

인터넷을 이용한 '1997학년도 대학수학능력시험 수리·탐구영역(Ⅱ)'의 물리문제 해설의 한 모형

소광섭·신학수
(물리교육과)

I. 서 론

최근 범국가적으로 추진되는 정보화 사업은 교육정책에 일대 개혁을 요구하고 있다. 교육의 정보화는 학교교육을 정상화시키고 개별화시킬 수 있는 활용 가능한 대안이라는 점 때문에 우리교육의 주요 과제로 떠오르고 있다. 인터넷을 통해 학습에 필요한 가치있는 정보를 이용할 수 있게되면 우리나라 교육의 여러 문제들을 어느정도 완화 또는 해소시킬 가능성이 있다.

이러한 정보화 사업의 일환으로 추진되는 인터넷을 통한 대학수학능력시험의 해설은 교육 정보화 사업의 진수를 보여줄 수 있는 좋은 과제이다. 특히 수리·탐구(Ⅱ)영역의 해설은 인쇄 매체로 이를 수 없는 여러 가지 특징들을 보여줄 수 있다. 동영상을 포함한 풍부한 시각·청각적인 다양한 자료와 구조화된 정보와 학습자와의 상호작용이 용이하다는 것이 그러한 특징들이다.

과학탐구 영역 가운데 물리(과학Ⅱ(상)) 분야는 이러한 특징을 극대화시킬 수 있는 특성을 지니고 있다. 물리 문제는 실제하는 혹은 가상적인 현상을 단순화된 형식으로 제시하기 때문에 풀이의 구조를 단순하고 명확하게 구조화할 수 있고, 문제의 핵심을 나타낼 수 있는 다양한 보조자료를 활용하기가 용이하다. 1997학년도에 출제된 물리 분야의 문제는 총 13문항(인문 예체능계 : 8문항)으로 전기와 자기 단원에서 집중적으로 출제되었고 현대물리 단원의 출제는 없었다. 또한 탐구요소에 따라 분석해 보면[1] 자료의 분석 및 해석(5문항)과 결론도출 및 평가(5문항)에 집중되어 있고, 순수 과학적인 상황 문제들이 11(6)문제로 거의 대부분을 차지하는 것으로 나타났다. 이러한 출제경향은 다음과 같은 해설방략을 결정하는데 있어서 매우 중요하다. 첫째, 해설에 반드시 관련 개념 혹은 내용들을 제시하여 해설을 공부하는 동안 물리의 많은 부분이 공부될 수 있도록 구성할 수 있다. 둘째, 탐구 요

소별로 보면 문제의 대부분이 자료의 분석으로부터 결론을 도출하는 과정을 묻거나 결론을 묻는 문제이다. 따라서 풀이를 단계화하는 것이 필요하다. 간단한 원리 혹은 법칙으로부터 전개해 나가는 정성적인 풀이와 수량적인 관계로 문제를 모형화시키고 그 모형을 분석해 나가는 정량적인 풀이라는 두 가지 단계를 생각할 수 있다. 셋째, 다수의 순수 과학적인 상황 문제의 풀이에서 문제에 관련된 이상적인 그림과 사진 그리고 애니메이션을 이용하면 효과적으로 해설의 의도를 전달할 수 있다. 넷째, 엄밀한 해를 원하는 학생을 위하여 비록 해설이 고등학교 수준을 넘는다 할지라도 심화학습으로 제시하였다.

II. 본 론

1. 출제된 문제의 분석

출제된 물리 문제(A형)는 2, 3, 11, 17, 18, 19, 30, 31(이상 인문, 예체능), 34, 39, 40, 45, 46(자연계)이다. 이들을 물리 내용, 탐구요소, 탐구 상황의 3차원으로 분류하면 평가 목표를 보다 분명하게 파악할 수 있다.

가. 과학 II(상)

단원 별로 두 문제씩 출제되었다. 하지만 대부분의 문제는 주어진 자료를 분석하거나 해석하여 결론을 이끌어 내는 문제에 집중되었다(표 1). 문제에 제시된 상황을 분석하면 8문항 중 6문항이 순수 과학적인 문제 상황에 해당함을 알 수 있다(표 2). 열과 에너지에 관련된 문항은 표면적으로는 일상적인 상황이지만 문제를 풀이하는 입장에서 순수 과학적인 문제로 볼 수도 있다. 따라서 대부분의 문제는 순수 과학적인 상황이고 분석 및 결론 도출이라는 탐구요소를 평가하려는 문제이다.

〈표 1〉 물리 내용과 탐구 요소에 따른 분류

물리내용 탐구요소	힘과 운동	에너지와 열	전기와 자기	빛과 파동
문제 인식 및 가설설정			17	
탐구의 설계 및 수행				
자료의 분석 및 해석	19	30		11
결론 도출 및 평가	2	31	18	3

〈표 2〉 물리 내용과 탐구 상황에 따른 분류

탐구상황 \ 물리내용	힘과 운동	에너지와 열	전기와 자기	빛과 파동
순수 과학적	2, 19		17, 18	3, 11
일상적		30, 31		
기술·산업적			17, 18	3, 11
사회적				
자연·환경적				

나. 물 리

자연계열 물리 문제는 전기와 자기 단원에서 6문항이 출제되었다. 탐구 상황별로는 순수 과학적인 문항이 대부분이었으나, 기술 산업적인 상황과 관련된 문제가 6문항이 출제되었다. 특이한 점은 현대 물리 단원에 해당되는 문제가 출제되지 않았다는 것과 전자기 단원의 문제가 절반 가까이 출제되었다는 것이다.

〈표 3〉 물리 내용과 탐구 요소에 따른 분류

탐구요소 \ 물리 내용	힘과 운동	에너지와 열	전기와 자기	빛과 파동	현대물리
문제인식 및 가설설정			17		
탐구설계 및 수행	46				
자료분석 및 해석	19	30, 34	39, 45, 46	11	
결론 도출 및 평가	2	31	18, 40	3	

〈표 4〉 물리 내용과 탐구 상황에 따른 분류

탐구상황 \ 물리내용	힘과 운동	에너지와 열	전기와 자기	빛과 파동	현대물리
순수 과학적	2, 19, 36	34	17, 18, 39, 45	3, 11	
일상적		30, 31			
기술·산업적			17, 18, 39, 40	3, 11	
사회적					
자연·환경적		34	45, 46		

2. 해설 방략

가. 해설의 기본 방향

학습자에게 효과적으로 이용되는 정보를 생산하기 위해서는 학습의 원리와 매체의 특성을 고려해야 한다. 학습은 인지구조와 외부에서 제공되는 정보들의 상호작용에 의하여 일어난다[2]. 즉, 정보를 자신의 인지구조에 맞는 형태로 동화하거나, 동화하기 어려운 경우에는 자신의 인지구조를 조절하여 정보를 인지구조 내에 구조화시킨다. 따라서 제공되는 정보는 인지구조에 쉽게 동화될 수 있는 형태이어야 하며 인지구조에 동화되었을 때 쉽게 구조화가 일어날 수 있는 구조로 제공되어야 한다. 정보를 전파하는 매체는 학습에 필요한 정보를 쉽게 찾을 수 있고 정보를 빠른 속도로 이동시킬 수 있는 특성을 가져야 한다. 인터넷은 이러한 특성을 갖고 있으므로 그 특성을 최대한 이용하는 방식으로 정보를 생산해야 한다. 따라서 해설을 구조화시킬 필요가 있고, 그것을 달성할 구체적인 방법을 다음과 같이 생각해 보았다.

- ① 문장을 최대한 간소화하여 내용을 한눈에 파악할 수 있어야 하고,
- ② 내용을 몇 개의 소단위로 분해하여 구조화하고,
- ③ 중요한 내용이나 핵심적인 내용을 구별할 수 있게 하고, 전체 개념체계 속에서 문제의 개념을 다시 살펴보는 기회를 제공하여야 하고,
- ④ 사진, 그림, 동영상, 소리 등의 보조자료를 적극적으로 활용하여 내용을 명확하고 풍부하게 한다.

이와 같은 방법에 의거하여 해설의 순서를 <정오 판정과 간단한 해설> → <출제 의도> → <정답에 이르는 과정> → <교과서 관련 사항> → <심화학습>으로 잡았다. <정오 판정과 간단한 해설>은 문제를 풀게되는 순간 자동적으로 이루어진다. <출제 의도>를 밝힌 것은 인지구조에서 문제의 개념과 관련된 개념을 준비시키기 위한 단계이다. <정답에 이르는 과정>은 해설의 주된 내용을 담고 있다. 전체의 내용을 몇 개의 소단위로 분해하여 기초개념으로부터 정답에 이르는 과정을 보이고자 한다. 이러한 목표를 달성하기 위해 그림, 사진, 애니메이션을 이용했다. <참고해설 및 교과서 관련 사항>에서는 개념의 주소를 밝혀서 그 개념이 전체 개념체계 속에서 어디에 있는지를 상기시킴으로서 개념의 정착을 돕고, 정착이 이미 완료된 학생을 위하여 좀 더 수준 높은 문제 풀이 방식을 <심화 학습>으로 처리했다.

나. 해설의 기본 구조

문제의 특성에 따라 약간의 변형이 있지만 기본적으로 다음과 같은 구조를 갖게 된다.

순 서	내 용
문제 풀기	문제를 분석한 후 정답을 선택한다.
↓	
정오 표시와 간단한 해설	선택된 번호에 대한 정·오를 알려주고 간단한 해설과 안내가 이어진다.
↓	
출제 의도	문제의 평가 목표를 제시한다.
↓	
정답에 이르는 과정	정답에 이르는 과정을 단계화하여 제시한다. 정량적인 풀이보다 정성적인 풀이 해설을 우선한다.
↓	
참고해설 및 교과서 관련 사항	문제와 관련된 기초 지식이나 핵심적인 내용을 그림, 사진과 함께 제시하고 교과서 관련 내용을 안내한다.
↓	
심화학습 정량적 풀이	정성적 풀이로 충분치 않다고 생각하는 고급 수준의 학생을 대상으로 수학적 풀이법을 소개한다.

3. 해설의 실제

문제의 해설과정을 계열 공통 19번 문항과 자연계 39번 문항을 중심으로 살펴보고 나머지 문제의 해설은 부록에 제시한다.

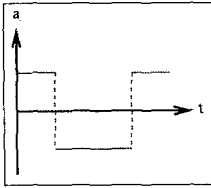
가. 과학Ⅱ(상)(전 계열 공통)[3]

19번 문항은 주어진 자료를 분석하여 물체의 운동이 거의 단진동 운동임을 추정하고 그에 대응되는 시간-속도의 관계를 찾는 문제이다. 단진동에 대한 정성적인 해석은 이미 중학교 과학 I 과 과학 I (하)에서 배웠으므로 문제를 분석하는데 큰 어려움은 없다.

◆ 정오 표시와 간단한 해설

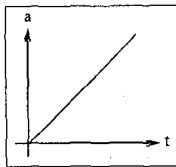
학생이 질문을 분석한 후 정답이라고 생각하는 번호를 선택하면 화면상에 각 번호에 해당하는 간단한 해설이 나타난다. 정답인 ①번을 선택한 학생이 상세한 해설을 보고자 할 때는 안내된 풀이로 들어가야 한다. 풀이에 들어가면 <출제의도>와 <정답에 이르는 과정>이 나타난다. 나머지 번호를 선택한 경우에 학생은 자신의 선택이 옳지 않다는 것을 간단한 해설을 통해 알게 되고 정답을 보기 위해 다시 풀이로 들어가도록 구성했다.

- ① x 가 작을 때 단진동 운동입니다. 풀이를 참조하십시오.
- ② 이 경우 가속도를 그려보면 그림과 같다.

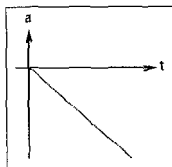


힘이 한동안 일정하게 작용한다는 것을 의미한다. 그러나, 문제는 위치마다 힘의 크기가 변하기 상황이므로 옳지 않다.

- ③ 가속도(또는 힘)가 한없이 커지는 경우입니다.
실제로는 원점에서 방향을 바꾸기 때문에 틀렸습니다.



- ④ 계속 밀어내는 힘이 작용하는 경우의 그래프입니다.



- ⑤ 힘이 작용하지 않는 경우입니다.

◆ 출제 의도

문제의 평가 목표를 확인함으로써 문제와 관련된 주요 개념들을 기억해내거나 준비할 수 있도록 유도하기 위한 것이다.

I. 출제 의도

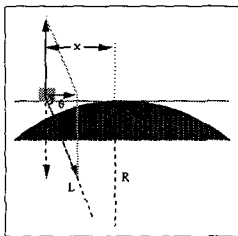
- (가) 운동방정식을 세우고 그 해를 구할 수 있다.
- (나) 주어진 자료에서 단진동 운동임을 분석할 수 있다.
- (다) 가속도로부터 속도를 추정할 수 있다.
- (라) 과학 I(하) I 단원의 지구의 역장에서 중력장과 통합 유형 문제임.

◆ 정답에 이르는 과정

정답에 이르는 과정을 세 단계로 구분하고 그림과 애니메이션을 이용하여 정확한 의미를 전달하려고 하였다. 첫 번째 단계에서 물체에 작용하는 힘을 분석하고, 힘의 분석과정에서 문제에 포함된 가정을 유의점으로 정리하였다. 두 번째 단계에서는 운동방정식을 세워서 가속도가 변위에 비례함을 보이고, 용수철 진자의 단진동 운동을 도입하여 물체의 운동이 단진동 운동임을 알 수 있게 하였다. 세 번째 단계에서는 단진동 운동의 시간-속도의 관계가 주기함수임을 보이고, 그 운동을 애니메이션으로 처리하였다.

II. 정답에 이르는 과정 (정답 ①)

(가) 벽돌에 작용하는 힘



중력의 수평성분

$$= mg \cdot \cos \theta = mg \frac{x}{R}$$

$\theta =$ 위도

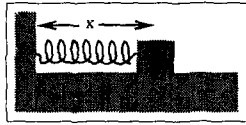
* 유의점

- 운동 범위 x 가 작을 때에만 적용된다.
- 이 경우 $L \approx R$ 로 본다.
- 중력도 x 에 따라 변하지 않는다고 본다.

(나) 운동 방정식

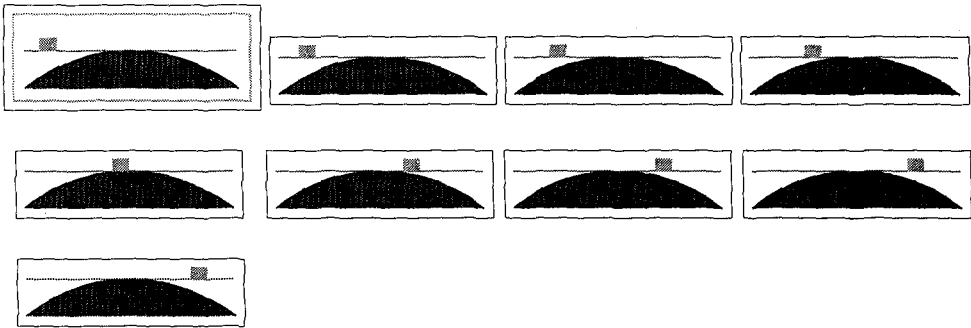
$$m\ddot{x} = -\left(\frac{mg}{R}\right)x$$

∴ 단진자 운동 혹은 용수철 진자의 운동과 같은 모양이다.



용수철 상수 $k = \frac{m}{R}g$ 에 해당

(다) 운동 형태는 $\sin(2\pi ft)$ 의 형태이다.



◆ 참고 해설 및 교과서 관련 사항

문제를 해결하는데 있어서 필요한 기초 개념과 다른 문제 상황에 대한 응용력 배양을 위한 공부를 위하여 과학 교과서에 있는 관련 내용을 안내하였다. 즉, 문제의 개념이 전체 개념체계 속에서 어떤 위치에 있는지를 밝혀서 학습된 개념의 정착을 돕기 위한 것이다.

Ⅲ. 참고 해설 및 관련 교과 내용

(가) 단진동 운동을 이해하기 위해서는 물리Ⅱ의 「힘과 운동」 단원의 「원운동과 만유인력법칙」장에서 「단진동」을 보시오. 또한 공통과학의 「어떤 힘들이 운동에 영향을 주는가?」장에서 「중력에 대한 조사·토의」, 지구과학Ⅱ의 「우리의 지구」 단원의 「지구의 역장」장에서 「중력장」과 「지구의 모양과 구조」장에서 「지구의 질량과 밀도」를 보시오.

◆ 심화 학습(정량적 풀이)

출제된 문제에 대한 엄밀한 풀이를 제시하거나 생각할 수 있도록 하였다. 이 문제는 에너지에 따라 운동이 상당히 변하는 복잡한 운동이지만, x 의 범위가 작은 경우에는 단진동으로 쉽게 풀리고, x 의 범위가 커지면 수학적인 어려움 때문에 고등학교 수준에서 풀 수 없는 문제가 됨을 보인다.

(나) 심화 학습

x 범위가 커진다면,

$$\text{중력} = \frac{GMm}{(R^2+x^2)}, \quad \cos\theta = \frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}}$$

$$\begin{aligned} \text{중력의 수평 성분} &= GMm \times \frac{x}{(R^2+x^2)\sqrt{R^2+x^2}} \\ &= \left(-\frac{GMm}{R^2}\right) \frac{x}{R} \frac{1}{(1+(x/R)^2)^{3/2}} \end{aligned}$$

이 문제는 고등학교 수준으로 풀기 어렵다.

나. 물리(자연계)[4]

39번 문항은 전자기 유도 현상에 대한 물음이다. 자기장의 시간적인 변화가 회로에 어떤 기전력을 유도하는 지를 분석해 내는 문제로 <보기>에 주어진 각 상황들을 분석할 수 있어야 한다.

◆ 정오 표시와 간단한 해설

이 문제는 <보기>에 주어진 각 상황들을 직접 해설해야 하므로 구체적인 해설을 정답에 이르는 과정에서 소개하는 것이 간편하다.

- ① 풀이를 참조하십시오.
- ② 풀이를 참조하십시오.
- ③ 풀이를 참조하십시오.
- ④ 풀이를 참조하십시오.

◆ 출제 의도

I. 출제 의도

(가) 전류의 변화에 의한 자기장의 변화

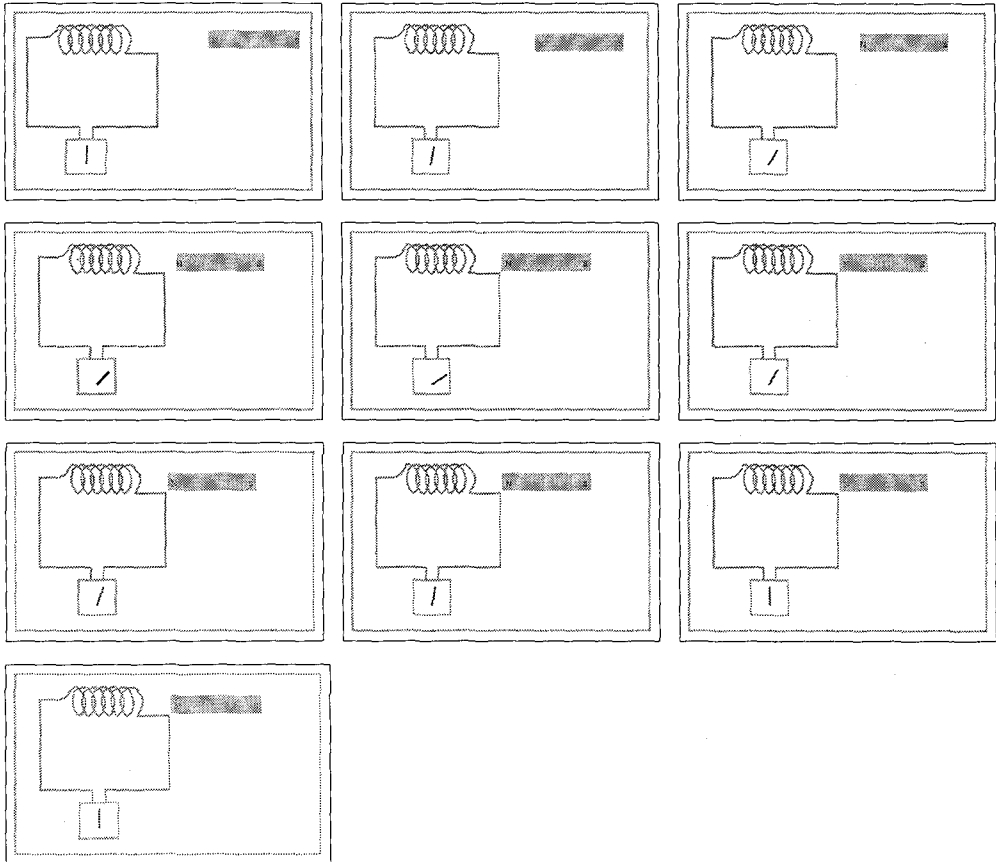
(나) 자기장의 변화에 의한 전기장의 형성과 변화

◆ 정답에 이르는 과정

<보기>의 각 상황을 애니메이션을 통해 재현한다.

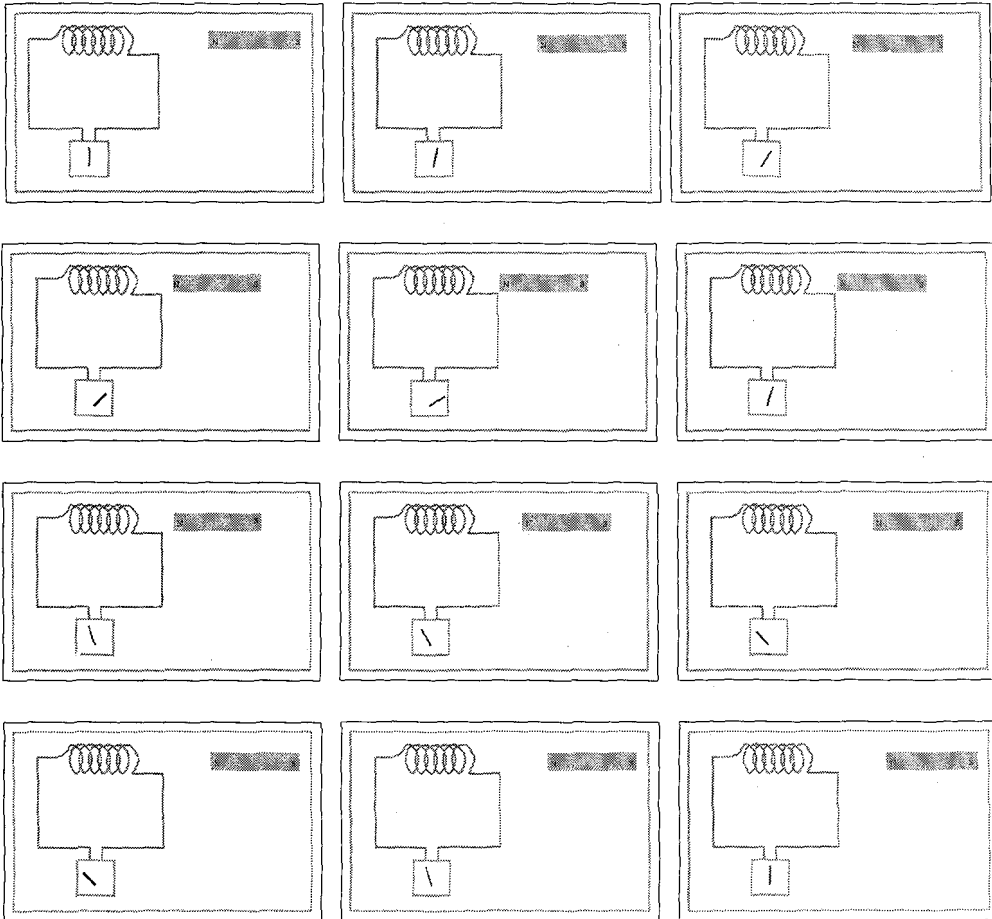
II. 풀이 해설 (정답 ③)

보기 (ㄱ)



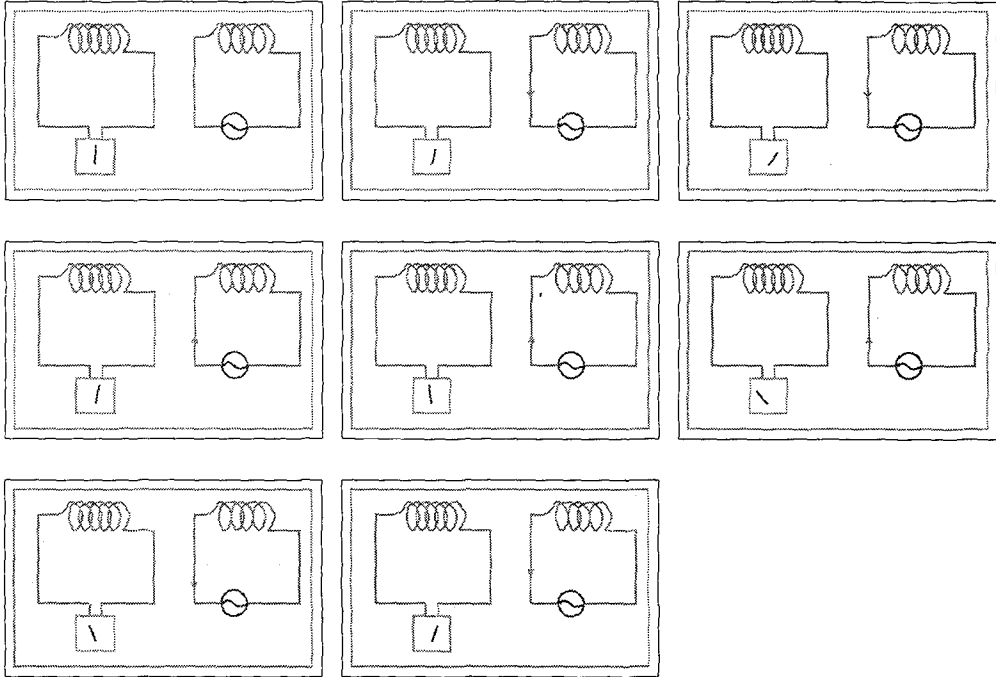
자석이 들어오는 동안 코일 속의 자기장이 강해진다.
 그러므로 유도 전류가 흐른다.
 자석이 정지하면 유도 전류가 0이 된다.

보기 (ㄴ)



자기장이 증가하다가 다시 감소하므로 유도 전류는 (+) (-) 부호가 바뀐다.
 그러므로 바늘이 0점을 지나 반대 방향까지 움직인다.

보기 (ㄷ)



교류 전원이 연결되므로, 유도 전류도 교류가 되므로 검류계의 바늘도 왕복 운동한다(단, 검류계의 바늘이 빨리 운동할 수 있어야 가능하다.).

보기 (ㄹ)

처음에 전지에 연결된 회로에 전류가 점점 강해지다가 일정하게 흐른다.
 검류계에 연결된 회로에 유도 전류가 생겼다 없어진다.
 그러므로 바늘이 한번 움직인후 제자리로 돌아온다.

◆ 참고해설 및 교과서 관련 사항

자연계 문제임에도 불구하고 물리 I 의 관련 내용을 안내한 것은 유사한 문제를 언제든지 전 계열 공통 문제로 출제할 수 있기 때문이다.

Ⅱ. 참고 해설 및 교과서 관련 사항

(가) 전자기 유도를 이해하려면 물리 I에서 「전기와 자기」 단원의 「전류의 자기 작용」장에서 「전자기 유도」, 물리Ⅱ의 「전기와 자기」 단원에서 「전자기 유도」의 「페러데이 법칙」과 「렌츠 법칙」을 공부하십시오. 교류를 공부하려면 물리Ⅱ의 「전기와 자기」 단원의 「교류」를 공부하십시오.

◆ 심화 학습

(나) 심화 학습

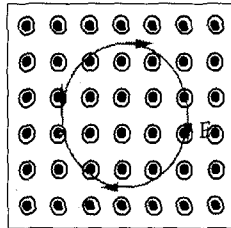
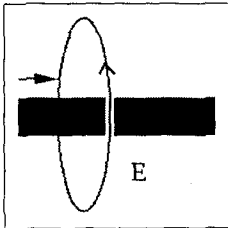
1. 자속 증가에 저항하는 방향으로 전류가 흐름

코일 단면을 통과하는 자속이 증가할 때 자속의 증가를 억제하는 방향으로 코일에 전류가 흐름.

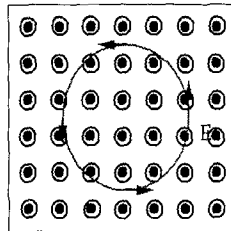
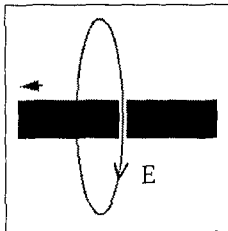
$$V = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}, \quad \Phi = \int_{\text{단면}} B \, dS.$$

전기장의 형성

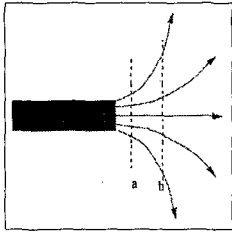
자기장 방향으로 자기장이 점점 강해지는 경우



자기장 방향으로 자기장이 점점 약해지는 경우



2. 막대 자석에 의한 자기장



막대자석의 자극에서 멀어질수록 자속밀도가 작아진다.

3. 자석의 N극이 코일에 접근하면 코일의 단면을 통과하는 자기력선의 수가 증가하고, 자석과 코일의 상대속도가 0이면 자속의 증가는 없다.

(\nearrow) : $V = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} < 0$ 일 때 전기장은 시계 방향으로 형성됨.

코일의 (+)전하는 시계방향으로 운동하여 검류계를 통과하는 전류의 방향은 왼쪽에서 오른쪽 방향으로 흘러야 하고 검류계 바늘은 오른쪽으로 움직였다가 0으로 돌아간다.

(\searrow) : 자석이 접근할 때 $V = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} < 0$ 이므로 전기장은 시계방향으로 형성됨.

자석이 후퇴할 때 $V = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} > 0$ 이므로 전기장은 반시계 방향으로 형성됨.

따라서 코일에 시계방향과 반시계방향의 전류가 교대로 흐르기 때문에 검류계를 통과하는 전류의 방향은 왼쪽 \rightarrow 오른쪽, 오른쪽 \rightarrow 왼쪽으로 변함.

4. 교류에 의한 전자기 유도

코일에 교류가 흐를 때 전류의 세기와 방향이 주기적으로 달라진다.

자기장의 세기는 전류에 비례하므로 자기장도 주기적으로 변한다.

전류의 세기 : $i(t) = i_0 \sin \omega t$

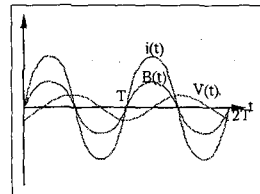
자기장의 세기 : $B(t, x, y, z) = B(x, y, z) \sin \omega t$

유도 기전력 : $V = -V_0(x, y, z) \cos \omega t$

$V < 0$ 이면 시계 방향으로, $V > 0$ 이면

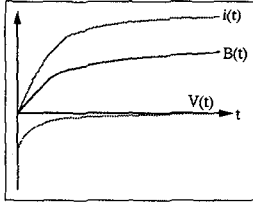
반시계 방향으로 전기장이 형성됨.

따라서 전류의 방향은 왼쪽에서 오른쪽($0 - T/4, 3T/4 - T$), 오른쪽에서 왼쪽으로($T/4 - 3T/4$) 변한다.



5. 코일에 직류가 흐를 때

스위치를 닫는 순간 전류, 자기장, 유도기전력



자기장 증가 비율이 점점 줄어들기 때문에

$$V = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} < 0 \text{ -----} > 0 \text{이다.}$$

전기장은 시계방향으로 형성되지만 시간이 지남에 따라 그 세기가 약해진다.

따라서 검류계의 바늘은 오른쪽으로 갔다가 다시 0으로 돌아온다.

Ⅲ. 토 의

수학능력시험 해설을 통하여 인터넷을 통한 학습자료 구성의 한 예를 생각해 보았다. 유용하게 구성된 자료는 자료의 특성과 매체의 특성을 최대한 고려된 것이다. 자료의 특성은 제공되는 자료가 학습이 잘 일어나도록 구성되어야 한다는 것이고, 매체 특성은 인터넷이라는 가상공간에서 자료가 안정적이고 빠르게 이동할 수 있어야 된다는 점이다. 이러한 점들을 고려하여 자료를 작은 분량으로 세분화하여, 학습자의 인지적 작용이 잘 일어날 수 있도록 구조화된 새로운 자료로 완성하는 것이 필요하다. 자료와 인지구조의 상호작용이 활발하게 일어나게 할 수 있는 자료의 구성법은 없지만, 구성주의적 학습론에 근거하여 자료의 크기를 줄이고 그것들을 학습자의 인지 구조의 기존 개념에 동화를 촉진시키고 학습한 개념을 물리라는 큰 개념 체계속에서 다시 한 번 살펴볼 수 있는 구성을 시도하였다.

수학능력시험 해설의 목표는 문제의 답을 알려주는 것 만이 아니라 문제에 관련된 핵심 개념들을 학습할 수 있도록 유도하는데 있다. 이러한 목표를 달성하기 위하여 해설을 몇 개의 단계로 나누었고 시각적인 자료(그림, 사진, 동영상)를 이용하였다. <출제 의도>를 밝힌 것은 인지구조의 문제에 관련된 개념을 준비시키기 위한 '선언'이다. 출제 의도를 선언하고 난 후 제공되는 <정답에 이르는 과정>은 기초개념에서 어떻게 정답에 이를 수 있는지를 보여준다. 인지구조에 개념들이 효과적으로 정착되도록 <교과서 관련 사항>에서 학습된 개념들이 물리개념 체계 속에서 차지하는 위치를 상기시켰다. '97학년도 수리·탐구(Ⅱ)의 물리 관련 분야에는 정성적으로 문제를 취급할 수 있는 능력을 평가하는 문항들이 있었다. 이러한 문항에 대한 해설을 정성적인 측면(정답에 이르는 과정)과 정량적인 측면(심화학습)으로 구분하였다.

열악한 교육환경을 적은 비용으로 크게 개선할 수 있는 대안인 가상공간을 통한 교육의 가능성에 대한 탐색은 그 시도 자체만으로도 의미있다. 교육의 정보화가 제도적으로 보장되면 교육과정을 수십번 개편하는 것보다 학교 현장에선 더 큰 변화를 불러일으킬 것으로 예상된다. 이것은 거의 유명무실한 기존의 컴퓨터 교육과 학습보조 프로그램 개발과는 질적으로 다른 것으로 생각된다. 교육의 정보화는 기존의 방식에 존재하지 않았던 무한대에 가까운 교육 공간의 확장을 내포하고 있다. 그러한 맥락에서 수학능력시험의 해설, 특히 수리·탐구(Ⅱ)의 물리 분야 해설을 교육 정보화를 위한 하나의 시도로서 생각해 볼 수도 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 허 명, 한국 과학교육학회지, 4권 1호, 57(1984).
- [2] 물리학습연구실, 물리 학습의 편모, 63-107 미발행(1993).
- [3] 엄정인·정풍호·소광섭·오희균, 물리 I, 금성교과서(1995); 이춘호·송인명·과학Ⅱ(상), 교학사(1992).
- [4] 권숙일·이민호·김종권·이강석, 물리Ⅱ, 동아출판사(1995).

<부 록>

(1) 과학 II(상) (전계열 공통)

2번 문항

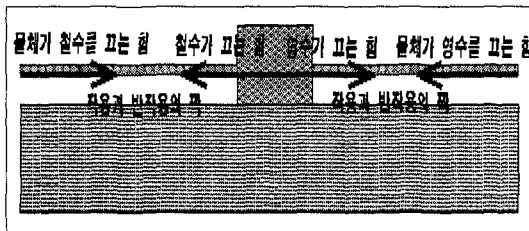
- ① 물체에 작용하는 힘의 합력은 0이므로 (ㄴ)은 옳은 단계입니다.
참고 해설 (가)를 보시오.
- ② (ㄷ)에서 영수의 힘과 철수의 힘은 작용과 반작용 관계가 아닙니다.
풀이 해설 (나)와 참고 해설 (나)를 보시오.
- ③ (ㄱ)과 (ㄴ)은 모두 옳은 단계입니다.
- ④ (ㄷ)이 잘못되었습니다.
풀이 해설 (나)와 참고 해설 (나)를 보시오.
- ⑤ (ㄷ)이 잘못되었으므로 잘못된 단계가 있습니다.
풀이 해설 (나)와 참고 해설 (나)를 보시오.

I. 출제 의도

- (가) 뉴턴 운동법칙중 작용·반작용 법칙을 이해하고 있는가?
- (나) 중학교 수준 : 힘의 합성(합력)과 힘의 평형을 적용할 수 있는가?

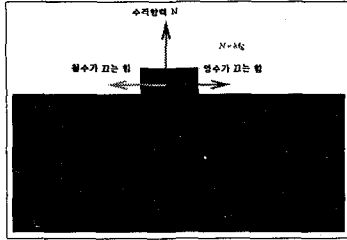
II. 풀이 해설 (정답 ②)

- (가) 보기에서 (ㄱ) 과 (ㄴ)은 힘의 평형 및 힘의 합성에 나오는 기초지식이다.
- (나) 보기 (ㄷ)은 작용과 반작용 법칙을 제대로 이해해야 한다: 작용 반작용은 서로 다른 물체에 작용하는 힘이라는 것을 바르게 알면 보기 (ㄷ)이 틀렸음을 알 수 있다.
여기서 각 힘들의 작용과 반작용 짝을 그리면 다음과 같다.

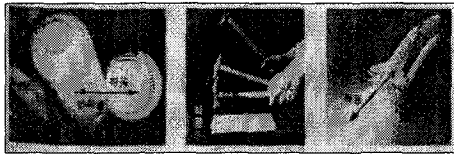


III. 참고 해설 및 교과서 관련 사항

(가) 이 물체에 작용하는 힘들을 모두 그려 보면 다음과 같다.



(나) 작용 반작용을 공부하려면 물리 I의 「운동과 에너지」 단원 중에서 「1. 물체의 운동」중 「운동 법칙」을 보시오.



(출처 : 물리 I, 엄정인, 정봉호, 소광섭, 오희균, 금성교과서(주))

(다) 바닥과 물체 사이에 마찰력이 있는 경우를 생각해 보시오.

(라) <보기> (ㄱ)과 (ㄴ)을 잘 이해할 수 없다면 중학교 과학 I의 「힘과 운동 단원」중 힘에 대한 기초지식을 복습하시오.

3번 문항

- ① F(초점) 밖의 광원에서 출발한 빛은 렌즈의 오른쪽에서 수렴하므로 렌즈의 오른쪽에 놓인 흰종이 위에 상이 나타납니다. 풀이 해설 (나)를 보시오.
- ② F에서 출발한 광선은 렌즈를 통과한 다음 평행하게 진행하므로 종이 위에 상이 생기지 않습니다. 풀이 해설 (다)를 보시오.
- ③ (ㄷ)의 경우에 렌즈의 왼쪽에 허상이 생기고 렌즈의 오른쪽에서는 광선이 발산하므로 렌즈 오른쪽에 있는 흰종이에 상이 생기지 않습니다. 풀이 해설 (라)를 보시오.
- ④ (ㄷ)의 경우에 렌즈의 왼쪽에 허상이 생기므로 꼬마전구 왼쪽에 있는 흰종이에 상이 생기지 않습니다. 풀이 해설 (라)를 보시오.
- ⑤ (ㄴ)의 경우 렌즈를 통과한 광선은 평행광이 되고, (ㄷ)의 경우 허상이 되므로

흰종이에 상이 생기지 않습니다. 풀이 해설 (다)와 (라)를 보시오.

I. 출제 의도

(가) 볼록 렌즈에서 광원의 위치에 따른 상의 형성을 작도

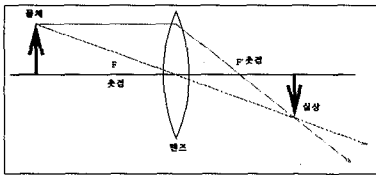
(나) 실상과 허상 구분

II. 풀이 해설 (정답 ①)

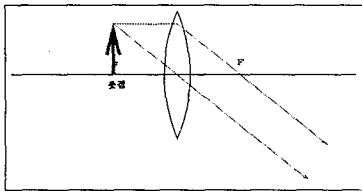
(가) 흰종이에 나타나는 상은 실상이다.(광선의 수렴에 의하여 만들어지므로)

(나) F의 왼쪽에 광원이 있을 때 렌즈의 오른쪽에 실상이 생긴다.

이곳에 흰종이를 놓아야 한다.

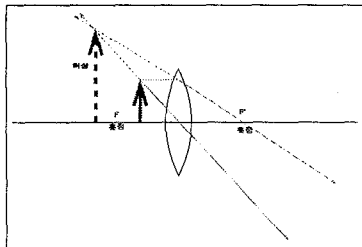


(다) F점에 광원이 있을 때 렌즈 오른쪽으로 나오는 빛은 평행광선이 되어 상을 맺지 않는다.



(라) F와 렌즈 사이에 광원이 있을 때 허상이 된다.

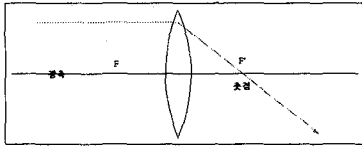
어느 곳에 종이를 놓아도 상이 맺히지 않는다.



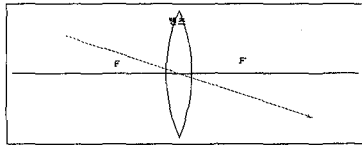
III. 참고 해설 및 교과서 관련 내용

(가) 상의 작도 요령

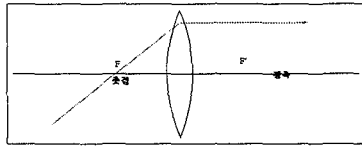
(A) 광축에 평행한 광선은 초점을 지난다.



(B) 렌즈의 중심을 지나는 광선은 꺾이지 않는다.



(C) 초점을 통과한 광선은 광축에 평행하게 진행한다.



이 세가지 규칙에 따라 그리면 상을 쉽게 그릴 수 있다.

(나) 렌즈에 의한 상의 형성을 공부하려면 「파동과 입자」 단원의 「반사와 굴절」 장에서 「렌즈」를 공부하시오.

(다) 오목 렌즈에 대하여 생각해 보자.

11번 문항

- ① 푸른 빛은 회절이 잘 일어나지 않으므로 무늬 간격 (D)는 좁아지고 세기 I_0 는 높아집니다. 풀이 해설과 참고 해설 (가)를 보시오.
- ② 푸른 빛은 회절이 잘 일어나지 않으므로 D가 좁아집니다. 풀이 해설 (가)를 보시오.
- ③ ①번을 참고하시오.

- ④ 푸른 빛의 경우 무늬 간격이 좁아지고 I_0 가 높아집니다.

풀이 해설과 참고 해설 (가)를 보시오.

- ⑤ 무늬 폭은 파장에 비례하고 I_0 는 파장에 반비례합니다.

심화학습을 보시오.

I. 출제 의도

-
- (가) 파장의 변화에 따른 회절 정도의 변화를 분석
 (나) 회절 데이터의 정성적인 해석
-

II. 풀이 해설 (정답 ①)

- (가) 파동의 회절하는 정도 D 는 파장 λ 에 비례하고 틈의 넓이 a 에 반비례한다.

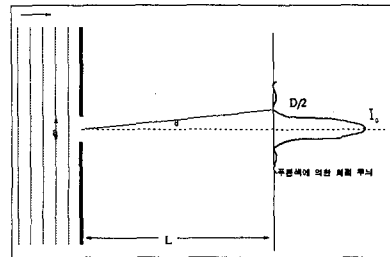
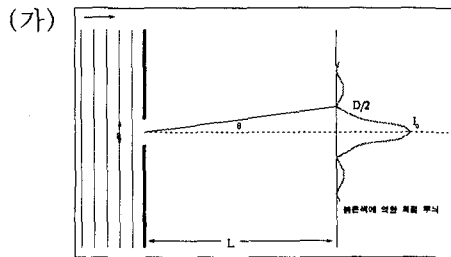
$$D \propto \frac{\lambda}{a}$$

- (나) 붉은색 파장 보다 푸른색 파장이 짧다.

그러므로 푸른색으로 바꾸면 D 가 좁아진다.

- (다) 빛의 에너지 총량은 일정하므로 D 가 좁아지면 I_0 가 커진다.

III. 참고 해설 및 교과서 관련 내용



붉은색의 파장 = $6.75 \times 10^{-7} m$

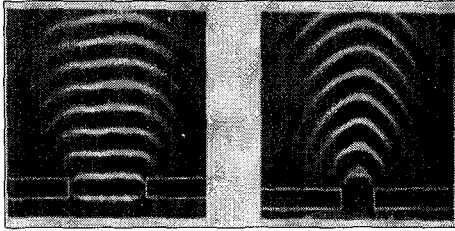
푸른색의 파장 = $4.65 \times 10^{-7} m$

회절 각도 $\theta = \frac{\lambda}{a}$

회절폭 $D = 2L \times \frac{\lambda}{a}$

- (나) 물리 I 「파동과 입자」 단원중 「파동의 간섭과 회절」 장에서 「파동의 회절」 또는 「빛의 회절과 간섭」을 보시오.

(다) 참고 자료



폭이 좁을 수록 회절이 크다.
 (출처: 물리 I, 엄정인, 정풍호,
 소광섭, 오희균, 금성교과서
 (주) p. 162)

더 자세히 알고 싶은 사람은 심화학습을 보시오.

☆ 심화 학습

(가) 파장과 회절 폭

파장 λ , 슬릿간격 a , 스크린까지의 거리 L

어두운 무늬 조건 : $a \sin \theta = n\lambda$, n 은 정수

$$\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{D}{2L} \text{ 이므로}$$

밝은 무늬의 폭 = 제 1 어두운 무늬들 간의 거리 : $D = \frac{2L}{a} \lambda$

중앙 밝은 무늬의 폭은 파장에 비례하므로 파장이 짧을수록 무늬 폭이 좁아진다.

(나) 파장과 회절된 빛의 세기

슬릿으로 입사한 빛의 세기 = 스크린 상 회절무늬들의 세기

그림 (나)에서 세기함수 $I(y, \lambda)$ 를 스크린 상에서 적분한 것임(그림에서 는 총면적에 해당함).

$$\text{빛의 세기} = \int_{-\infty}^{\infty} dy I(y, \lambda)$$

붉은 빛의 회절 세기 함수 = $I_R(\lambda_R, y)$,

푸른 빛의 회절 세기 함수를 $I_B(\lambda_B, y)$,

$$\int_{-\infty}^{\infty} dy I_R(y, \lambda_R) = \int_{-\infty}^{\infty} dy I_B(y, \lambda_B) = \text{일정}$$

붉은 빛이 푸른 빛에 비해 회절이 잘 일어남(잘 퍼지므로).

중앙의 밝은 무늬에 도달하는 빛의 양이 푸른빛에 비하여 적음.

$$\therefore \int_{-D_B/2}^{D_B/2} dy I_B(y, \lambda_B) > \int_{-D_R/2}^{D_R/2} dy I_R(y, \lambda_R)$$

그런데 $D_B < D_R$ 이고 $I(y)$ 가 우함수이므로 위의 조건을 만족하기 위해선 $I_B(0, \lambda_B) > I_R(0, \lambda_R)$ 일 수 밖에 없다.

답 : $D_B < D_R, I_B(0, \lambda_B) > I_R(0, \lambda_R)$

*단일 슬릿에서 빛의 회절에 대한 좀더 엄밀한 계산을 하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$I(y, \lambda) = \frac{\text{일정}}{\lambda} \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2, \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda} a \sin \theta \approx \frac{2\pi a}{\lambda r} y$$

중앙에서의 세기 : $I(0, \lambda) = \frac{\text{일정}}{\lambda}$

파장이 짧을수록 더 큰 값을 갖게 된다.

17번 문항

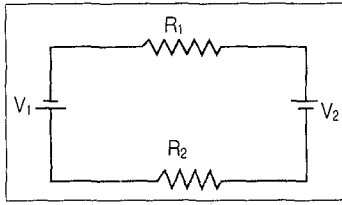
- ① 건전지와 저항이 모두 병렬로 연결되어 있으므로 동등한 회로가 아닙니다. 풀이 해설을 참조하십시오.
- ② 건전지들이 병렬로 연결되어 있으므로 동등한 회로가 아닙니다. 풀이 해설을 참조하십시오.
- ③ 저항은 직렬로 연결되어 있지만 건전지는 극이 바뀐 상태로 병렬연결되어 있으므로 동등한 회로가 아닙니다. 풀이 해설을 참조하십시오.
- ④ 저항이 병렬로 연결되어 있으므로 동등한 회로가 아닙니다. 풀이 해설을 참조하십시오.
- ⑤ 건전지, 저항들이 모두 직렬로 연결되어 있으므로 동등한 회로입니다. 풀이 해설을 참조하십시오.

I. 출제 의도

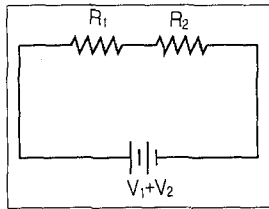
- (가) 저항의 연결 상태 구분
 - (나) 건전지의 연결 상태 구분
-

II. 풀이 해설 (정답 ⑤)

- (가) 이 실험 장치의 건전지와 저항을 회로도도로 표현하면 아래와 같다.
저항과 건전지가 각각 직렬로 연결.



(나) 저항과 전지가 모두 직렬로 연결되었음. 이와 동등한 전기 회로도

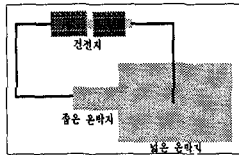


가 된다.

(다) 답지중 ①, ②, ③, ④는 병렬연결을 포함하고 있어서 동등한 회로가 아님.

III. 참고 해설 및 교과서 관련 내용

(가) 동등한 회로를 실물로 표현해 보자.



(나) 전지와 저항의 연결을 공부하려면 물리 I 「전기와 자기」단원의 「전하와 전류」장에서 「저항의 연결」과 「전지의 기전력」을 보시오.

18번 문항

- ① 그래프에서 최대 전력이 나타나는 저항값을 찾고 $R = \rho \frac{L}{A}$ 를 이용하면 저항을 구할 수 있습니다.
- ② 참 잘했군요. 자세한 것은 풀이 해설을 참조하십시오.
- ③ ① 번을 참고하여 다시 풀어 봅시다.

- ④ ① 번을 참고하여 다시 풀어 봅시다.
- ⑤ ① 번을 참고하여 다시 풀어 봅시다.

I. 출제의도

- (가) 주어진 자료에서 저항과 전력의 관계를 해석할 수 있다.
- (나) 저항의 크기가 도선 단면의 넓이와 도선의 길이의 관계를 알 수 있다.

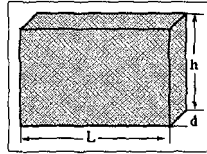
II. 풀이 해설 (정답 ②)

최대 전력 소비때 $R_1 = 0.4\Omega$ 임을 본다.

· 저항(R), 단면적(A), 길이(L)의 관계

$$R_1 = \rho \frac{L}{A} = \text{비저항} \times \frac{\text{길이}}{\text{단면적}}$$

$$A = d \cdot h = \text{폭} \cdot \text{높이}$$



· $L = 5 \text{ cm}, d = 1.0 \text{ mm} = 0.1 \text{ cm}, R = 0.1 \Omega.$

$$\therefore 0.1 = \rho \frac{5}{0.1 h} \quad \therefore \frac{\rho}{h} = 0.002$$

· $L = 10 \text{ cm}, R = 0.4 \Omega, d = ?$

$$0.4 = \frac{\rho}{h} \times \frac{10}{d} = 0.002 \times \frac{10}{d}$$

$$d = 0.05 \text{ cm} = 0.5 \text{ mm}$$

III. 참고 해설 및 교과서 관련 내용

(가) 저항과 전력관계 그래프를 이해해 보자(이과 학생용).

$$P = i^2 R_1$$

회로에 흐르는 전류는 $i = \frac{V}{R_1 + R_2} = \frac{3.0}{R_1 + R_2}$ 이고

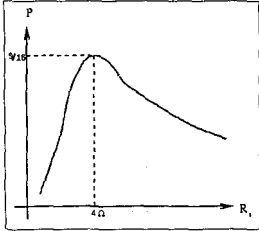
R_1 에서 소비 전력 : $P = \frac{9R_1}{(R_1 + R_2)^2}$ (1)이다.

최대전력은 $\frac{dP}{dR_1} = 0$ 에서

$$\frac{dP}{dR_1} = 9 \frac{R_1 - R_2}{(R_1 + R_2)^2} = 0$$

$\therefore R_1 = R_2$ 일 때 최대 소비 전력이 생긴다.

(1)을 그래프로 그려보면



이다.

(나) 전류가 하는 일을 이해하려면 물리 I의 「전기와 자기」단원의 「전류의 열작용」중에서 「전류의 열작용」을 공부하시오.

*그래프를 이해하려면 수학 I의 「미분법」에서 「극대·극소와 최대·최소」를 공부하시오.

30번 문항

① 집의 온도가 계속 오를 수 없다.

발열량 $P_0 =$ 열 손실량(H)인 경우 온도는 더이상 오르지 않는다.

② 철수집의 열 손실율이 작으므로 온도가 더 빨리 올라가다가 $P_0 = H$ 일 때 일정하게 된다. 풀이 해설을 참조하시오.

③ 철수집은 열 손실이 적으므로 온도가 더 높아야 된다.

④ (들어오는 열량 < 방출되는 열량)일 때 온도가 떨어지는데, 이 문제에서는 그러한 경우 (들어오는 열량 \geq 방출되는 열량)이어서 그러한 경우가 있을 수 없다.

⑤ ①과 마찬가지로 계속 온도가 상승하는 것은 있을 수 없다. 계속 증가하게 되는 경우이다.

I. 출제 의도

(가) 열의 이동에 대한 수학적인 관계식을 구할 수 있다.

(나) 열 접촉하는 계에서 에너지 보존법칙을 적용할 수 있다.

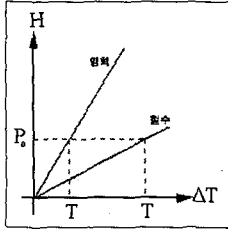
(다) 변화율로부터 변화량을 추정할 수 있다.

II. 풀이 해설 (정답 ②)

(가) 온도 상승 속도 : 철수집의 열손실이 적다.

따라서 온도가 더 빨리 올라간다.

(나) 평형온도 : $P_0 = H$ 일 때 평형이 된다.



철수집이 더 높은 온도까지 올라간다.

III. 참고해설 및 교과서 관련 사항

(가) 정량적 풀이

어떤 시간 동안 실내에 남아있는 열량 = 들어오는 열량 - 나가는 열량
 집에서 방출된 열량은 실외 공기온도에 전혀 영향을 주지 않으므로

$$\Delta T(t) = T(t) - T_0$$

로 잡을 수 있다. 여기서 T_0 는 실외 공기의 온도이고 실내외 온도차의 원인은 실내 온도의 변화이다.

$$\Delta Q = P_0 \Delta t - H(T) \Delta t$$

$$\Delta Q = \text{공기의비열} \times \text{공기의질량} \times [T(t + \Delta t) - T(t)] = c_0 \times M_0 \times \frac{dT}{dt} \Delta t$$

$$H(T) = h_i \Delta T, \quad h_i: \text{각각의 열량 방출률}(1 = \text{영희}, 2 = \text{철수})$$

$$c_0 M_0 \frac{dT}{dt} = P_0 - h_i (T - T_0)$$

$$\frac{dT}{dt} + \frac{h_i}{c_0 M_0} T = \frac{P_0 + h_i T_0}{c_0 M_0}$$

$$\text{방정식의 해} : T(t) = T_0 + \frac{P_0}{h_i} (1 - e^{-\frac{h_i}{c_0 M_0} t})$$

영희 집의 방출률이 철수 집의 방출률에 비해 크기 때문에 $h_1 > h_2$ 이고, 따라서 상당한 시간이 흐른 후($t \rightarrow \infty$) 실내외의 온도차는

$$\Delta T_{\text{영희}} = \frac{P_0}{h_1} < \Delta T_{\text{철수}} = \frac{P_0}{h_2} \text{가 된다.}$$

(나) 에너지 보존법칙을 공부하려면 「운동과 에너지」단원의 「에너지」장에서

「열과 에너지 보존」절의 「열에너지와 에너지 보존법칙」을 공부하시오.
 변화율과 변화량에 대한 기초적인 내용을 공부하려면 「운동과 에너지」 단
 원의 「물체의 운동」장에서 「속도」절의 「속력과 속도」를 보시오.

31번 문항

- ① 30번 문제의 결과로부터 시간이 흐르면 집안의 온도가 상승하여
 발열량(P_0) = 손실량(H)이다. 그런데 보기에서 $P_0 \neq H$ 이므로 잘못된 것임.
- ② ①번을 참조하시오
- ③ ①번을 참조하시오.
- ④ 시간이 흐를 수록 열 손실율이 증가하여 영희 집의 손실율 = 철수 집의 손실율
 = P_0 이 된다. 풀이를 참조하시오.
- ⑤ ①번을 참조하시오.

I. 출제 의도

- (가) 주어진 자료를 해석하여 30번 결과에 적용하여 방출되는 열량을 정상적으로 비교할 수 있다.
- (나) 열평형의 원리를 적용할 수 있다.

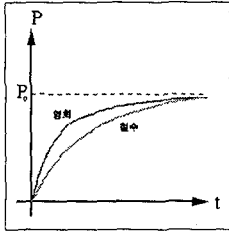
II. 풀이 해설 (정답 ④)

- (가) $P_0 = H$ 되는 온도일 때부터 열 손실량은 P_0 로 일정하다(온도도 일정하다).
 그러므로 ④번만이 정답이다.
- (나) 영희네 집은 열 방출이 많다.

III. 참고 해설 및 교과서 관련 사항

(가) 정량적 풀이

30번 문제에서 $\Delta T = \frac{P_0}{h_i} (1 - e^{-\frac{h_i}{c_0 M_0} t})$ 이므로, 단위 시간당 방출되는 열
 량은 $H(t) = h_i \Delta T(t) = P_0 (1 - e^{-\frac{h_i}{c_0 M_0} t})$ 이다. 여기에 $h_1 > h_2$ 조건을 적용하
 면 영희 집의 방출율이 철수집의 방출율보다 빠르게 증가하다가 둘다 P_0
 에 접근하게 됨을 알 수 있다.



(나) 에너지 보존법칙과 열 평형을 공부하려면 「운동과 에너지」 단원의 「에너지」장에서 「열과 에너지 보존」절의 「열에너지와 에너지 보존법칙」을 공부하시오.

(2) 물리(자연계열)

34번 문항

- ① 에너지 보존과 전환에서 위치에너지 + 운동 에너지 + 열에너지 = 일정이다.
보기의 계산에서는 운동에너지 + 열에너지 = 일정을 써서 열에너지로 전환된 양을 계산했다. 그러므로 위치에너지가 운동에너지로 전환되는 것을 사용하지 않았는데, 이것은 곧 위치에너지를 무시할 수 있다는 가정을 전제로 한 것이다.
- ② ①번을 참조하시오.
- ③ 역학적 에너지(운동 에너지 + 위치 에너지)가 보존된다면 열이 발생할 수 없다.
- ④ 3%만이 운석의 온도를 높였고, 나머지는 빛과 열 등으로 방출되었다.
- ⑤ 온도의 변화량을 계산할 때 일정한 비열 값을 썼다.

I. 출제 의도

- (가) 에너지 보존법칙을 운동마찰에 의하여 열이 발생하는 상황에 적용할 수 있다.
- (나) 주어진 풀이 과정에 어떠한 가정들이 전제되어 있는지 에너지 보존법칙으로 분석할 수 있다.
- (다) 물리학과 지구과학의 통합 교과적 문제이다.

II. 풀이 해설 (정답 ③)

(가) 주어진 자료

운석의 질량 : 20g, 대기권 진입 속도 : 40,000m/s, 철의 비열 : 450J/kg.K,

철의 녹는점 : 1800K 계산 과정

운동에너지의 3%만이 운석의 온도를 높이는데 사용되었다고 가정하면

$0.03E_k = c_{\text{철}} M_{\text{철}} \Delta T = \Delta Q$ 의 관계를 쓸 수 있고

$$E_k = \frac{1}{2} \times 2.0 \times 10^{-2} \times (4.0 \times 10^4)^2, \quad \Delta Q = 450 \times 2.0 \times 10^{-2} \times \Delta T$$

∴ 결론

$$\Delta T = 0.03 \frac{E_k}{c_{\text{철}} M_{\text{철}}} \approx 5.3 \times 10^4 K \text{가 되어 운석이 다 녹아버린다.}$$

(나) 정량적 해석

대기권 진입 순간 운석의 역학적 에너지

$$E_0 = E_{K0} + E_{P0} = \frac{1}{2} m v_0^2 - \frac{GMm}{r_0}, \quad r_0 : \text{중심에서 대기권 상부까지의 거리}$$

운석이 녹기전까지 대기권 내에서 운석의 운동에 의한 에너지

= 운석의 역학적 에너지 + 열 에너지

$$E_1 = E_{K1} + E_{P1} + Q_1 + Q_2 = \frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{GMm}{r_1} + Q_1 + Q_2,$$

Q_1 : 운석의 열에너지, Q_2 : 공기중으로 방출된 열에너지

에너지 보존법칙을 적용

$$Q_1 = E_0 - E_1 - Q_2 = \frac{1}{2} m (v_0^2 - v_1^2) + \frac{GMm}{r_1} - \frac{GMm}{r_0} - Q_2 \text{이다.}$$

$Q_1 = c_{\text{철}} M_{\text{철}} \Delta T = 0.03 \times E_{K0}$ 로 잡으면

$$\Delta T = 0.03 \frac{E_k}{c_{\text{철}} M_{\text{철}}} \approx 5.3 \times 10^4 K$$

III. 참고해설 및 교과서 관련 사항

(가) 에너지의 전환과 보존법칙을 이해하려면 물리 I의 「운동과 에너지」 단원의 「에너지」장에서 「역학적 에너지 보존」과 「열과 에너지 보존」절을 보시오.

(나) 중력장에서 물체의 운동을 이해하려면 지구과학 I의 「우주」 단원의 「태양계」장에서 「태양계내의 작은 천체들」을 보시오.

40번 문항

- ① 송신소 안테나의 전자기파 발생은 전자기 유도 현상에 기인함.
- ② 오음의 법칙이다.
- ③ 도선 전류에 의한 자기장의 형성 : 시간적으로 변하지 않는 정적인 현상이므로 전자기 유도와 다르다.
- ④ 시간적으로 변하지 않는 정적인 현상이므로 전자기 유도와 다르다.
- ⑤ 전류간에 작용하는 힘이며 전자기 유도가 아니다.

I. 출제 의도

전자기 유도와 관련된 일상적인 현상을 알고 있는지를 알아보기 위한 것임.

II. 풀이 생략 (정답 ①)

III. 참고 해설 및 교과서 관련 사항

(가) 전자기 유도를 이해하려면 물리 I 에서 「전기와 자기」 단원의 「전류의 자기 작용」장에서 「전자기 유도」를 공부하시오.

(나) 정전기에 의한 전기장, 전류에 의한 자기장, 가속 운동하는 전하들에 의한 전자기장이 나타나는 물리적 상황들에 대한 구별을 요하는 문제임.

45번 문항

- ① 풀이를 참고하시오.
- ② 풀이를 참고하시오.
- ③ 풀이를 참고하시오.
- ④ 풀이를 참고하시오.
- ⑤ 풀이를 참고하시오.

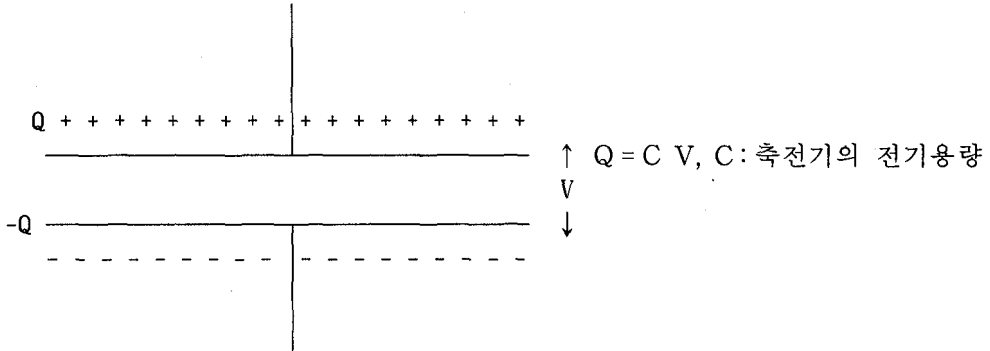
I. 출제 의도

(가) 축전기에 충전되는 전하량, 전기용량, 전위차의 관계를 적용

(나) 물리, 화학, 생물 통합 문제

II. 풀이 해설 (정답 ④)

(가) 축전기의 전하량, 전기 용량, 전위차의 관계

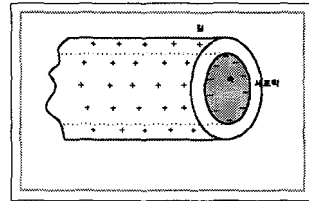


(나) 세포막에서 전하의 이동

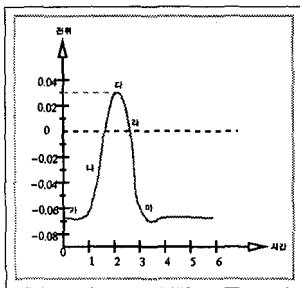
1. 세포막에 의한 분극(중성인 세포의 분극과정)

세포 외부 : Na^+ , Cl^-

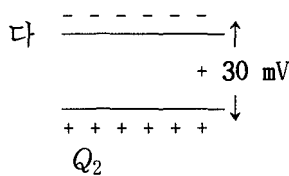
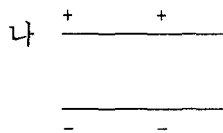
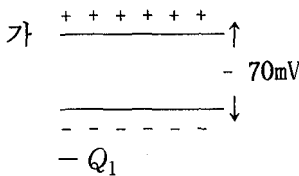
세포 내부 : K^+ , 약간의 Cl^- , 단백질 음이온 농도차에 의하여 외부의 Na^+ , Cl^- 는 세포막을 통하여 내부로 들어오고 내부의 K^+ 는 외부로 나감. 단백질 음이온은 막을 통과하지 못함.

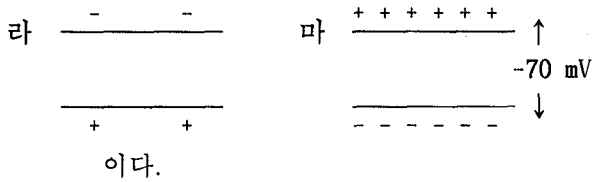


2. 자극의 전달과 전하의 이동



위의 5 단계를 축전기 회로로 나타내면





(가) 단계 → (다) 단계

축전기의 금속판에 모이는 양전하 : $Q_1 + Q_2$

$Q_i = CV_i$, C = 축전기의 전기용량

$$Q_1 + Q_2 = C(0.03 + 0.07) = 1.0 \times 10^{-7} \text{ C/cm}^2$$

세포막을 통하여 외부에서 내부로 (+)이온이 $1.0 \times 10^{-7} \text{ C/cm}^2$ 이동.

3. 이동한 (+)이온의 수

$$1 \text{ 페라데이} = \text{전자 1몰의 전하량} = 9.6 \times 10^4 \text{ C}$$

$$\frac{\text{세포막을 통과한 (+)이온의 몰 수}}{\text{몰/cm}^2} = \frac{Q_1 + Q_2}{9.6 \times 10^4} = \frac{1.0 \times 10^{-7}}{9.6 \times 10^4} \approx 1.0 \times 10^{-12}$$

Ⅲ. 참고 해설 및 교과서 관련사항

- 축전기의 특성을 이해하려면 「전기와 자기」의 「축전기」와 「전기 용량」을 보시오.
- 실생활의 응용 예 : 카메라의 플래쉬 섬광

46번 문항

- ① 풀이 해설을 참고하십시오.
- ② 풀이 해설을 참고하십시오.
- ③ 풀이 해설을 참고하십시오.
- ④ 풀이 해설을 참고하십시오.
- ⑤ 풀이 해설을 참고하십시오.

I. 출제 의도

운동량 보존 법칙을 써서 물체의 속도를 계산할 수 있다.

II. 풀이 해설 (정답 ④)

(가) 오징어의 질량 M , 순간 속력 V , 분사한 물의 질량 m , 분사 속력 v
운동량 보존법칙에 의해

$$MV = mv$$

$$\therefore V = \frac{m}{M}v$$

(나) <보기>에서 (ㄴ)과 (ㄷ)을 알면 V 를 구할 수 있다.

(다) 축색돌기가 근육에 전달한 에너지는 오징어 내부의 신호전달 및 운동에 관련된 에너지로서 오징어 전체의 운동을 결정하는 이 문제에서는 필요 없다.

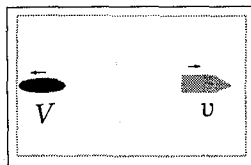
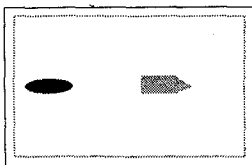
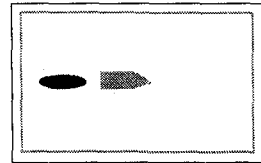
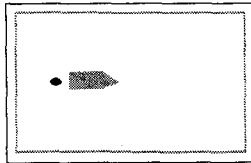
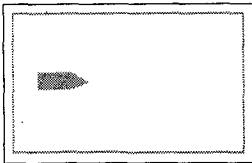
III. 참고 해설 및 교과서 관련 사항

(가) 심화 학습

① 물을 분사하는 동안 운동량과 충격량의 관계

$$\vec{F} \Delta t = \Delta \vec{p}$$

오징어의 운동에서 처음 질량 : M , 물을 분사하는 속도 : 오징어를 기준으로 $-V$, Δv : 오징어의 속도 변화량, Δm : 오징어의 질량 변화량, $-V$: 물 분사 속력



$$\Delta t \text{ 시간 후의 운동량 : } p_2 = (m + \Delta m)(v + \Delta v) - \Delta m(v - V)$$

$$t \text{ 시간에서의 운동량 : } p_1 = mv$$

$$\text{충격량 관계식 : } F \Delta t = m\Delta v + V\Delta m$$

$$\text{운동 방정식 : } m \frac{dv}{dt} = -V \frac{dm}{dt} + F$$

그런데 이 문제의 경우 물에 의한 마찰력이 존재하지만 분사하는 동안 분사에 의한 추진력 보다 매우 작다고 볼 수 있다.

$F \ll$ 분사에 의한 추진력

따라서 방정식은 $m \frac{dv}{dt} = -V \frac{dm}{dt}$ 가 되고, 이를 적분하면

$v(t) = v_0 + V \log \frac{M}{m(t)}$ 이고, 초속도를 0이라고 하면

$v(t) = V \log \frac{M}{m(t)}$ 이 된다.

② 분사가 끝난 후 ($t > t_0$) 물의 마찰력이 중요해지므로 운동 방정식은

$$(1-a)M \frac{dv}{dt} = -bv$$

aM : 분사가 끝난 후 오징어의 질량, $-bv$: 물의 마찰력

해 : $v = V \log \frac{1}{1-a} e^{\frac{-b}{(1-a)M}(t-t_0)}$, t_0 : 분사가 끝나는 시간

오징어가 물을 모두 분사한 순간(t_0) 최대속도 $v_{\text{최대}} = V \log \frac{1}{1-a}$ 를 갖게 된다.

$a \ll 1$ 이라면 $v_{\text{최대}} = V \log \frac{1}{1-a} \approx aV$ 로 근사되어 앞의 정성적 풀이 결과와 일치한다.

③ 최대 속력을 추정하는데 필요한 정보

오징어가 물을 분사하는 속도 = V , 오징어가 분사하는 물의 총량 = aM

(나) 운동량 보존 법칙을 이해하려면 물리Ⅱ의 「힘과 운동」 단원의 「운동량 보존」장에서 「운동량 보존」을 보시오.

<Abstract>

Internet Based Explanation Scheme for Physics Problems of the '97 Scholastic Ability Test

Soh, Kwang-Sup · Shin, Hak-Soo

Explanation on physics problems of the '97 Scholastic Ability Test is presented through the Internet. The presentation was provided via six-steps : (1) student's trial choice among the five answers (2) simple evaluation and brief explanation (3) objective of the problem (4) procedure of solving the problem (5) supplementary explanation and reference material (6) further higher level explanation.

In order to make use of the characteristics of the internet-communications we make sentences short and simple, divide the contents into small units, and emphasize key points by visual means. We also utilize figures, pictures and animations.