineering subjects that require plenty of mathematical expressions, the detailed and immediate feedback provided by instructor enhances learners' class satisfaction and understanding. Based on these, the direction of online classes to be developed after the COVID-19 pandemic and teaching and learning methods suitable for the characteristics of subjects were discussed.

**Keywords:** Online video classes, Electromagnetism, PPT recorded videos, Mutual feedback

## 1. 서 론

2020년 초, 갑작스럽게 닥친 코로나19는 대학 교육을 전면 온라인 수업환경으로 변화시켰다. 기존의 대면 수업을 온라인 수업으로 전환하는 것은 단순히 녹화된 강의나 콘텐츠를 제공하는 것이 아닌 수업의 재설계가 이루어져야한다. 즉, 수업구성, 교수-학습전략, 수업내용, 수업준비, 새로운 도구의 활용, 학습평가 등 다양한 분야의 재설계가 요구된다(도재우, 2020).

온라인 수업에서는 학생들의 학습 상황과 이해 정도의 실시간 파악이 어렵다. 따라서 온라인 수업의 재설계를 통해 학습의 효율과 수업의 만족도를 높일 수 있도록 그들의 인식과 요구를 살피는 것이 중요하다. 온라인 수업의 만족도를 높이기 위해서는 학습 자료의 적합한 선택, 콘텐츠의 질, 수업 피드백,

학생관리, 평가 등 다양한 요소들이 고려되어야 한다(윤지원, 2020).

특히 공학계열은 실험·실습 교과목과 공식의 증명 및 수식사용이 많은 이론중심 교과목들이 다수 포함되어 있다. 따라서 온라인 수업의 설계와 운영은 더 어렵다고 할 수 있다. 공과대학 교과목의 특성에 맞게 온라인 수업을 설계하고 교수자와 학습자간 상호작용을 위한 교수전략 수립이 성공적인 온라인 수업의 토대가 된다(정재원 외, 2020). 온라인 수업에서 학생들이 느끼는 어려움 중의 하나는 집중이 어렵다는 것이다. 따라서 학습자가 실재감을 느낄 수 있도록 하는 교수학습 과정 설계 또한 중요하다(강소연, 2021 ; 한안나 외, 2022).

정도의 차이는 있지만 실험·실습 교과목뿐만 아니라 수식사용이 많고 공식의 이해가 중요한 이론 교과목에서도 온라인 수업 운영의 어려움이 존재한다. 특히, 전기전자공학의 중요한 전공 교과목인 전기자기학(Electromagnetics)은 대표적인 이론 교과목이다. 개념 파악을 위해 많은 노력이 필요하고 수식

Received August 16, 2022; Revised August 29, 2022

Accepted August 30, 2022

† Corresponding Author: mrkim@uc.ac.kr

©2022 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

전개가 많아 학생들이 어렵게 생각하는 교과목중의 하나이다 (Griffiths, 2017). 온라인 환경에서 공과대학의 이론수업과 실습수업의 학업성취도에 영향을 주는 것은 이러닝 시스템과 질의 및 피드백이다. 따라서 온라인 수업 설계 시, 교수자와 학습자간 그리고 학습자와 학습자간 상호작용과 피드백이 중요하게 고려되어야 한다(서혜선, 2020).

이에 본 연구에서는 동영상 탑재 기반 온라인 학습 환경에서 공학계열 이론 교과목 특성에 맞게 교수자와 학생 간 피드백과 상호작용에 초점을 맞추어 전기자기학(1) 수업을 설계하고 운영하였다. 이를 위해 LMS(Learning Management System) X-class를 통해 제출된 과제 및 질문에 대한 교수자와 학습자간 상호 피드백, 대학 차원의 강의평가 결과, 학생들이 어려워하는 수업 내용과 온라인 수업의 장단점에 대한 설문 응답을 살펴보았다. 연구 결과, 동영상에 포함된 복습 강의와 문제 풀이 그리고 자세한 수식 전개와 설명이 학습 내용의 이해에 중요한 역할을 했음을 알 수 있었다. 또한 수식을 많이 사용하는 공학계열 교과목 특성상 교수자의 자세하고 즉각적인 피드백과 강의자료 제공이 학습자들의 수업 만족도를 높일 수 있음을 확인하였다. 본 연구 결과를 바탕으로, 코로나19 팬데믹이 위드 코로나를 거쳐 포스트 코로나로 나아가는 전환기적 시대(김호기, 2022)에 앞으로 전개될 수업의 방향성과 교과목 특성에 적합한 교수학습 방법에 대하여 논의하였다.

## II. 이론적 배경

### 1. 온라인 수업

온라인 수업은 의사소통의 동시성에 따라 실시간 화상수업과 비실시간 동영상 수업 방식으로 구분된다. 동영상을 녹화하여 LMS에 탑재하는 온라인 수업 방식은 비실시간으로 진행되는 콘텐츠 활용 수업에 해당한다(교육부, 2020). 실시간 수업은 교수자와 학습자가 다른 장소에 있더라도 같은 시간에 정보를 공유할 수 있는 수업이다. 실시간 온라인 수업은 쌍방향 중심 수업으로서 실시간 토론 및 소통 등 즉각적인 피드백이 가능하다. ZOOM, Webex와 같은 화상도구에 접속하여 수업에 참여한다.

A대학에서 온라인 수업에 참여한 학생 167명을 대상으로 조사한 결과, 응답자의 93.3%가 실시간 화상강의(47.7%) 또는 녹화 동영상 강의(45.6%)의 형태로 온라인 강의를 수강하였다. 또한 대부분의 학생들(73.1%)은 실시간 화상 수업과 녹화 동영상 강의를 선호하였다(이종문, 2021).

온라인 동영상 수업은 실시간 화상 강의와 비교하여 시간과 공간에 구애 없이 수업을 들을 수 있고 반복학습이 가능하며,

이론 수업에 적합하다. 그러나 교수자와 학습자간 실시간 상호작용의 부재가 단점이다(이채리, 2021). 교수자와 학습자간의 상호작용의 한계를 보완하기 위해 교수자와 학습자의 상호작용을 위한 다양한 활동과 전략이 필요하다(정재원 외, 2020). 각각의 온라인 수업 형태는 모두 장단점을 가지므로, 학교와 학생의 여건, 그리고 교과목 특성에 따라 유연하고 다양한 설계와 운영이 필요하다.

### 2. 전기자기학 교과목의 특성

전문대학 전기전공 학생들은 졸업 후 산업현장에서 전기전자 실무인으로서의 역할을 수행하기 때문에 전기산업기사와 같은 국가기술자격증 취득이 요구된다. 전기자기학은 국가기술자격 시험의 필수과목이며 관련 전공 교과목들의 기본 이론이 포함되어 있어 더욱 중요하다. 또한 전기자기학 교육을 통해 기초적인 수학, 물리 실력과 문제 해결 능력, 그리고 논리적인 사고력을 함양한 학생들은 다른 전공과목들에서도 우수한 학습능력을 발휘한다(박용배 외, 2013). 그러나 전기자기학은 전기와 자기의 물리적인 현상들과 원리를 수식으로 표현하고 해석하기 때문에 학생들이 어렵게 느끼는 교과목이다.

대학생이 느끼는 전기자기학 분야의 학습 필요성에 대한 연구에 의하면, 필요성은 특히 높게 인정하나 이해도는 상대적으로 낮다고 느낀다는 보고가 있었다(김종재 외, 2009). 정전기학 학습 상황에서 대학생들이 겪는 어려움이 무엇인지를 주제별로 조사한 결과, 전기장의 실재성, 정전기 에너지 부호, 도체 표면에서 전기장 등을 학습하는 데 많은 어려움을 겪는 것으로 조사되었다(안정곤 외, 2016). 또한 정전기학에서 등장하는 전위의 다중극 전개에 어려움을 느끼는 경우(김홍빈 외, 2016)도 있었고, 공과대학 1학년생이 그린 전기쌍극자와 자기쌍극자 주변의 장선 모양을 분석하여 자기자기학 교육에 교수법 개발이 필요하다는 연구도 보고되었다(조광희, 2012).

## III. 연구 대상 및 절차

### 1. 연구 대상

전기자기학은 전기자기학(1)과 전기자기학(2)로 구성된다. 수업연한이 짧은 전문대학 학부과정에서는 1학년 2학기에 전공이 결정되기 때문에, 1학년 2학기에 전기자기학(1)을 수강하게 된다. 본 연구는 경남의 3년제 전문대학에서 전기자기학(1)을 2021년 2학기에 비대면 온라인 형태로 수강한 전기전공 1학년 학생 46명을 대상으로 하였다. 참여자들은 45명의 남학생과 1명의 여학생으로 구성되었다.

참여자들은 1학년 1학기에 수학(1)과 물리(1)를 수강한 학생들이다. 물리(1)에서 단위와 역학분야에 대한 전반적인 물리학 관련 내용에 대한 학습이 이루어졌기 때문에 기본적인 물리학적 개념은 이해하고 있는 상태이다. 학습자들은 인문계와 특성화고 졸업자들로 구성되는데, 특성화고와 인문계 문과 계열의 경우는 물리학적 토대나 수학적 기초가 부족하여 과목에 대한 흥미를 잃고 포기하는 경우가 있다. 수업은 주당 3시간의 이론강의로 이루어졌고, 이론과 관련된 실험 실습은 이루어지지 않았다. 연구 대상자의 일반적인 특성을 Table 1에 나타내었다.

**Table 1 General characteristics of research subjects**

General characteristics	Category
Department	School of Electrical and Electronic Engineering (Electrical Engineering Major)
Year/Semester	1st year/2nd semester
Grade	3 <sup>rd</sup>
Lecture type	Theory
Number of students	46
Online-lecture format	PPT recorded video

## 2. 연구 절차

본 연구에서는 46명의 전기전공 학생들이 2021년 2학기에 개설된 전기자기학(1) 수업을 비대면 온라인으로 수강하면서 학습한 내용과 수업에 대한 학습자들의 인식에 대해 알아보았다. 이를 위해 학기말 14주차 대면수업에서 전기자기학(1) 수업에서 어려웠던 부분과 그 이유, 온라인 수업의 장단점, 수업에서 좋았던 점과 힘들었던 점을 자유롭게 설문으로 작성하도록 하였고, 대학 차원의 강의평가, LMS 과제 문제 풀이, 문자와 카카오톡을 통한 질문 피드백과 상호작용에 대해 살펴보았다.

### 가. 수업 목표

전기자기학(권원현, 2021; T. Fawwaz et al., 2013)은 전기, 전자, 통신공학을 전공하는 학생들에게는 가장 기초적인 전공 기초 교과목으로 전공 분야를 공부하기 위해서는 반드시 학습해야 하는 선수과목이다. 또한 전기, 전자, 통신공학의 기초 원리를 배우고, 나아가서는 전자기의 현상을 이해하여 산업 실무적인 사고와 응용 능력을 배양하는데 그 목적이 있다. 전기자기학(1)의 수업목표는 아래와 같다. 첫째, 전기장의 물리적 개념과 원리를 학습하여 전자기 현상과 관련된 문제를 해결한다. 둘째, 벡터, 정전기장, 도체계, 유전체 등에 관한 내용을 이해하고, 관련 법칙과 관련된 문제들을 다룸으로써 전자기현상

을 구체적으로 다룬다. 학습자들은 이 과목의 이수를 통해 다음과 같은 내용을 이해하고 해석할 수 있어야 한다. 첫째, 벡터의 개념 및 연산을 이해하고 해석할 수 있다. 둘째, 진공 중의 정전기장, 전기장의 에너지 및 전위를 이해하고 그와 관련된 문제들을 다룰 수 있다. 셋째, 진공 중의 도체계, 유전체에 관한 내용을 이해하고 그와 관련된 문제들을 다룰 수 있다. 본 연구에서는 전기자기학(심광열 외, 2016)을 교재로 사용하였다. Table 2에 전기자기학(1)의 주차별 학습내용과 온라인 강의 형태를 나타내었다.

**Table 2 Learning contents and online-lecture format**

Week	Topic	Learning contents	Online-lecture format
1	Course Introduction	- Understanding the subject's learning objectives - Understanding the evaluation system	PPT recorded video
2	Vector analysis	- Vector Definition and Operations	PPT recorded video
3	Vector analysis	- Vector differentiation - Coordinate systems	PPT recorded video (assignment)
4	Electrostatic field in vacuum	- Coulomb's law - Electrostatic field - Gauss's law	PPT recorded video (assignment)
5	Electrostatic field in vacuum	- Divergence of electric field lines - Equation of electric field lines	PPT recorded video (assignment)
6	Electrostatic potential	- Potential gradient - Potential calculations	PPT recorded video
7	Electrostatic potential	- Poisson/Laplace equation	PPT recorded video
8	Midterm exam		
9	Conductor system in vacuum	- Conductor properties - Capacitors and capacitance	PPT recorded video
10	Conductor system in vacuum	- Capacitance calculations	PPT recorded video (assignment)
11	Conductor system in vacuum	- Capacitance calculations - Energy in the conductor system	PPT recorded video
12	Dielectric	- Dielectric - Boundary conditions - Capacitance in dielectrics	PPT recorded video (assignment)
13	Dielectric	- Force on Dielectric - Method of images	PPT recorded video (assignment)
14	Dielectric	- Method of images : Examples - Lecture summary	Combine online and offline classes
15	Final exam		

나. 수업 운영

수업은 총 15주로 구성되었다. 온라인 수업은 교수자가 PPT 녹화한 동영상을 LMS에 탑재하고 과제를 부과하는 형식으로 진행하였다. 학습자들은 LMS를 통해 강좌 수강 및 과제 제출 등의 학습관리를 진행하였다. 동영상 녹화는 대학에서 제공하는 콘텐츠 제작 도구인 에버렉(EverLec)을 기반으로 하였다.

원격수업 강의콘텐츠 구성 시, 동영상은 1학점 당 25분을 원칙으로 한다. 전기자기학(1)은 3시간 이론 수업으로서, 기본적으로 1주차에 동영상 3개를 탑재하였다. 새로운 개념이 도입되거나 수식 전개가 많은 주는 5개의 동영상이 탑재되기도 하였다. 또한 동영상 하나의 길이가 35분 이상인 경우도 있었다. 탑재 동영상과 수업시간 초과에 대한 학습자들의 불만은 14주차에 시행된 설문 응답을 통해 알 수 있었다. 학습자들은 탑재된 동영상으로 자기 주도적인 학습을 진행하고, 필요한 질문과 상호작용은 LMS, SNS 채널, 이메일 등을 통해 진행하였다. 각 주차 별로 탑재된 동영상은 다음 주차 시작 전까지 시청하였을 때 출석에 반영하였다. 동영상은 주요 개념 및 이론과 문제풀이에 대한 강의로 구성되었고, 동영상과 함께 동영상에 사용된 PPT자료를 PDF 형태로 제공하였다.

14주차는 대면수업과 온라인 수업을 병행하였다. 수업 내용은 LMS에 동영상으로 탑재하고, 기말고사 범위 내용 요약과 함께 많은 학습자들이 오류에 빠졌던 문제 풀이는 대면으로 진행하였다. 대면 수업 안내와 같은 학습자 전체에게 전달하는 공지는 학습자들의 혼란을 최소화하기 위해 LMS X-class만 사용하였다. Fig. 1에 X-class 공지를 통한 전체 상호작용 예를 나타내었다. 14주차 수업 종료 후, 수업 내용 중 어려운 부분과 어려운 이유, 온라인 수업의 장단점, 수업 진행에서 좋았던 점과 힘들었던 점을 자유 형식으로 기술하도록 인쇄물을 배포하고 설문을 시행하였다.

강의계획서	[긴급] 12/3(금) 대면수업 분반(C반) 공지
공지	
강의자료실	12/3(금) 대면수업(C반)을 보다 안전하게 진행하고자
열린게시판	밀집도와 시간을 아래와 같이 배분하였습니다.
문의게시판	1. 10:00-11:20분
과제 및 평가	2. 11:30-12:50분
시험 및 설문	명단 확인 바랍니다.

Fig. 1 Interaction through the X-class notification

전체 3개의 동영상을 기준으로 약 90 여분 동안 진행된 동영상 수업의 구성과 순서를 Fig. 2에 나타내었다. 수업 시작은 1차시의 첫 번째 동영상을 기준으로 하였다. 인사와 함께 먼저 수업목표를 소개하고 20분 정도 전주 내용 복습 및 문제 풀이

를 진행하였다. 70분 정도는 내용 설명, 예제문제 풀이, 교재 내 전기산업기사 과년도 기출문제를 풀었다. 수업 요약 및 마무리 후 과제를 부과하였다. 과제 제출은 2주간의 시간을 주었고 반드시 LMS 내 온라인 제출한 과제로 평가하였다. 학습자들의 수업 이해도 및 성취 수준을 알아보기 위해 3-7개 문제로 구성된 과제를 6회 부과하였다. 각 주차의 강의가 끝나면 그 내용과 관련문제 풀이에 대한 질문과 피드백이 순환 형태로 이루어졌다.

평가는 100점 만점에 출석 20점, 과제 10점, 중간고사와 기말고사는 각각 35점으로 부여하였다. 중간고사와 기말고사 모두 대면으로 진행하였고, 지필형으로 8주차와 15주차에 각각 실시하였다. 평가 방식은 기존의 대면 수업의 경우 상대평가를 실시하였으나, 코로나19 사태 이후 절대평가로 전환되어 실시되었다. 절대평가 A학점 비율은 50% 이하로 유지하였다.

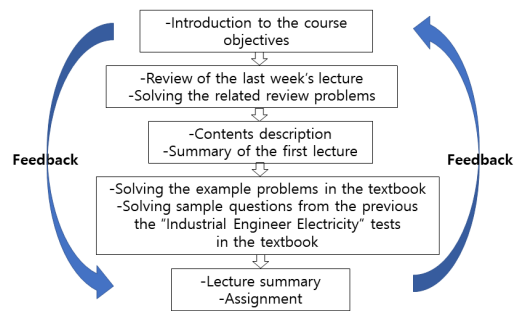


Fig. 2 Structure and sequence of video lecture

다. 질문 피드백과 개별 상호작용

온라인 수업에서 가장 어려운 부분은 소통의 문제이다(교육부, 2022). 본 연구에서는 이 문제를 보완하기 위해 LMS 게시판, LMS 과제 제출 대화창, 문자, 카카오톡, 이메일, 전화, 방문 등 다양한 방법으로 상호작용을 진행하였다.

문제 질문에 대한 교수자와 학습자간 상호 피드백은 문제해결 실행단계에서 가장 효과적인 형태인 단서제공형 스캐폴딩(Scaffolding)(장선영, 2014)을 활용하였다. 학습자가 자신의 힘으로 문제를 해결할 때까지 적절한 스캐폴딩을 제공하였다.

먼저 학습자들이 의문 나는 문제를 본인이 풀 수 있는 곳까지 시도하고, “어느 부분에서 막히는지?” “이해가 안 되는 부분이 어디인지?”를 각자 편한 상호작용 채널을 통해 교수자에게 질문한다. 교수는 바로 답을 제시하지 않고 해결할 수 있는 단서만 제공한다. 학습자는 교수의 해결책을 바탕으로 문제를 풀고, 정답을 얻을 때까지 교수자와 함께 해결책을 수정해나간다. 이 과정을 거친 후 학습자들은 유사한 응용문제를 풀 수 있는 문제해결 능력이 생긴다. 교수자 입장에서는, 학습

자들이 어려워하는 부분, 수업 내용의 이해 정도, 문제풀이 형태 등을 파악할 수 있다. 전위(Electrostatic potential)와 전기장 벡터(Electrostatic field vector)문제 질문에 대해 문자와 카카오톡으로 제공한 피드백을 Fig. 3과 Fig. 4에 각각 나타내었다. 교수자는 질문자가 어느 부분을 복습해야 하는지, 문제풀이 접근을 어떤 방식으로 해야 하는지에 대해 언급하였다. Fig. 4에 주어진 문제는 전기장 벡터의 중첩원리 이해에 매우 중요하며, 많은 학습자들이 오류에 빠지는 문제이다. 이와 같은 문제는 모든 학습자들이 이해할 수 있도록 녹화 동영상에 풀이를 탑재하고 설명을 추가하였다.

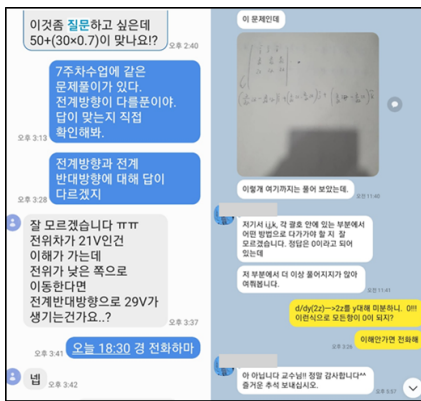


Fig. 3 Questions and feedback on electrostatic potential problems using text messages and KakaoTalk

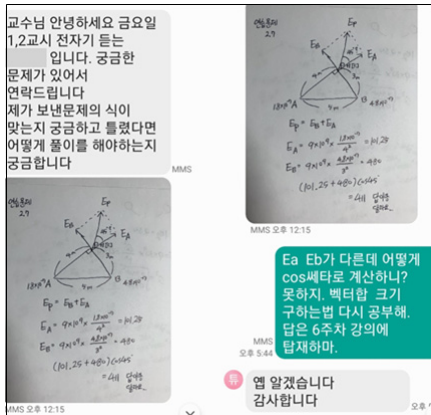


Fig. 4 Questions and feedback on electrostatic field vector problems using text messages

Fig. 5와 Fig. 6은 자기 주도적 학습이 가능하도록 과제로 부과한 문제들이다. 문제는 3개이며, 1번과 2번은 교수자 출제 문제이고 3번은 교재 내 “예제문제 1.8”로 주어지는 문제이다. 첫 번째 과제는 3주차에 부과되었다. 3주차 과제가 중요한 이유는 전자기학 교과 내용 중 가장 기본이 되는 벡터 해석에 대한 내용이고,

학습자들이 수학에 대한 두려움을 없앨 수 있는 첫 번째 챕터(Chapter)이기 때문이다. 개인에 따라 차이가 있지만, 전문대학에서는 이 챕터를 어렵게 생각하는 학습자들이 의외로 많다. 학생들이 벡터 미분에 대한 두려움으로 처음부터 포기하는 분야 중 하나이다. 특히 다이버전스(Divergence)와 컬(Curl)의 물리적 개념과 맞물려 수학적 풀이를 확실히 이해하고 넘어가는 것이 중요하다.

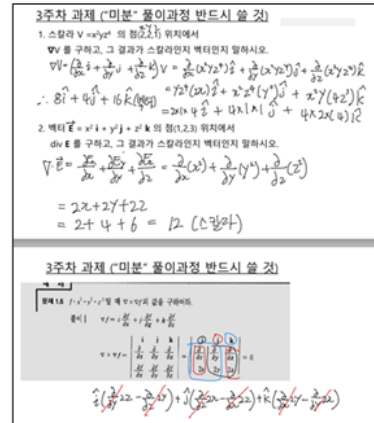


Fig. 5 Week 3 assignment submission : Example of correct answers

LMS를 통해 온라인 제출된 3주차 과제 답안 샘플 2개 중 하나는 1,2,3번 모두 정답이고(Fig. 5) 다른 하나는 1,2번은 정답이지만 3번은 풀지 못했다(Fig. 6). Fig. 6의 학습자 경우, 3번 문제인 “예제 1.8 문제”는 전혀 풀이 시도를 하지 않고 “모름”이라고 적었다. 그에 대한 교수자의 과제 코멘트를 아래에 나타내었다. 이 경우는 문제에 대한 접근 실마리조차 얻지 못한 상황이므로 전화 또는 방문을 통한 면대면 설명이 필요하다 이를 통해 학생들이 어려워하는 내용이 무엇인지 자세한 모니터링이 가능하다.

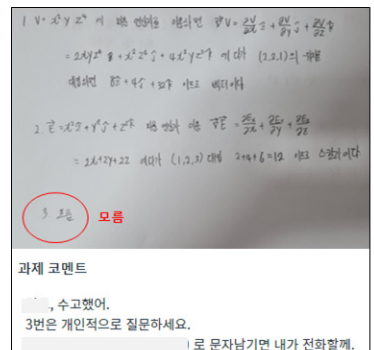


Fig. 6 Week 3 assignment submission (no solution and no answer to question 3) and feedback from the instructor

## IV. 결과 및 논의

### 1. 대학차원의 강의평가

대학 차원에서 학기말에 시행한 강의평가 결과를 Table 3에 나타내었다. 전자기학(1)의 수강인원 46명중 42명이 응답하여 91.3%의 응답율을 보였다.

Table 3 Student course evaluation of electromagnetics(1)

Item	Question	Strongly agree (%)	Agree (%)	Neutral (%)	Dis-agree (%)	Strongly disagree (%)
1	I participated actively in the course.	71.43 (30명)	19.05 (8명)	7.14 (3명)	2.38 (1명)	
2	I have made progress in this course.	69.05 (29명)	21.43 (9명)	9.52 (4명)		
3	I would highly recommend this course to my juniors.	73.81 (31명)	19.05 (8명)	7.14 (3명)		
4	Course objectives were clear.	71.43 (30명)	21.43 (9명)	7.14 (3명)		
5	The course content and progress went well according to the syllabus.	73.81 (31명)	19.05 (8명)	7.14 (3명)		
6	Lecture times were well maintained and supplementary lecture was made properly.	71.43 (30명)	21.43 (9명)	7.14 (3명)		
7	The instructor explained the contents of the class in a coherent and easy to understand manner.	73.81 (31명)	19.05 (8명)	7.14 (3명)		
8	Learning materials were relevant and useful.	73.81 (31명)	19.05 (8명)	7.14 (3명)		
9	The exam questions properly reflected the lecture content and the method of grade evaluation was presented fairly.	73.81 (31명)	19.05 (8명)	7.14 (3명)		

강의평가 결과는 학생들의 강의 만족도를 나타내는 지표로서 중간평가와 기말평가 2회를 시행하였다. 응답수가 많지 않은 중간 강의평가 결과는 강의 개선을 위한 참고자료로 활용하였다. 즉, 전자기학(1) 교과목에 대한 학생들의 전체적인 느낌과 경향을 파악할 수 있었고 이를 수업 운영에 참고하였다. Table 3의 기말 강의평가에서 학습자 자기평가의 경우, “이

과목을 사전에 준비하고 성실히 수강하였다”와 “이 과목을 통해 유익한 지식을 얻었다”에서 그렇다와 매우 그렇다를 합한 비율이 90.5% 였다. 강의 이해 부분에서는, “수업 내용을 이해하기 쉬웠다” 가 92.9%로서 90% 이상의 학생들이 수업 내용을 충분히 이해한 것으로 나타났다. 강의평가와 관련된 주요 건의사항은 Table 4에 나타내었다. 요약하면, 먼저, 설명이 쉬웠고, 다른 도움 없이 본 온라인 강의와 교재만으로 수업의 이해에 문제가 없었고, 매주 진행된 복습이 도움이 되었으며, 자격증 준비에도 도움이 되었다는 긍정적인 평가가 있었다.

Table 4 Major suggestions and comments for student course evaluation

Student's statements
- The professor helped all the students do well by focusing on the important things.
- It's a difficult subject, but thanks to the professor's explanation, I think it was easy to understand and study.
- I learned a lot from the professor, and I sincerely thank the professor. Although it was an online lecture, it was never lacking at all, and I was able to absorb 100% of the theory of electromagnetism in the book thanks to the professor teaching me to the best of my ability. If there was anything lacking, it would have been my shortcomings. thank you
- Thank you so much for teaching me, I think I did well in my studies with only school textbooks!
- It was really easy to understand because the professor always reviewed the next lecture. thank you
- In fact, it seems that this course was the most ardent lecture and the one I listened to the most. I learned a lot and it seems to have helped me a lot to prepare for the certification.

### 2. 교수자 설문

설문을 통해 전자기학(1)을 수강하는 학습자의 온라인 수업에 대한 인식과 수업내용의 어려운 부분과 그 이유를 알아보았다. 설문은 14주차 대면 수업에 출석한 수강자들을 대상으로 조사하였다. 당시 출석은 자율 출석으로 진행하였고, 출석 학생수는 33명이었다. 전체 수강생 46명의 71.7%에 해당한다. 설문 내용은 Table 5에 나타내었다.

첫째, 온라인 수업의 장단점에 대한 설문은 윤지원(2020)이 BRIC(2020) “대학/대학원 온라인 강의에 대한 의견수렴조사-국내 이공계 대학생 및 대학원생-”에서 활용한 “온라인 수업 운영에 대한 인식”의 7개 문항중 하나인 ‘온라인 수업의 장점’ 문항을 활용하였다. 이 설문 결과는 향후 대면 수업의 보완에 유용하게 활용될 것으로 판단된다. 둘째, 수업진행에서 좋았던 점과 힘들었던 점에 대한 것은, 본교 교수학습지원센터에서

2018년 1학기 열역학 과목에 대해 진행한 플립러닝 교수법 연구의 수업만족도 조사를 위해 개발한 문항이다. 셋째, 수업 내용 중 어려웠던 부분과 어려운 이유에 대한 문항은 정전기학 영역을 중심으로 학부생들의 전자기학 학습의 어려움을 주제 별로 조사하고 모델기반 관점으로 분석한 연구(안정곤 외, 2016)를 바탕으로 하였다. 마지막에 건의사항을 추가하여 자의의견을 받았다.

**Table 5 Survey contents**

- Advantages and disadvantages of online-lectures
- The atmosphere and difficulties in the course of class
- Difficult topics in the course contents and the reasons for the difficulties
- Suggestions and comments

전기자기학(1) 수업 내용 중 어려웠던 부분과 그 이유에 대한 서술형 응답을 Table 6에 나타내었다. 학습자들이 수업내용 중 어렵다고 응답한 부분은 벡터부터 전기영상법까지 모든 주제에 대한 것이었다. 그러나 어려움을 겪은 이유는 많은 공식, 복잡한 수식, 문제의 대입 및 풀이 등으로 주로 수학적인 부분으로 확인

**Table 6 Difficult topics in the course contents and the reasons for the difficulties**

Student's statements	
Topic of difficulties	Why it was difficult (Redundant answers included)
Vector	- I'm weak at math.
Electrostatic field, electrostatic potential, and capacitance	- It was difficult to understand because the formula solution was long and similar. - There were so many formulas that it was difficult to memorize them. - It seems that I did not understand the previous contents well. I didn't study. - After returning to school, it was difficult because I couldn't remember the maths I learned in high school.
Dielectric	- The formulas are similar and too many. - The professor explained it well, but I just didn't understand it. - I don't quite understand the part of the proof. - More complex than the previous ones.
Method of images	- There are many new terms and similar formulas.
The mathematical part	- With a mixture of derivative and integral, it seems that I had no choice but to think that it was difficult. - I've never seen them before and they are so unfamiliar. The definitions of the formulas were easy to understand, but mathematical derivations and assignments solving of the problems were difficult.

되었다. 특이할만한 것은 “설명은 잘 해주시는데 그냥 이해가 안 갔습니다.”이다. 이 내용은 수업의 어렵고 쉬운 정도의 유무를 떠나 온라인 수업의 집중도 하락과 무기력함이 그 원인이라고 해석할 수 있다. 또한 “증명하는 부분에서 이해가 잘 안됩니다.”라는 부분에서는, 동영상 기반 온라인 수업의 단점인 실시간 상호작용의 부재가 드러난 답변으로 해석할 수 있다. 이와같은 경우는 칠판을 사용한 강의실 대면 강의가 필요하다.

온라인 수업의 장단점에 대한 응답 내용은 Table 7에 나타내었다. 온라인 수업의 장점으로는 “반복이 가능하다. 복습이 편하다. 코로나19로부터 안전하다. 통학을 안 해서 편하다. 시간 활용이 자유롭다.”라는 의견이 있었다. 단점으로는 “집중이 안 된다. 실시간 피드백과 상호작용이 어렵다. 나타해지고 자기관리가 안 된다.”등의 의견이 있었다.

**Table 7 Advantages and disadvantages of online lecture**

Advantages of online lecture (Redundant answers included)	
Category	Students' statements
Repetition learning	- Lectures are repeatable, so you can watch and understand them over and over again. - It is possible to re-learn the video lecture. Good to follow the progress. - I can speed through repetitions by adjusting the speed.
Easy to review	- It is convenient and easy to repeat. - After I understand it fully, I can follow alone.
Safe from COVID-19	- Safe from COVID-19.
Commuting problem	- I don't have to go to school, so I feel comfortable and save time and bus fare.
Use of time	- I can study using video lecture whenever I want.
Disadvantages of online lecture (Redundant answers included)	
Category	Students' statements
Concentration	- I can't concentrate.
Feedback and interaction	- I have difficulty asking questions.
Self-Management	- Difficulty in self-management and laziness. - Even if I don't understand, I just skip it. - I don't study. - If I procrastinate and study at once, my study efficiency will decrease.

온라인 수업의 장단점과 수업에서 좋았던 점과 힘들었던 점에 대해 많은 내용을 서술한 대표 의견들은 아래에 정리하였다. 가장 많은 의견은 “신속한 피드백과 교수자의 동영상 내 복습”과 “강의자료 탑재”에 대한 내용이었다. 소수지만 추후

수업 설계에서 중요하게 고려되어야 할 내용은 다음과 같다. 첫째, 수업 교재의 오타 수정에 대한 것이다. 둘째, 25분을 훌쩍 넘기는 긴 동영상은 수업의 집중에 방해가 된다. 셋째, 최근에 출제된 전기산업기사 문제를 풀어주면 좋겠다. 넷째, 학생간의 소통이 가능한 조별과제와 협업 활동이 진행되면 좋겠다.

(1) 강의자료 제공이 도움이 되었다는 내용이다. 가장 많은 학습자들이 서술한 내용이다.

“강의 자료와 더불어 설명이 꼼꼼하셔서 전자기학이 어려웠던 학생들의 입장에서 큰 도움을 얻을 수 있었고, 단순 공식 암기가 아니라 어떻게 이런 공식이 유도되는지에 대한 설명이 같이 있어서 이해가 쉬웠습니다. 반복적으로 들을 수 있기에 이해하기 좀 더 쉬웠습니다.”

(2) 신속한 피드백과 교수자의 동영상 내 복습이 좋았다는 의견이다. 많은 학습자들이 서술한 내용이다.

“처음 접하는 낯선 전공 수업을 비대면으로 들으면서 걱정이 많았지만 모르는 부분에 대한 응답을 빠르게 해결해주시고 매 수업 시 복습을 항상 같이 해주셔서 수업내용을 이해하는데 많은 도움이 되었습니다. 교수님께서 빠르게 피드백해주신 덕분에 전자기학 수업을 들으면서 비대면 강의의 한계 보단 장점을 더 느낄 수 있었던 것 같습니다.”

(3) 수업 교재의 오타가 많아 힘이 들었다는 내용이다. 오타 수정과 함께 학습자들의 학습효과도 높일 수 있는 아이디어를 제시하였다(2명).

“교재에 간단한 오타에서부터 예제와 산업기사 기출문제의 답을 구하는 풀이 과정이 의도에 맞지 않은 공식을 대입하는 풀이가 있어 문제를 풀면서 헷갈리는 경우가 많았습니다. 연습문제는 답이 이상해서 교수님에게 질문을 해야 되는 경우도 있었습니다. 수업에 지장이 없도록 오타가 수정되면 좋겠습니다.”

(4) 동영상 내 복습이 유용하지만 동영상의 길이가 길어져 수업이 지루하게 느껴진다는 내용이다. 복습부분을 따로 분리하여 출석에 포함시키지 않는 아이디어를 제시하였다(1명).

“복습이 내용 정리에 도움이 됩니다. 그러나 동영상의 길이가 길어 시간이 가지 않는다는 느낌이 듭니다. 동영상 하나를 5번 이상 듣고 있는데 진도가 안 나가는 기본입니다. 복습부분은 따로 분리해서 출석에 포함되지 않도록 추가해 주셨으면 좋겠습니다.”

(5) 단원이 끝날 때마다 최근에 출제된 전기산업기사 문제 풀이의 진행을 제안하였다(1명).

“복학생입니다. 비대면 강의라 조금 걱정했는데, 교수님 동영상 강의의 질이 다른 과목의 동영상에 비해 확연하게 좋아 중간고사를 대비하면서, 그런 걱정이 사라졌습니다. 부족한 부분을 반복해서 듣다 보니 공부하는데도 도움이 많이 되었습니다. 기말고사 대비 때, 전주 강의내용을 반복 강의하신 부분이 개념을 확립하는데 많은 도움이 되었습니다. 건의사항으로는 한 단원이 끝날 때마다 최근 산업기사 문제를 몇 문제정도 풀어주신다면, 전자기학이 이런 유형으로 출제되는 것에 대해서 학생들이 알 수 있을 것 같습니다. 덕분에 산업기사 대비하는데 많은 도움이 될 것 같습니다. PDF 파일도 있으니 신세계 그 자체였습니다. 어려울 거 같다 싶은 것들도 저희 눈높이(?)에서 알려주시니 두려움 없이 들을 수 있었던 것 같습니다.”

(6) 학생과 학생간의 소통을 할 수 있는 조별과제와 협업 활동을 제안하였다(1명).

“동영상 강의가 수업의 내용 중 이해가 가지 않는 부분에 대해서 여러번 반복해서 이해될 때까지 볼 수 있는 것이 장점 중에서 가장 큰 비중을 차지하는 것 같습니다. 등하교 시간이 줄어들어 그 시간만큼 공부할 수 있는 것이 장점이지만 그만큼 나태해지기도 한 것 같습니다. 비대면으로 수업을 하다 보니 학생들과 소통을 할 수 있는 조별과제 등과 같은 학우들과의 협업이 있으면 좋을 것 같습니다.”

## V. 결 론

본 연구에서는 PPT 녹화 동영상 탑재 기반 온라인 학습 환경에서 교수자와 학습자간 피드백과 상호작용에 초점을 맞추어 공학계열 이론 교과목인 전자기학(1) 수업을 설계, 운영하였다. 효과적인 상호작용을 위하여, 학습자 질문에 대해 교수자가 먼저 피드백을 주고 질문을 유도하면서 학습자에게 적절한 도움을 제공하였다. 연구결과, 동영상에 포함된 복습 강의와 문제 풀이 그리고 자세한 수식 전개와 설명이 학습 내용의 이해에 중요한 역할을 했음을 알 수 있었다. 또한 수식을 많이 사용하는 공학계열 교과목 특성상 교수자의 자세하고 즉각적인 피드백과 강의자료 제공이 학습자들의 수업 만족도를 높일 수 있음을 확인하였다.

수학적 기초가 필요한 전자기학(1)의 어려움을 최소화하고 깊이 있는 이해를 위해서는, 학생 스스로가 직접 문제를 풀어보는 것이 중요하다. 따라서 전자기학 이론을 깊이 이해하고



다양한 응용문제를 해결할 수 있도록 학생들의 과제 피드백에 중점을 두었으며, 어려워하는 부분과 그 이유를 확인하여 추후 수업의 질 제고를 위해 이를 활용하고자 한다. 그 연구내용과 결과들을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 전기자기학(1) 수업에 적합한 비대면 강의 방식으로 PPT 녹화 후 동영상에 탑재하는 방식을 사용하였다. 이 방법은 실시간 질의응답에 한계가 있고 교수자와 학습자 간 상호작용이 어렵다는 단점이 있지만, 학습의 양과 학생 수가 많은 경우는 단점을 잘 보완하고 장점을 살려 좋은 학습 효과를 얻을 수 있다(이채리, 2021). 본 연구에서는 이를 극복하기 위해 다양한 채널을 활용하여 질문 피드백과 상호작용을 진행하였다. 전기자기학(1) 강좌의 경우, 한 학기 동안 진행할 학습 내용과 문제풀이가 많고 수강생수도 46명으로 적지 않아, ZOOM을 활용한 실시간 화상수업을 진행할 시, 수강생 관리와 진도관리에 어려운 점이 있었다. 이런 이유로, 전기자기학(1)과 같은 이론 교과목은 동영상 탑재 기반 온라인 강의가 더 적합하다고 판단하였다. 학습자들 또한 컴퓨터와 카메라 등 주변 장치의 준비 부족으로 수업 참여가 어렵다는 의견들이 있었다. 즉, 수업 분량이 많고 학습자수가 많은 관계로 교수자 입장에서도 동영상 탑재가 실시간 강의보다 더 편리하였다. 그럼에도 불구하고 비대면 강의 운영에서는, 동영상 탑재와 실시간 화상 강의의 병행이 시도되어야 한다고 판단된다. 녹화된 동영상 탑재는 모든 학생들과의 소통이 어렵고 학습 이해도 파악이 제대로 이루어지지 않은 채 진도만 나가는 경우가 발생할 수 있다.

둘째, 온라인 학습에 대한 학습자들의 인식을 살펴보면, “통학 거리가 길어서 시간을 절약하고 힘들지 않다. 시간과 공간의 제약이 없고 자유로운 시간 활용이 가능해서 좋았다. 반복 학습이 가능하고, 이해가 안 된 부분을 집중해서 다시 볼 수 있다”라는 응답이 있었다. 이 결과로 부터, 온라인 환경과 대면 환경의 장점과 단점을 파악하고 이를 적절히 혼합하여 수업을 설계한다면, 코로나19 이전의 대면 수업 또는 2020년 1학기에 시작된 전면 비대면 수업과 비교할 때 좀 더 나은 교육 효과를 얻을 수 있으리라고 판단된다. 즉, 플립러닝이나 하이브리드 수업과 같이 온라인과 오프라인의 특성을 모두 고려한 수업 운영이 필요하다고 볼 수 있다. 공과대학에 플립러닝 적용사례와 효과(최정빈 외, 2015)를 보면, 수업 운영을 통해 학생들의 수업에 대한 흥미를 향상시키고 대학의 수업혁신을 위한 재학생의 자기주도적 학습 태도 함양을 기대할 수 있다.

공학하람원이 공과대 교수와 대학생 대상으로 실시한 설문에 의하면(김지영, 2021), 코로나 이후 온라인 수업 지속을 원하

는 학생도 많지만 대면 수업에 대한 요구도 상승하고 있다. 이미 교수자와 학생들 모두 온라인 수업의 장단점을 잘 알고 있기 때문에 위드 코로나 시대에 효과적인 수업 형태는 결국 대면, 비대면 하이브리드 또는 병행 수업이 많이 이루어질 것으로 전망된다.

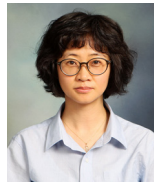
학생들과의 상호작용, 즉 실시간 소통의 기회가 적고 수업 집중도가 떨어지는 동영상 탑재의 단점을 극복하는 방법은 실시간 피드백이 가능한 쌍방향 화상수업 방식을 고려하고, 교수자와 학생 간 상호 피드백을 활발하게 진행하는 것이다. 또한 온라인 수업에 대한 장단점을 확인한 결과, 온라인 수업에서는 상호작용에 어려움을 겪고 있으므로 대면 수업의 확대가 필요할 것으로 보인다. 그러나 이 시점에서 교수자와 학습자 모두 온라인 수업의 장점 또한 잘 알고 있으므로, 대면과 비대면 수업을 병행한 학습자 중심의 교수학습 전략이 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서는 동영상 탑재 기반 온라인 학습 환경에서 수식을 많이 사용하는 공학계열 이론 교과목 특성에 맞게 교수자와 학생 간 피드백과 상호작용에 초점을 맞추어 수업을 설계 운영하였고, 공학계열 학습자들의 요구를 확인할 수 있었다. 이를 바탕으로 앞으로의 학습자중심 수업 설계의 토대를 마련했는데 본 연구의 의의가 있다. 본 연구의 온라인 수업에서 피드백과 상호작용을 활발하게 진행하고자 했던 목표가 학습자들의 의견에서 구체적으로 나타났다. 이를 통해 수업 전개와 운영 단계에서 그 목표가 의미 있게 구현된 것으로 평가된다. 또한 전기자기학(1) 수업에서 학습자들의 어려워했던 부분과 그 이유를 살펴봄으로써, 막연하게 알고 있던 학생들이 힘들어하는 부분을 좀 더 구체적으로 파악하게 되었고, 이 결과들은 앞으로의 교수법 개발과 수업도구 개발에 기여할 것으로 판단된다. 다만 본 연구는 소규모의 인원을 연구 대상으로 했고 학습자들의 수업에 대한 인식을 정성적인 측면에서만 다루었다. 이에 대한 보완연구가 필요할 것으로 보인다. 후속 연구에서는 플립러닝과 같은 학습자 주도형 교수학습방법을 전기자기학(1), (2) 교과목에 도입하여 그 효과를 살펴보고자 한다.

## 참고문헌

1. 강소연(2021). 2020년 1학기 공과대학 교수와 학생의 온라인 수업에 관한 인식 연구. *공학교육연구*, 24(2), 20-28.
2. 교육부(2020). 원격수업에 대해 알려 드립니다!. 대한민국 정책브리핑([www.korea.kr](http://www.korea.kr)).
3. 교육부(2022). 오미크론 대응 2022학년도 1학기 대학 방역 및 학사운영 방안 (21학년도 학사운영형형). 교육부.

4. 권원현(2021). *전자기학*. 생능출판.
5. 김지영(2021.10.19.). 코로나이후 '온라인 수업지속' 원하는 학생 얼마나 될까?. *헬로디디*.
6. 김종재 외(2009). 공과대학생들이 인식하는 공학기초 물리학의 필요성과 이해도에 관한 설문조사 연구. *Sae Mulli*, 58(2), 179-185.
7. 김호기(2022). 포스트 코로나로 가는 사회. *나라경제* 6월호, 2-44.
8. 김홍빈·이경호(2016). 대학생들의 다중극 전개에 대한 이해의 어려움과 이에 대한 해소 방안 : 1차원 전하 분포를 중심으로. *Sae Mulli*, 66(7), 834-844.
9. 도재우(2020). 면대면수업의 온라인 수업 전환과정에서 발생하는 설계 장애물에 대한 탐색. *교육문화연구*, 26(2), 153-173.
10. 박용배·정경영(2013). 전자기학 교육의 중요성. *The Proceedings of the Korea Electromagnetic Engineering Society*, 24(6), 63-66.
11. 서혜선(2020). 비대면수업에서 학습성취도에 미치는 요인에 대한 구조방정식 모형 연구. *문화기술의 융합*, 6(4), 157-164.
12. 심광열 외(2016). *전기자기학*. 북스힐.
13. 안정근·이경호(2016). 모델기반 관점을 통해 살펴본 학부생들의 전자기학 학습의 어려움 분석 : 정전기학 영역을 중심으로. *Sae Mulli*, 66(5), 590-599.
14. 윤지원(2020). 온라인 수업에 대한 C대학교 교수자 인식 연구. *인문사회* 21, 11(5), 2413-2426.
15. 이종문(2021). 대학생 대상 비대면 온라인 수업에서의 강의 콘텐츠 운영 실태 연구. *한국비블리아학회지*, 32(4), 5-24.
16. 이채리(2021). 공학·인문 융합 교과의 온라인수업 사례. *공학교육연구*, 24(6), 50-59.
17. 장선영(2014). 온라인 학습 환경에서 문제해결 단계별 스캐폴딩 유형의 효과 분석. *공학교육연구*, 30(2), 193-220.
18. 정재원·허정은·박효원(2020). 코로나19로 인한 공과대학 교수의 온라인 수업 경험 탐색. *공학교육연구*, 23(6), 60-67.
19. 조광희(2012). 일반물리학을 수강하는 공대생이 그린 전기쌍극자와 자기쌍극자의 장선 모양. *Sae Mulli*, 62(8), 840-847.
20. 최정빈·김은경(2015). 공과대학의 Flipped Learning 교수학습 모형 개발 및 교과운영사례 *공학교육연구*, 18(2), 77-88.
21. 한안나·이호철(2022). 비대면 수업에서 온라인 실습활동의 사례-‘기초전기회로 및 실습’ 교과목을 중심으로. *공학교육연구*, 25(1), 22-32.
22. Fawwaz T. Ulaby, Eric Michielssen, Umberto Ravaioli(2013). *Fundamentals of Applied Electromagnetics*. 6/E. Pearson.
23. Griffiths, D. J.(2017). *Introduction to Electrodynamics*. 4/E. Cambridge Univ. Press.



**김미라 (Kim, Mi-ra)**

1988년: 동국대학교 물리학과 졸업

1993년: 한양대학교 물리학과 석사

1999년: 한양대학교 물리학과 박사

현재: 울산과학기술대학교 전기전자공학부 조교수

관심분야: 반도체물리학, 물리교육, 공학교육, 학생중심 수업

E-mail: mrkim@uc.ac.kr