

# ET 헬스기구에 PBL 교수법을 적용한 기초공학(물리학) 교육

## Basic Engineering (Physics) Education by PBL Method in Elliptical Trainers

황 운 학\*

Un Hak Hwang\*

요 약

이 연구에서는 PBL교육방법 및 교수법의 기초공학에 적용 예제로써 그 핵심 요구사항들인 높은 전공지식(the learner acquisition of critical knowledge), 고도의 문제해결 능력( problem solving proficiency), 학습자 중심의 학습전략 (self-directed learning strategies), 및 집단참여 기술(team participation skills)을 구현하기 위해 ET 헬스기구를 활용하여 물성과 생체 사이의 물리변수의 단위 통일, 실험 데이터의 오차범위 계산, 시스템이 물성과 생체를 포함하는 에너지보존법칙과 운동방정식 유도, 및 데이터의 패턴 해석 능력을 기르도록 하였다. 이 연구에서는 ET 기구가 PBL 교육방법과 교수법을 채택하는 좋은 예제가 될 수 있음을 보여준다.

수업계획은 한 학기용으로 준비되었으며 학습자가 주도적으로 그리고 창의적으로 실험수행을 하고 그 결과를 분석을 하도록 주어진 세 가지 PBL 프로젝트에 대해 얻어진 최종결과는 (1) 집단 A의 문제에 대해 얻어진 운동 속도(km/s) 대 에너지 소비량(Cal) 도표의 기울기는 23.5o였으며, (2) 집단 B의 문제에 대해 얻어진 체중감량(kg) 대 에너지 소비량(Cal)의 도표의 각도범위는 15.0o ~ 26.5o 이었고, 마지막으로, (3) 집단 C의 문제에 대해서 운동 거리(km) 대 체중감량(kg) 도표의 각도변화는 51.0o 이었다.

**Key Words** : PBL Curriculum & Process, Elliptical Trainers, Exercise Physiology.

### ABSTRACT

For a basic engineering education Problem-Based Learning (PBL) method was adopted in order to pursuit the learner acquisition of critical knowledge, problem solving proficiency, and self-directed learning strategies by measurements of various physical and biological units, by calculation of errors in experimental data, by learning energy conservation law and equation of motion, and, by analysis ability on data patterns through Elliptical Trainer(ET) exercise. The results show the ET may be a good experimental tool for understanding the PBL method. A sample syllabus was provided for one semester use, and by use of data obtained by self-directed and creative learning, the results of three groups for the PBL problems proposed by using ET were (1) the slope of angle was 23.5o in the diagram of energy exhaustion against velocity (GROUP A), (2) the angle range between the maximal and minimal energy exhaustion against weight loss was 15.0o ~ 26.5o (GROUP B), and finally (3) the angle was varied by 51.0o in the diagram of weight loss against distance (GROUP C).

\* 한국기술교육대학교 교양학부(uhwang@kut.ac.kr)

제1저자 (First Author) : 황운학

교신저자 : 황운학

접수일자 : 2010년 10월 8일

수정일자 : 2010년 11월 25일

확정일자 : 2010년 12월 1일

## I. 서론

미국의 McMaster 대학의 의과대에서 1985년에 최초로 시작된 PBL(Problem-based Learning) 교육과정 및 교수법은 흔히 Dr. Howard Barrows와 Ann Kelson (Southern Illinois University 의 의과대학)에 의해 정의되어 널리 활용된다.[1] 그것들은 (a) 높은 전공지식( the learner acquisition of critical knowledge), (b) 고도의 문제해결 능력( problem solving proficiency), (c) 학습자 중심의 학습전략 (self-directed learning strategies), (d) 집단참여 기술(team participation skills)이다.

공학에 PBL 도입 배경은 문제점을 스스로 찾아 인식하여 이를 공식화함은 물론 해결능력을 함양하고 구급의 구성원으로서 역할을 할 수 있는 능력을 배양하는 것이다. 이는 혁신적인 공학인증의 인재상이기도 하다. 이같은 능력은 주입식 강의나 전통적인 수업방식으로는 개발하기 어려우며 오로지 학습자 스스로가 그러한 능력을 목표로 하여 활동에 적극적으로 참여함으로써 개발될 수 있는 능력이다. 그래서 과거의 기초공학실험의 역사를 분석해보고 혁신적인 신기술 교육법인 PBL법의 중요성을 가늠해본다.

이로써 학습자는 스스로 문제해결 능력을 배양하며, 추리력과 비판적 사고능력을 기르며, 응용력을 높이고, 분석에 의한 의사전달력을 기르고, 팀원들과의 협동성을 기르고, 자신의 주장을 논리적으로 펴는 능력을 기르고, 수학적 확장에 의해 추리력을 기르며, 유사한 문제를 설정하는 능력을 배양하게 된다.

PBL의 특징은 (a) 창의성을 내포하는 비구조화된 문제 제시, (b) 자신의 의견을 전개/제시/설명/옹호하는 방식으로 연구결과 설명, (c) 다양한 형태와 수준의 내용을 담은 연구결과의 기대, (d) 결과중심보다는 과정중심으로 결과평가가 이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 PBL교수법을 수행하기 위해 도입된 실험기기를 소개하고 주어진 집단 프로그램을 위해 수행된 실험결과를 집단별로 보여준다. 아울러 이를 근거로 작성된 교육진행표의 표본이 제시되어 있다. 마지막으로 제 III장에서는 PBL 교육을 성공적으로 수행하여 얻어진 결과를 보여주며 결론이 나와 있다.

## II. 본론

그림 1-(a)에서 보는바와 같이 교육비가 낮은 저개발국가의 경우 단순히 실험장치(예를 들면 표 2 중 하나의 중목)를 가운데 놓고 피교육자들이 원형으로 둘러서 있고 그 가운데에서 교육자가 장치를 설명하고 실험을 직접 수행하며 결과를 보여주는 것으로 만족했다. 반면에 그림 1-(b)실험의 한 중목을 여러 조의 피교육생들이 교육자의 지시에 따라 설명을 들어가며 실험을 수행하는 형태로 비교적 선진화된 국가에서 수행하는 기초공학 실험의 형태이다. 그림 2는 PBL교수법에 의한 교육을 하는 장치의 예로써 헬스장에서 흔하게 볼 수 있는 Elliptical Trainer를 보여준다.[2] 이 기구를 이용하여 3가지의 PBL 문제를 제시하고 (실제로는 6개 이상의 문제 제시도 가능하다.) 표2의 7가지의 실험을 같이 실험하도록 하는 식이다. 이로써 공학도들이 산업사회의 실제장치가 학문적 토대 위에 실제 기술을 익히고 장치의 원리, 개발, 응용이 유기적으로 이어지도록 감각을 익히게 하는 것이다. 물론 그림 1-(b) 형태와 그림 2의 PBL 방식을 병행함으로써 교육의 극대화를 이룰 수 있지만 막대한 교육비(인건비)가 소요될 수 있다. 하지만 엄선된, 원천기술을 개발할 수 있는 고도의 지식을 갖추게 될 공학요원들 교육이라면 기초단계에서 이 같은 투자는 피할 수 없다고 본다.

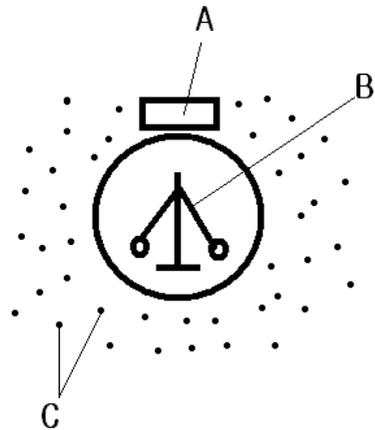


그림 1-(a)

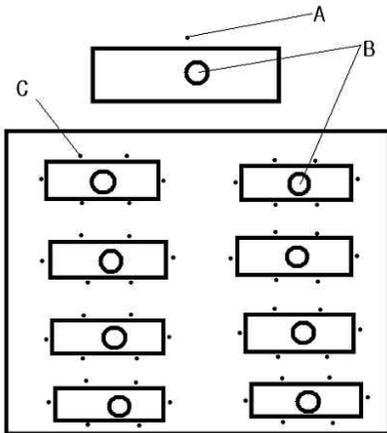


그림 1-(b)

그림 1. (a) 1980년대 이전의 기초공학(물리학) 실험실을 나타내는 그림. (b) 1980년대 이후의 기초공학(물리학) 실험실을 나타내는 그림. 그림 속의 A는 교육자, B는 실험장치, 그리고 C는 피교육자들을 나타낸다.

Fig. 1. Experimental System of Elementary Physics Laboratory During (a) Early Years before 1980's and (b) Present Years after 1980's. A Represents the Instructor, B Represents Experimental Tools, and C Represents Students.

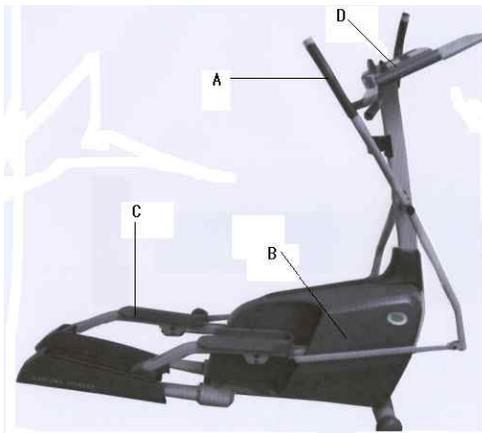


그림 2. ET의 제원: A는 상체운동용 핸들, B는 중력회전체 박스, C는 수평 운동 전달 장치, D는 전자 계기판.

Fig. 2. Elliptical Trainer Used in This Studies: A=Handle, B=Gravitational Rotator, C=Stride Length, D=Instrument Panel.

ET를 활용한 PBL 교수법은 기초공학의 지식을 이해하고 연구 활동을 동반하며 대표적인 메카트로닉스 기기인 점을 감안하면 공학실무능력을 함양하는데 도움이 된다. 기초공학에서의 단위와 여러 법칙들을 배운다는 점에서, 그리고 충분히 복잡하고 실제적인 방법이어서 충분히 성공하리라고 본다.

PBL 교육방식의 특징은 우선 선정된 문제자체가

틀에 박힌 정형화된 문제보다는 비구조화된 것이어서 피교육자가 활발하게 자신의 의견을 전개하고 설명하며 주장할 수 있어야한다. 따라서 결과물은 개인에 따라서 형태나 수준이나 내용에 있어서 다양하므로 교육자는 평가 시에 결과보다는 과정에 중점을 두어 이루어져야 한다.

본 연구에서 선정된 비구조화된 문제는 다음 세 가지이다:

- (1) 집단 A의 문제 : ET 기구에서 운동 속도 대 에너지 소비량 조사
- (2) 집단 B의 문제 : ET 기구에서 체중감량 대 에너지 소비량 조사
- (3) 집단 C의 문제 : ET 기구에서 운동 거리 대 체중감량 조사

가 제시되었고 이를 다룬 연구결과가 II.2절에 제시되어 있다.

이 문제들을 풀기 위해 도입된 ET 기구와 특정하게 예시된 PBL 문제들의 실험 결과가 아래의 절에서 연구되어졌으며 각 팀이 주도적으로 연구하여 얻은 결과는 다양하다. 이 연구를 수행함에 있어서 교육자들이 이미 알아야 할 전문지식은

- (a) 물성과 생체 사이의 물리변수의 단위 통일
- (b) 실험 데이터의 오차범위 계산
- (c) 시스템이 물성과 생체를 포함하는 에너지보존법칙과 운동방정식 유도
- (d) 데이터의 패턴 해석 능력

인데 이들은 모두 PBL 교육방법론과 교수법에서 요구하는

- (a) 높은 전공지식( the learner acquisition of critical knowledge),
- (b) 고도의 문제해결 능력( problem solving proficiency),
- (c) 학습자 중심의 학습전략 (self-directed learning strategies),
- (d) 집단참여 기술(team participation skills)

을 확실하고도 정확하게 구현해준다.

관련된 기초지식의 이해 및 습득과 체계적인 저장을 위해서 표 1과 표 2를 인지하도록 목표를 정하였다. 이 때 PBL 교수법은 주입식 교육보다는 학습자의 주도적 학습과정을 제공하고 스스로의 경험을 토대로 하는 지식의 창조력을 기르며 또한 스스로 실험을 통해 얻은 결과물을 평가 받도록 한다.

표 1. ET를 이용한 (그림 2) PBL 교수법에 적용되는 물리량 단위  
Table 1. Units of physical parameters in PBL Method applied in Figure 2.

	기기 단위	MKS단위	환산인자
속도	km/h	m/s	
각속도	rpm	rad/s	
열량	cal	J	
산소교환/맥박	bpm	bps	
운동거리	km	m	
운동시간	h.m.s.	s	

표 2. ET를 이용한 (그림 2) PBL 교수법에서 한 학기동안 복합적으로 다루어지는 실험종목들.  
Table 2. Multi-Experiments of Elementary Engineering Laboratory by Using PBL Method in Figure 2.

일과 에너지	Mgd	기초공학실험 1
역학적 에너지	$\mu(M/2)gd$	기초공학실험 2
강체의 운동	$(1/2)I\omega^2$	기초공학실험 3
회전운동	$\omega = v/r$	기초공학실험 4
열과 일	$1cal = 4.186 J$	기초공학실험 5
열용량	$Q_{TH} = mc \Delta T$	기초공학실험 6
비보존력	마찰력	기초공학실험 7

학제간의 융합을 통하여 첨단기술을 탐구하는 실험공학 교수법은 지식간의 연계성이 단절된 단편적 지식이나 수동적 학습태도에 의한 비활성 지식은 피하고 경험에 의해 재구성된 지식, 주관적 의미가 창조된 지식, 그리고 학습자가 주체적으로 참여하여 얻은 지식을 지향한다. 따라서 이와 같은 교육 목표를 갖도록 하기 위해서는 PBL 교수법은 다음과 같은 과정을 갖도록 준비하였다:

- (a) 자력으로 주어진 문제파악하기
  - 주어진 물리량은 무엇이고 미지수는 무엇인가 파악 우선
  - 힘 도표를 그릴 수 있나 파악함
- (b) 미지수를 찾기 위한 물리 법칙을 도입
  - 정확한 수학적 표현 이용
- (c) 수학으로 표기된 방정식 풀기
  - 초기조건이나 경계조건을 주의한다.
- (d) 얻은 결과가 물리적으로 합당한지 확인한다.[3]

### 1. 기구

메카트로닉스를 활용하는 주요 장비 중의 하나인 의학용 헬스기구에서 적용되는 이론은 기초공학교육에 좋은 예제가 될 수 있다. 그 한 예로써 그림 2에

본 연구를 위해 수행한 실험에 사용된 ET의 제원이 나타나 있다. 그리고 이 기구를 이용하여 실험에서 PBL과정을 수행하기 위해 필수적으로 측정해야 할 변수들이 표 3에 나타나 있다. 집단 학습자들은 이 도표를 자신의 주어진 문제에 맞도록 측정하여 표 1과 표 2를 이용하여 계산하여 집단 공동으로 얻은 결과를 분석하여 평가를 받아야 한다.

실험수행 시 안전을 도모하고 측정량의 이해를 위해 ET기구에 대해 좀 더 알아보면 Elliptical Trainer(ET) 운동기구는 강약조절 가능하고 동시에 상체 및 하체 근육운동이 가능할 뿐 아니라 누구에게나 선택적으로 극대 근육강화와 열량연소가 가능한데 15단계의 저항 중에서 선택하여 체력, 근력, 및 근육 세우기의 향상을 연속적으로 달성할 수 있다. 또한, 관절에 과대한 부하 없이 충격 상해를 감소시키며 걷기와 뛰기를 하는 지면에 고정된 운동기구이며 저항강도를 조절함으로써 심혈관계에 부하를 주지 않는 운동을 할 수 있다.

ET는 최초로 1990년대에 상업적으로 등장하였지만 Larry와 Miller가 더욱 작게 개선하여 2004년에 미국 특허를 출원하였다.[1]대부분의 ET는 상체와 하체를 다 사용하는 운동기구이고 근육 만들기 운동기구라기보다는 심혈관계 운동기구인데, 가장 큰 장점은 최소의 충격을 가하면서도 체중이 실리는 자세를 갖는 운동이라는 것이다.

ET는 세 가지 형태가 있는데 가장 고전적인 것이 후미 구동형이고 그 뒤에 나온 형태가 전방 구동형이며 가장 최신 기구는 중간 구동형이다. 어떤 형태는 페달 부분을 조절하여 경사를 다르게 하도록 되어 있어 다리의 여러 근육에 걸리는 부하를 다르게 하도록 고안 되었다. 일부 메카트로공학적 모델은 경사도, 저항력, 왕복거리 등을 조절하는 프로그램이 장착되기도 하며 전방진행 뿐 아니라 후방진행하기도 한다. 대부분의 ET는 발에 의해 구동되지만 양팔로 핸들을 저어 팔운동뿐만 아니라 제2차 구동력을 주도도록 되어 있다.

최근 들어 ET운동이 활발히 보급되고 있는 이유는 발바닥을 기구에서 들어서 건너 달리지 않으면서도 같은 효과를 내고 발바닥을 페달에 붙인 채 양팔로 안전하게 핸들을 앞뒤로 저어 우아하게 운동하고 또한 이 때 소음이 발생하지 않아 다른 사람에게 전혀 피해를 주지 않기 때문이다. ET는 용접된 금속골격이라 비록 딱딱한 구조라 하더라도 운동모습은 부드럽고 편안함을 주는데 이것은 크고 쿠션 있는 인체공학적페달이 관절 식으로 우리인체처럼 움



(2) 집단 B를 위한 PBS의 문제 : 체중감량 대 에너지 소비량 조사 (그림 4)

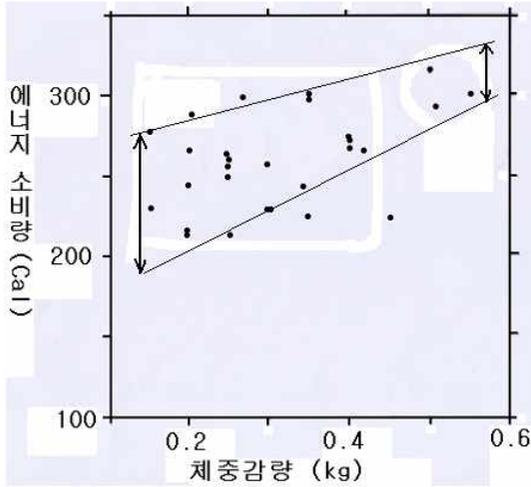


그림 4. 체중감량에 따른 에너지 소비량의 최대 및 최소 직선 패턴 분석  
 Fig. 4. The pattern of the maximal and minimal energy exhaustion against weight loss for one hour exercise each.

표 4. ET를 이용한 PBL 교수법을 적용한 수업진행표  
 Table 4. Syllabus for PBL Teaching by Using ET.

단계별 수업	주별	진행 내용	단계별 점검 내용
제1단계	제1주차	문제 파악	표 1의 환산인자 확인
제2단계	제2주차	공식들의 유도 및 이해	표 2의 발표 및 질의
제3단계	제3~11주차	ET를 이용한 실험수행	팀별 과제 부과
	제12주차	중간고사	
제4단계	제13주차	실험 데이터 도표화	그림 2, 3, 4, 조별완성
제5단계	제14주차	결과에 대한 분석	도표에서 기울기 찾기
제6단계	제15주차	결과에 대한 응용	창의적 설계에 활용
	제16주차	팀별 결과발표	

(3) 집단 C를 위한 PBS 문제 : 운동 거리 대 체중감량 조사 (그림 5)

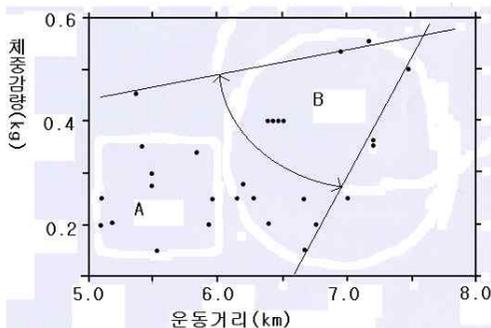


그림 5. 운동거리에 따른 체중감량에 대한 최대 및 최소 각도 측정.  
 Fig. 5. Angle between maximal and minimal weight loss against the exercise distance for one hour exercise each.

아울러 PBL 교수법을 적용한 기초공학 실험의 수업진행표의 예시는 다음의 표 4와 같다.

III. 결론

이 연구에서는 ET를 활용하여 PBL 교육방법과 교수법을 채택하는 좋은 예제가 될 수 있음을 보여 준다. 수업계획은 한학기용으로 준비되었으며 학습자의 주도적, 창의적으로 얻어진 실험결과를 분석할 때 주어진 세 가지 PBL 프로젝트, 즉.

- (1) 집단 A를 위한 PBS 문제 : ET 기구에서 운동 속도 대 에너지 소비량 조사
- (2) 집단 B를 위한 PBS 문제 : ET 기구에서 체중감량 대 에너지 소비량 조사
- (3) 집단 C를 위한 PBS 문제 : ET 기구에서 운동 거리 대 체중감량 조사

에 대해 성공적으로 수행되었다

그 최종결과는 (1) 집단 A의 문제에 대해 얻어진 운동 속도(km/s) 대 에너지 소비량(Cal) 도표(그림 3)의 기울기는 23.50였으며, (2) 집단 B의 문제에 대해 얻어진 체중감량(kg) 대 에너지 소비량(Cal)의 각도범위는(그림 4) 15.00 ~ 26.50 이었고, 마지막으로, (3) 집단 C의 문제에 대해서 운동 거리(km) 대 체중감량(kg) 도표(그림 5)의 각도변화는 51.00 이었다. 따라서 지속적인 측정과 이를 토대로 얻은 각도

들의 추이를 살펴보면 운동자(학습자)의 신체적 변화와 그에 따른 건강 정도를 점검할 수 있으리라 본다.

이 같은 분석력은 오로지 학습자가 비구조적인 문제에 대해 스스로 자기 주도적으로 교육을 받아서 창의적으로 분석할 수 있는 힘을 기를 때 길고 긴 측정과 연구의 마지막 여정에서 위와 같은 결론에 이를 수가 있다.

### 감사의 글

본 연구는 2010년 한국기술교육대학교의 교수 연구지원 사업으로 수행되었습니다.

### 참고 문헌

- [1] Debra Klamen, Linda Distlehorst, and Nicole Roberts, *Essentials of Problem-Based Learning: Facilitator Training, Curriculum Design, Problem Construction and Student Assessment June 22-25, 2010* Springfield, Illinois, U.S.A.
- [2] US Patent 6726600-*Compact, Elliptical exercise device*, July 27, 2004.
- [3] 황운학 외, *대학물리학(서울:북스힐)*, 8-10장, 2009년 3월

### 황 운 학 (Un Hak Hwang)



1981년 2월 : 연세대학교  
이학사  
1985년 12월 : 미국  
미주리대학교 이학석사  
1989년 8월 : 미국  
미주리대학교 Ph.D.(물리학)

1992년 3월~현재: 한국기술교육대학교 교수  
<관심분야> 플라즈마 물리학, 자유전자레이저, Thin Film Dpositions, 핵융합 이론, 공학기초 물리학.