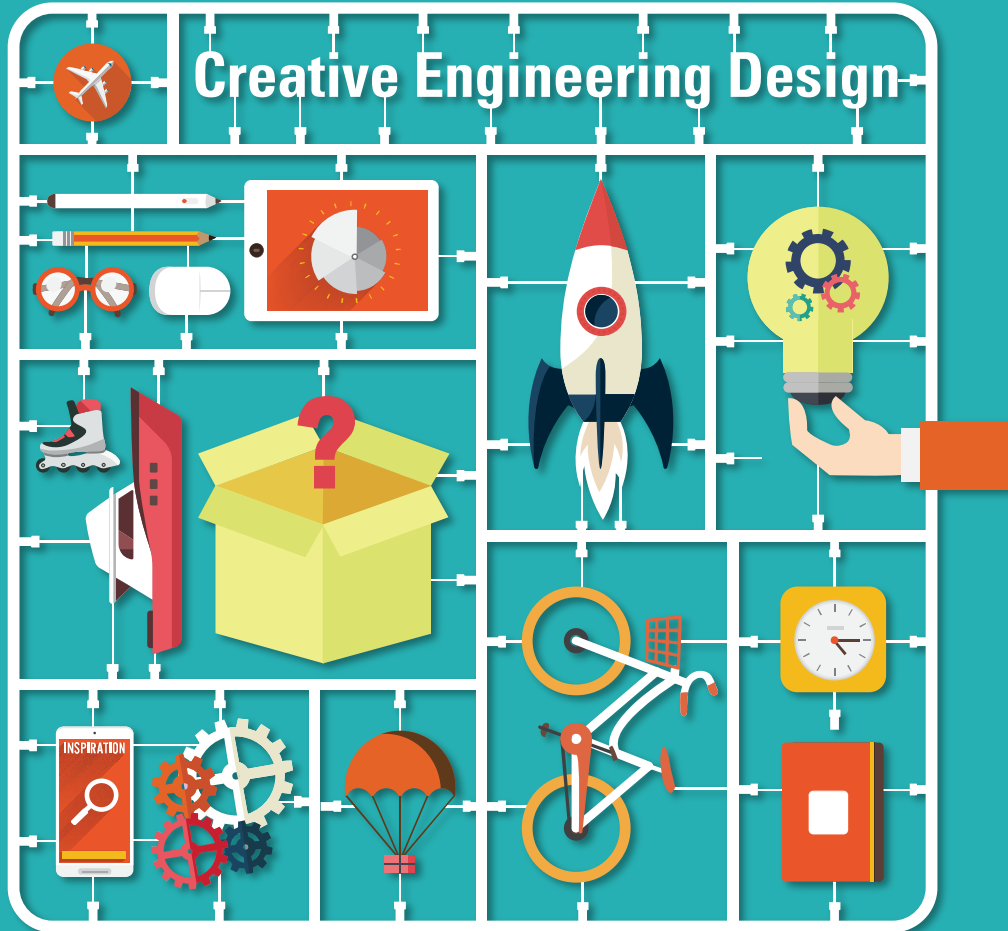


“본 강의 동영상 및 자료는 대한민국 저작권법을 준수합니다. 본 강의 동영상 및 자료는 상명대학교 재학생들의 수업목적으로 제작·배포되는 것이므로, 수업목적으로 내려받은 강의 동영상 및 자료는 수업목적 이외에 다른 용도로 사용할 수 없으며, 다른 장소 및 타인에게 복제, 전송하여 공유할 수 없습니다. 이를 위반해서 발생하는 모든 법적 책임은 행위 주체인 본인에게 있습니다.”



공학설계와 문제해결

Introduction to Engineering Design

공학설계입문

이번 주 강의 개요

이번 주에는 공학설계와 문제해결에 관련된 아래와 같은 주제들을 살펴봅니다.

- 공학설계에 있어서의 발명과 혁신
- 공학적 문제해결의 방법
- 열린 사고력 문제해결



공학설계에 있어서의 발명과 혁신

혁신적 발상으로 개발된 최초의 디지털카메라

- 전통적으로, 미국 코닥(Kodak)은 더 저렴한 필름을 만드는데 주력

- 연구원 스티브 새손(Steve Sasson)의 창의적 발상
 - “필름이라는 것도 결국 무엇인가를 ‘담는’ 것인데, 필름 외에도 다른 종류의 ‘담는 것’이 존재하지 않을까?”
 - 1975년 CCD 이미지 센서와 카세트테이프를 이용한 최초의 디지털 카메라 프로토타입을 개발



그림 3.1 세계 최초의 디지털카메라와 개발자

- 하지만 코닥은 계속해서 아날로그 필름 분야에 집중
 - 초기 프로토타입에 대한 임직원의 반응: “좋기는 한데, 아무에게도 얘기하지 마세요~”
 - 저가에 카메라를 팔고, 고가의 필름으로 이윤을 채우는 전략을 가졌기 때문
 - 이후 코닥은 15년 넘게 디지털카메라를 상용화하지 않음
- 디지털카메라 시장에서 캐논, 니콘, 올림푸스에 밀리던 코닥은 결국 2012년 파산보호 신청
 - 카메라 사업부는 JK IMAGING에 매각

혁신적 발상으로 개발된 최초의 디지털카메라

- [The Digital Camera | INVENTORS | PBS Digital Studios - YouTube](#)



스푸트니크 쇼크가 바탕이 된 미국 공학 발전의 토대

- 1957년 소련이 스푸트니크(Sputnik) 1호를, 1년 뒤 미국이 익스플로러(Explorer) 1호 발사를 성공
 - 러시아의 COVID-19 백신 '스푸트니크 V'의 이름도 여기에서 따온 것
- 미국의 '스푸트니크 쇼크'
 - 소련보다 과학 기술에서 뒤쳐짐을 의미
 - 대륙을 넘어선 로켓 기술을 소련이 먼저 보유
→ 미사일 선제공격에 대한 공포와 위기감
- 스푸트니크 쇼크 이후 미국
 - NASA 창설
 - 기초학문 교육 중시 및 창의성 강조
 - 탄도 미사일 대응 방안 중 하나로 알파넷 개발 → 인터넷으로 발전
 - 국방부의 폴라리스 계획 (잠수함 발사 탄도 미사일 계획) 시작 → 이후 PERT 기법 탄생
- 위와 같은 변화를 통해, 미국은 창의적이고 높은 수준의 공학 기술 발전을 이룩



그림 3.2 스푸트니크 1호

스푸트니크V 백신

- [스푸트니크V에 대해 제대로 알아보자 \[닥터유의 건강이야기\] - YouTube](#)



세계가 주목하는 디자인 혁신 기업 IDEO(아이디오)

IDEO

- 1991년에 세워진 세계 최고 수준의 디자인 혁신 기업
 - 산업디자인 뿐 아니라 인간공학, 기계공학, 전자공학, 컴퓨터공학 등 다양한 전공 분야의 직원으로 구성
- 주요 성과
 - 매년 90여 개의 신제품을 디자인하고, 현재까지 3천여 개 제품을 디자인
 - 애플 최초의 마우스, 삼성 모니터, 현대카드 시리즈 등
 - 마이크로소프트, 펍시콜라, 삼성 등이 주요 고객



그림 3.3 IDEO의 브레인스토밍하는 장면



그림 3.4 IDEO의 근무 장면

- IDEO의 design thinking
 - 창의적 문제 해결 방법
 - '사용자가 진짜로 원하는 것'을 만들도록 결정하는 데 목적이 있음
 - [IDEO U | What is Design Thinking? - YouTube](#)



'15% 규칙'을 이용한 혁신적 발명품 포스트잇 사례

- 1970년 2년차 연구원 스펜서 실버(S. Silver) 연구원의 개발 실패 사례
 - 의도와 다르게 강하게 붙지도 않고 끈적거리지도 않는 특이한 접착제가 개발되어, 사내 세미나에서 공유
- 1974년 테이프사업부의 아서 프라이(Arthur Fry)가 연구에 착수
 - 찬송가 사이에 끼워둔 종이에 풀을 붙였더니, 잘 떼어지지도 않고 떼어낸 자국이 너무 선명했음
 - 스펜서 실버의 샘플을 받아 보완/연구하기 시작
- 1977년 포스트잇이 최종 개발 완료되어 시장에 출시

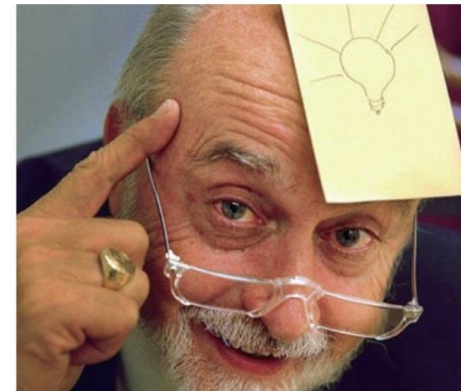


그림 3.6 개발자 아서 프라이와 포스트잇

'15% 규칙'을 이용한 혁신적 발명품 포스트잇 사례

- 포스트잇의 성공 요인
 - 두 연구원의 끈질긴 개발 집념
 - 실패한 개발 결과를 떳떳하게 발표할 수 있었던 3M의 분위기
 - 3M의 '15% 규칙' : 업무시간의 15%를 아이디어 구상에 사용
- 포스트잇의 성공 이후 3M사는 접착제, 광학필름, 스카치테이프 등 수많은 혁신 제품 개발

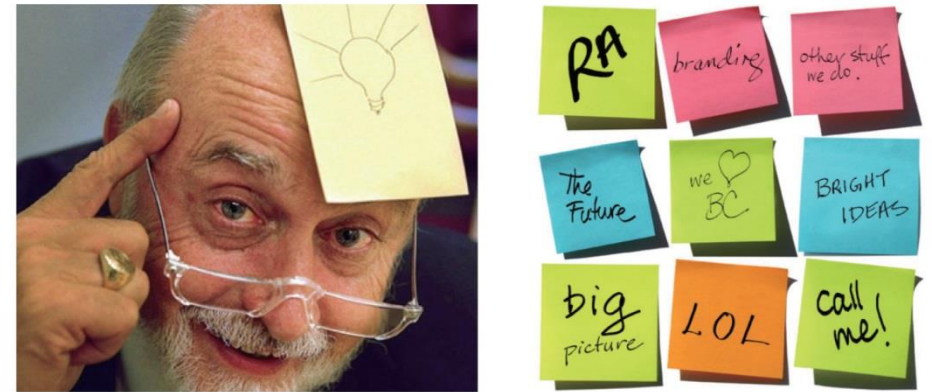
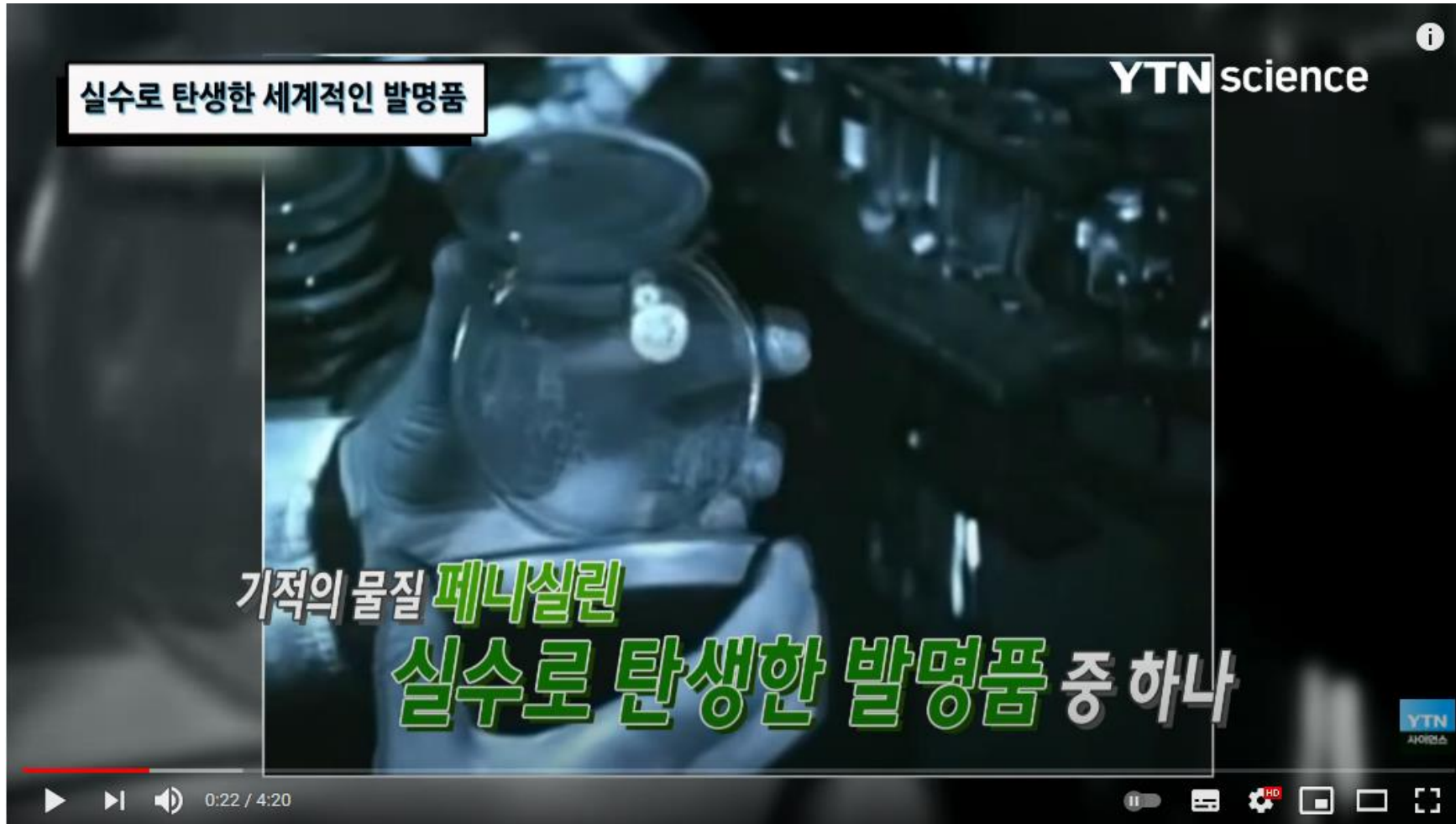


그림 3.6 개발자 아서 프라이와 포스트잇

포스트잇을 비롯해, 실수로 탄생한 세계적인 발명품들

- [실수로 탄생한 세계적인 발명품 / YTN 사이언스 - YouTube](#)



창의적 아이디어의 발상을 통한 공학문제 해결 – 계란 낙하 실험

- [문제] 어느 정도 높이에서 계란을 낙하시켰을 때 계란이 깨지지 않는 방법을 설계하시오.
- [해결 과정 1] 브레인스토밍을 통해 아이디어 창출

- 스티로폼 감싸기
- 낙하산 이용
- 풍선 감싸기
- 탄력 있는 빨대 이용
- 완충재 둘둘 말기
- 공공 열린 계란 떨어뜨림
- 상승기류 이용
- 용기에 넣어 떨어뜨림

- 바닥을 푹신푹신하게
- 얇은 판으로 충격 완화
- 물 위에 떨어뜨림
- 나무젓가락의 입체 구조
- 떨어지는 계란 잡기
- 1cm 높이에서 떨어뜨림
- 사람이 같이 떨어짐
- 달에 가서 시행

창의적 아이디어의 발상을 통한 공학문제 해결 – 계란 낙하 실험

- [문제] 어느 정도 높이에서 계란을 낙하시켰을 때 계란이 깨지지 않는 방법을 설계하시오.
- [해결 과정 2] 창출된 아이디어를 분류

- 스티로폼 감싸기
- 낙하산 이용
- 풍선 감싸기
- 탄력 있는 빨대 이용
- 완충재 둘둘 말기
- **공공 열린 계란 떨어뜨림**
- 상승기류 이용
- 용기에 넣어 떨어뜨림

- 바닥을 푹신푹신하게
- 얇은 판으로 충격 완화
- 물 위에 떨어뜨림
- 나무젓가락의 입체 구조
- 떨어지는 계란 잡기
- 1cm 높이에서 떨어뜨림
- 사람이 같이 떨어짐
- 달에 가서 시행

계란 자체의 변형
계란에 무엇인가 부착
주변 환경 변형

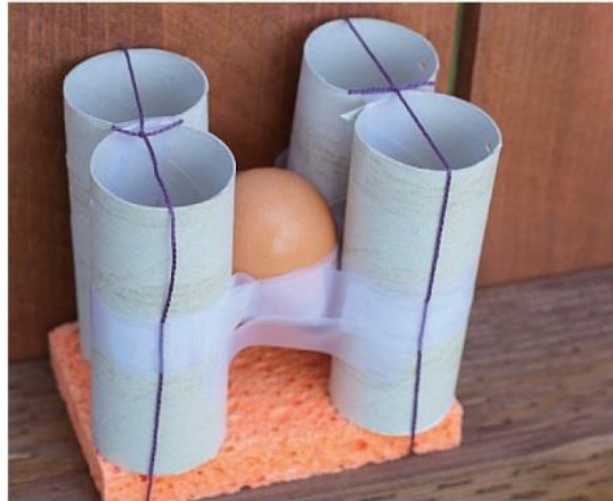
창의적 아이디어의 발상을 통한 공학문제 해결 – 계란 낙하 실험

- [문제] 어느 정도 높이에서 계란을 낙하시켰을 때 계란이 깨지지 않는 방법을 설계하시오.
- [해결 과정 3] 계란 낙하실험 (Egg drop experiment)
 - 계란을 낙하시켰을 때 깨지지 않는 방법을 설계하고 구현
 - 높은 사다리 또는 3층 정도의 건물에서 계란 낙하



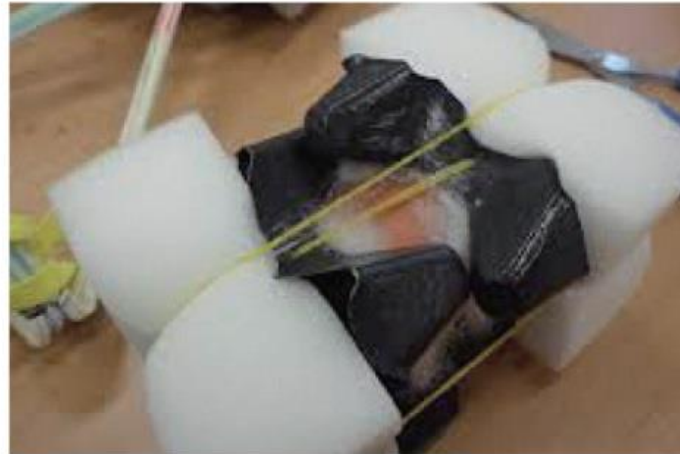
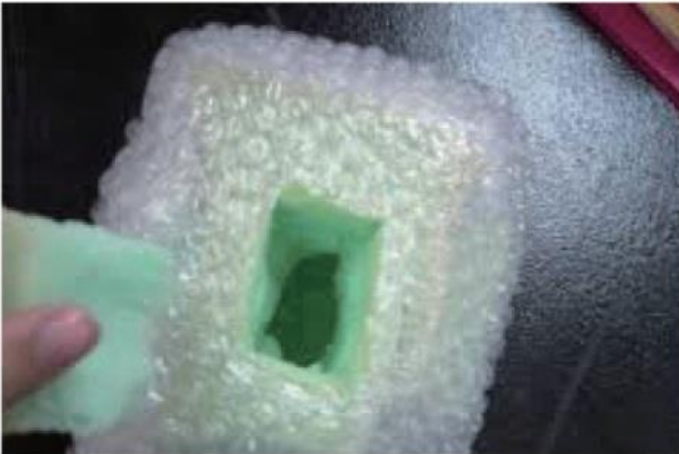
창의적 아이디어의 발상을 통한 공학문제 해결 – 계란 낙하 실험

- [해결 방안 1] 완충재 역할을 하는 것으로 계란을 감싸, 낙하시 충격을 완화하는 방법



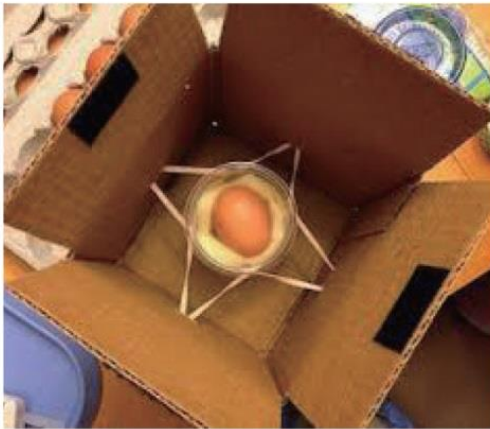
창의적 아이디어의 발상을 통한 공학문제 해결 - 계란 낙하 실험

- [해결 방안 2] 실제 완충재 재질로 계란을 감싸, 낙하시 충격을 완화하는 방법



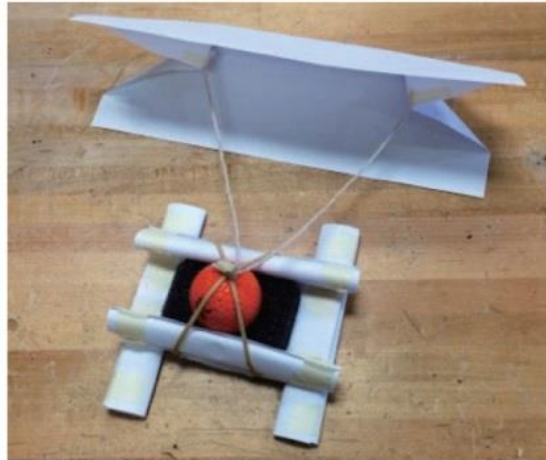
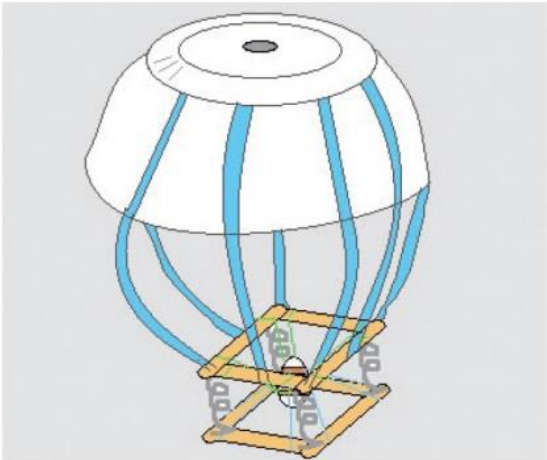
창의적 아이디어의 발상을 통한 공학문제 해결 – 계란 낙하 실험

- [해결 방안 3] 용기에 담고, 추가적으로 이쑤시개나 끈 등으로 고정하는 아이디어



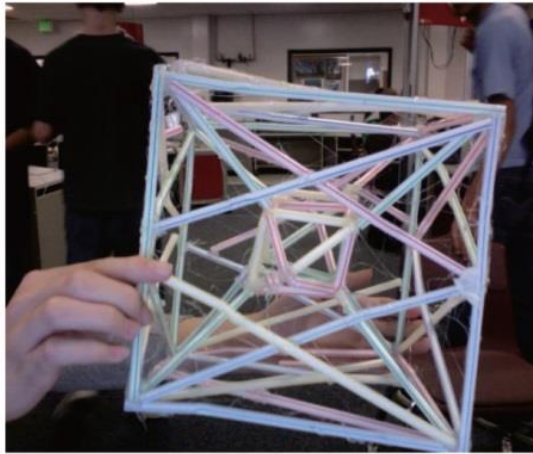
창의적 아이디어의 발상을 통한 공학문제 해결 – 계란 낙하 실험

- [해결 방안 4] 낙하산을 활용, 계란의 낙하 속도를 감소시키는 아이디어



창의적 아이디어의 발상을 통한 공학문제 해결 - 계란 낙하 실험

- [해결 방안 5] 빨대를 이용하는 방법



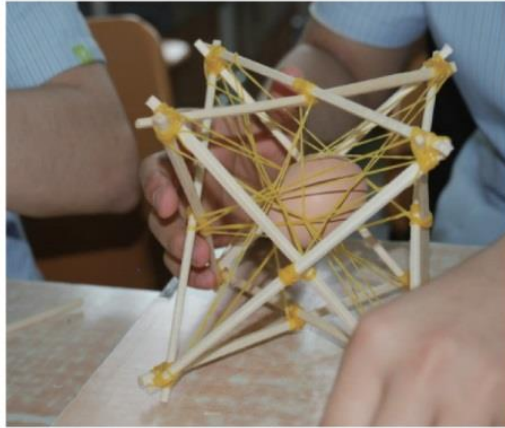
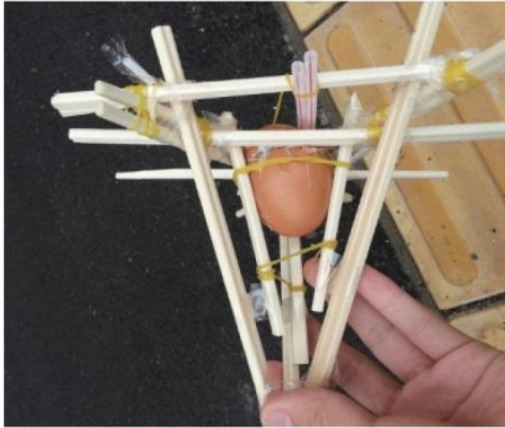
창의적 아이디어의 발상을 통한 공학문제 해결 – 계란 낙하 실험

- [해결 방안 6] 풍선을 이용, 낙하산과 유사한 효과를 기대하는 방법



창의적 아이디어의 발상을 통한 공학문제 해결 – 계란 낙하 실험

- [해결 방안 7] 이쑤시개나 나무젓가락으로 입체적인 구조를 만들어 충격을 완화하는 방법



낙하에 강한 스마트폰

- [DROID Turbo2: 모토로라 드로이드 터보2 드롭테스트-\[스나이퍼 리뷰\] - YouTube](#)



공학적 발명과 혁신

- 발명(invention)
 - 지식이나 법칙을 이용하여 새로운 방법이나 수단을 만들어내는 것
 - 연구와 실험을 통해 처음으로 만들어진 장치나 과정
- 혁신(innovation)
 - 새로운 아이디어를 적용하여 기존 시스템의 성능을 향상시키는 것
 - 기존에 있는 장치나 과정을 새로운 아이디어로 개선하는 일
- 미국의 'MIT 미디어 랩' 소장을 지낸 프랭크 모스 박사
 - "발명은 새로운 생각과 기술을 고안하고 창의적으로 만들어내는 일"
 - "혁신은 발명된 생각과 기술을 현실 세계에 쓰이게 만드는 것"

**Invention Creates
Innovation Solves**

공학적 발명과 혁신

- 발명과 혁신의 예
 - 1879년 에디슨이 최초의 탄소 필라멘트 백열전구 발명
 - 이후 형광전구, 할로겐전구, LED 전구 등으로 혁신

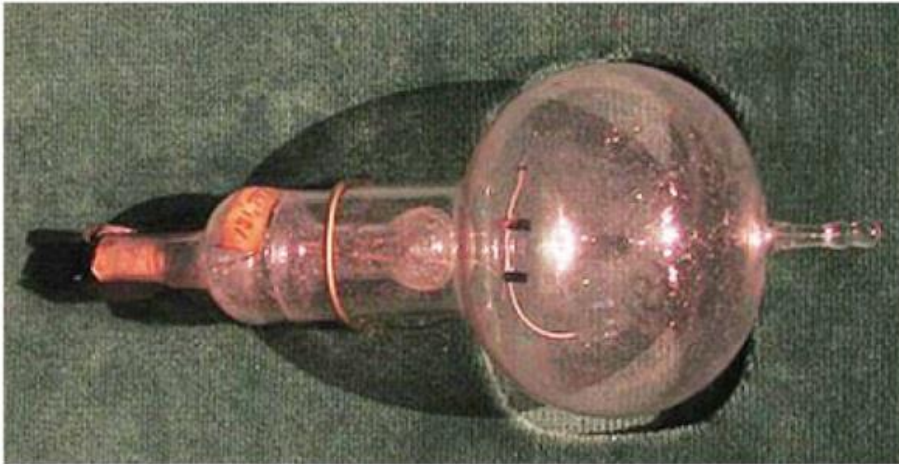


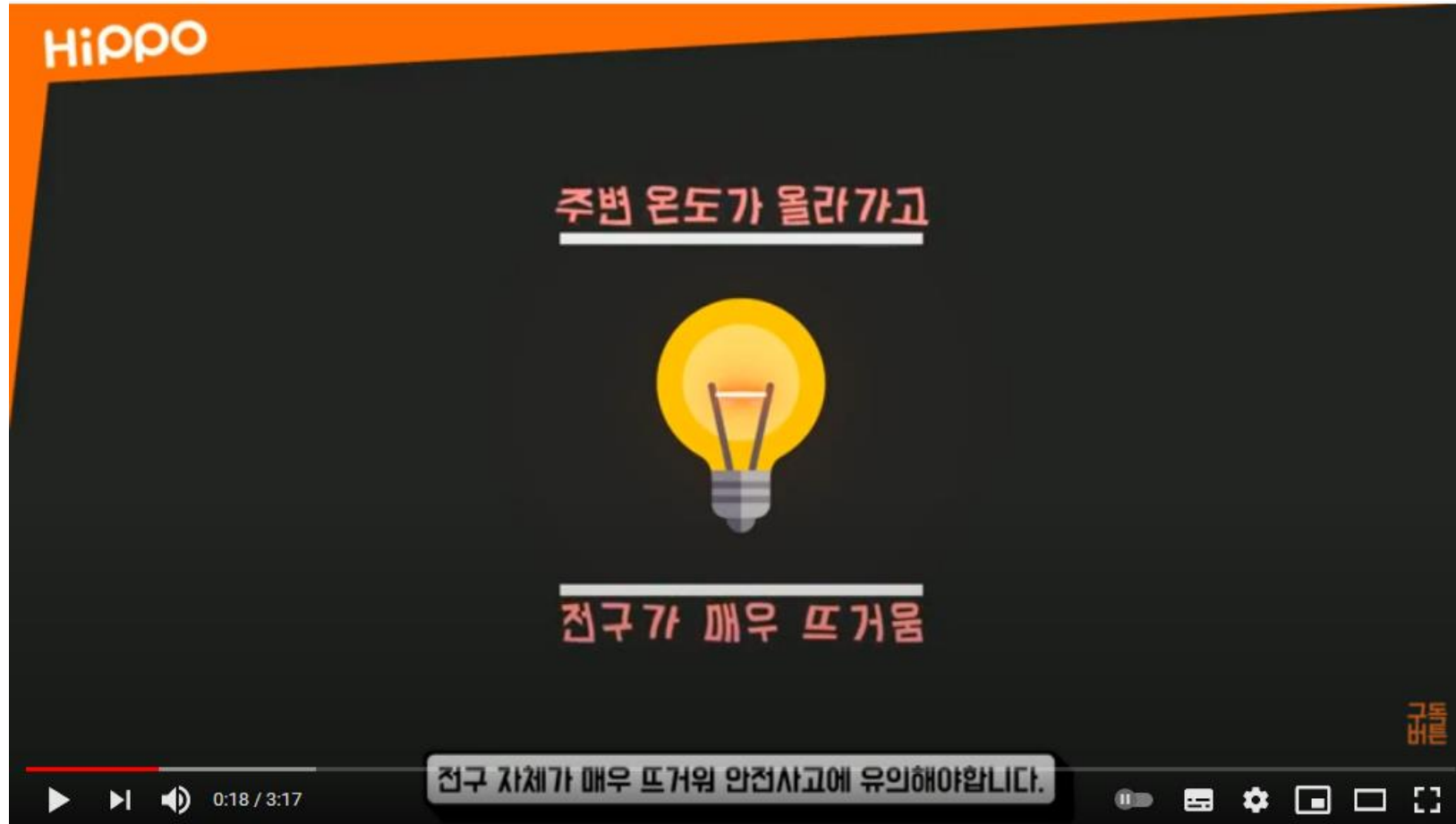
그림 3.7 인류 최초의 상업용 탄소 필라멘트 전구의 발명



그림 3.8 혁신으로 만들어진 전구들

공학적 발명과 혁신

- [멀쩡하게 잘 쓰고 있는 조명을 왜?? LED로 바꿔야 하는 걸까? 백열등 & 형광등 & LED 차이점을 정확하게 비교해서 알려드립니다! | 히포 조명 상식 - YouTube](#)



공학적 혁신의 배경과 동기 – 패러다임의 변화(Paradigm Change)

- 새롭고 혁신적인 제품에 대한 대중의 끊임없는 요구
 - 공학에 의해 발명되고 혁신된 제품도 완전할 수 없음
 - 인간은 항상 효율성, 경제성, 심미성, 편리성 등에서 더 나은 제품을 원함
- 패러다임 (Paradigm)
 - 시대적으로 가장 보편성을 가진 사고유형
 - 규칙, 가치관, 기술 등의 모범을 나타내는 것
 - 예) 천동설이 진리로 받아들여지던 시기, 다른 모든 천문 현상은 천동설의 테두리에서 설명

공학적 혁신의 배경과 동기 – 패러다임의 변화(Paradigm Change)

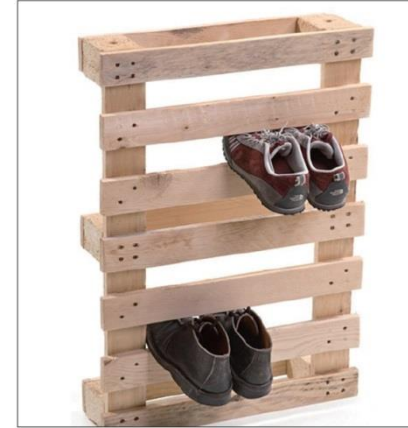
- 패러다임은 시간의 흐름에 따라 변함
 - 높은 평가를 받던 기술이나 선호를 받던 상품이,
 - 대중의 평가와 선호도가 바뀌면서,
 - 새로운 기술이나 물품으로 대체
- 패러다임 변화의 주요 예
 - 태엽 시계 → 전자식 시계 → 스마트워치
 - 진공관 → 트랜지스터 → IC 칩 → VLSI 칩
 - 유선 전화기 → 무선 전화기 → 휴대폰 (피쳐폰) → 스마트폰
 - 타자기 → 개인용 컴퓨터의 워드프로세서
 - 손으로 쓴 연하장 → 이메일과 SNS

Paradigm Change



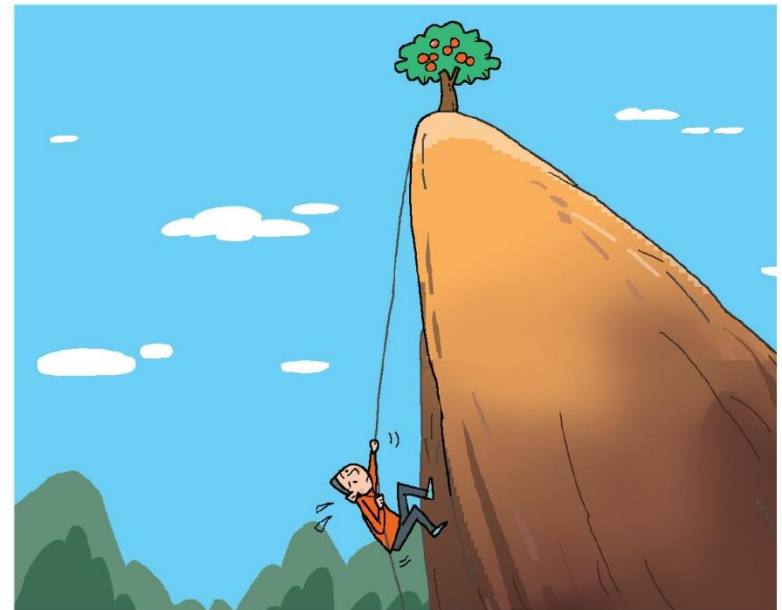
공학적 혁신을 위한 바람직한 태도

- 공학적 혁신을 잘하기 위한 태도
 - 개인의 습관이나 경험에 사로잡히지 않는다.
 - 브레인스토밍을 통해 팀의 의견을 공유한다.
 - 변화에 대한 공포를 극복하고, 실패를 두려워하지 않는다.
 - 조직을 최대한 효율적으로 이용한다.
 - 다른 사례의 실패 원인을 분석하여 적용한다.
- 창의적 사고의 장벽을 극복하기 위한 태도
 - 불필요한 제한조건을 가능하면 설정하지 않고, 선입견과 틀에 박힌 생각 대신, 다양한 형태의 풀이 방법들을 생각해본다.
 - 복잡한 문제의 경우 여러 부분으로 나눠 차례로 풀어나간다.
 - 이렇게 만들어진 아이디어를 구체적인 설계 구상으로 연결시킨다.



위대한 공학적 업적을 남긴 사람들의 실패를 보는 관점

- '실패는 성공의 어머니'라는 속담과 같이, 수많은 실패에도 굴하지 않고 자기 길을 개척한 사람들
- 토머스 에디슨 (Thomas Edison)
 - "나는 실패하지 않았다. 나는 통하지 않는 방법 1만가지를 발견했을 뿐이다."
 - "천재는 '1%의 영감과 99%의 노력으로 이루어진다."
- 알렉산더 그레이엄 벨 (Alexander Graham Bell)
 - "더 빨리 성공하려면 자주 실패해라"
 - "때때로 자주 가는 길을 벗어나 숲속으로 들어가 보라.
그렇게 할 때마다 당신은 전에 보지 못했던 것을 반드시 발견할 것이다."





공학적 문제해결의 방법

문제해결의 일반적인 방법 관점

- 공학적 문제해결 (Problem Solving)
 - 성능을 개선시키거나 발전시키는 방안을 찾는 것
- 일반적인 4단계 문제 해결 방법
 - 아이디어 스케치
 - 추상적 모델 구상
 - 모델링
 - 테스트 및 적용
- 소프트웨어 개발의 경우,
모델링 단계에서 프로그램을
블록 다이어그램이나
의사 코드(pseudo code)로 구체화 가능
- '문제 해결 모델'을 만드는 것에 초점



그림 3.9 4단계 문제해결 방법

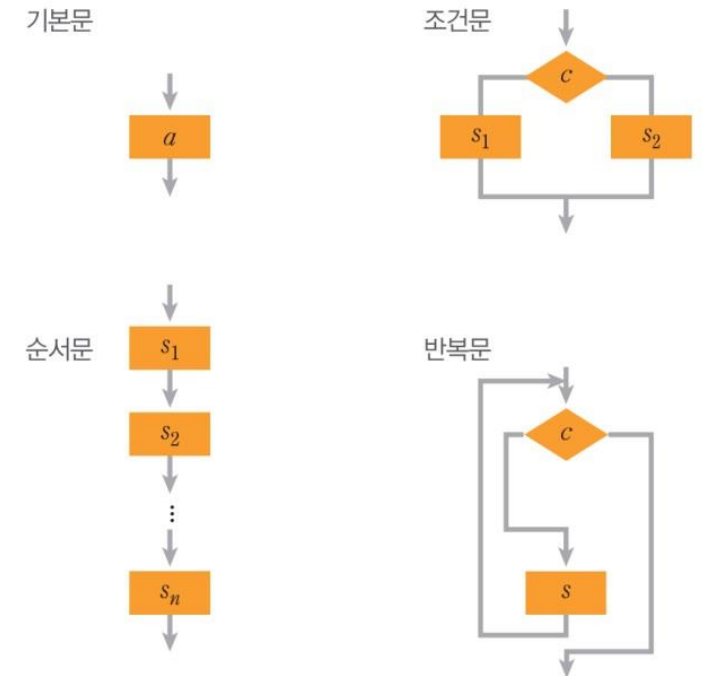


그림 3.10 프로그램의 제어 구조

문제해결을 위한 모델링의 예 - 다이어그램(Diagram) 이용

- 다이어그램을 이용한 복잡한 문제 해결
 - 머리속에 떠오르는 수많은 생각을 체계적으로 정리 가능
 - 창의성의 요소 중 '유창성'을 구체화하는 데 도움
- 오토마타 이론(automata theory)에서의 다이어그램 사용
 - 오토마타: 오토마톤(automaton)의 복수형으로, 자동으로 동작하는 기계들을 의미 (물시계/모래시계부터 현대의 기계 장치, 엘리베이터, 가전 제품 등은 오토마타 원리에 의해 작동)
 - 오토마타 이론: 계산 능력이 있는 추상 기계와, 그 기계를 이용해서 풀 수 있는 문제들을 연구하는 분야
 - 상태 다이어그램 (state diagram): 유한상태 기계(finite-state machine, FSM)에서, 상태와 상태 천이(transition)을 표현하기 위해 도식화해서 표현하는 그림
- 오토마타 이론은 2학년 이산수학 시간에 배우게 되는데, 간단한 예제로 미리 살펴 봅니다.
 - 이미 배우신 분들도 복습해 보시기 바랍니다.

예제) 다이어그램(diagram)을 이용한 자판기의 설계

- 다음 자판기 오토마타의 상태 다이어그램을 그려보세요.
 - 50원짜리와 100원짜리 동전을 넣을 수 있음
 - 투입한 돈이 300원 또는 그 이상일 때 커피나 음료수를 내 줌
 - 거스름돈은 돌려주지 않음
- 이 상태 다이어그램을 통해서, 아래 두 경로를 찾아보세요.
 - 최단 경로(shortest path)와 최장 경로(longest path)

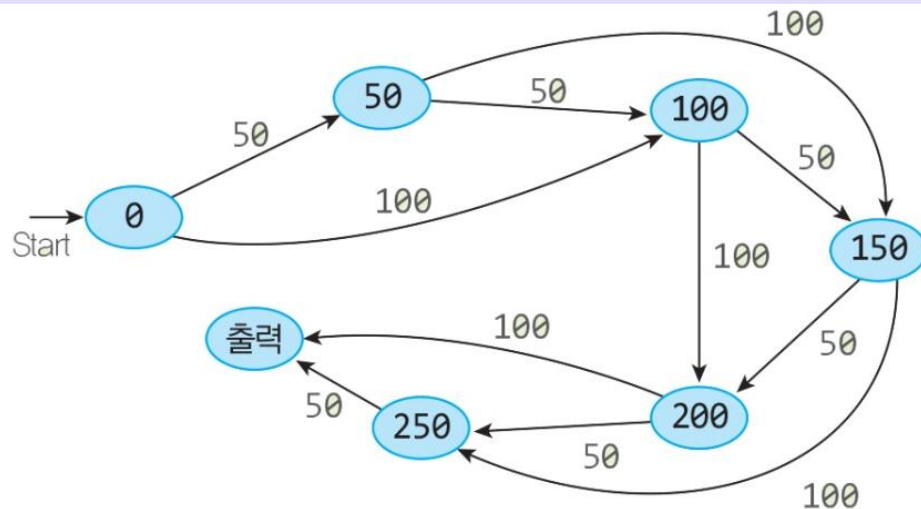
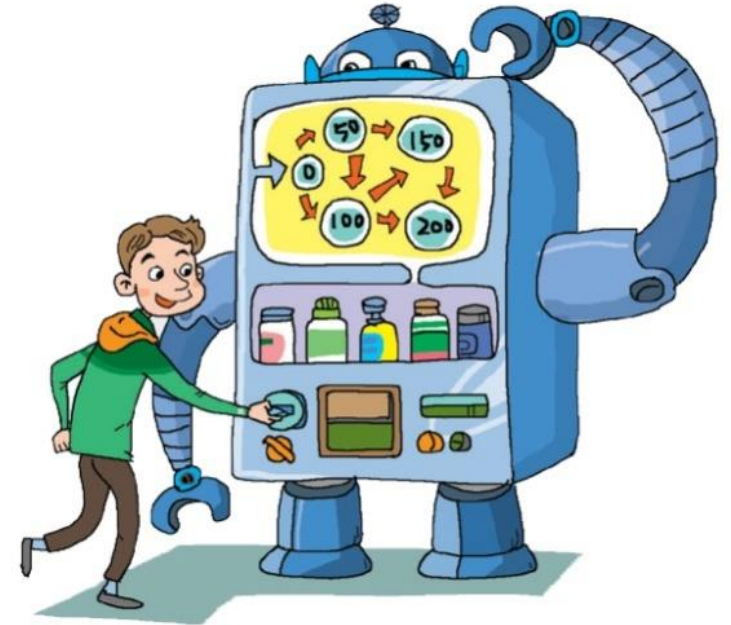


그림 3.13 간단한 자판기 오토마타



창의적 문제해결의 5단계 방법

- 문제 정의
 - 문제의 목표를 명확하게 정의, 제약조건 파악
 - 아이디어 창출
 - 문제해결 가능성이 높은 아이디어를 이끌어 냄
 - 아이디어 평가
 - 아이디어들을 평가하고 그 중 실현 가능한 아이디어 선정
 - 아이디어 선택
 - 선정된 아이디어 중 가장 적합한 하나를 선택
 - 아이디어 실행
 - 아이디어를 적용하여 문제해결의 결과 도출
-
- 문제해결에 적합한 '아이디어'를 찾는 데 중점



그림 3.11 창의적 문제해결의 5단계 방법

폴리아의 4단계 문제 해결법

- 조지 폴리아(George Polya, 1887~1985)가 제시
 - [1단계] 문제 이해: 문제의 뜻, 주어진 조건, 목표 등 파악
 - [2단계] 해결 계획 수립: 가지고 있는 지식과 해결 전략을 활용하여 해결 방법 수립
 - [3단계] 문제 해결: 수립한 계획대로 문제를 풀고, 다른 방법도 적용하여, 해결법이 타당한지 점검
 - [4단계] 검토와 최종 점검: 풀이 과정과 해결법의 점검 및 검토
-
- '수학 문제 해결'에 유용



그림 3.12 폴리아가 제시한 4단계 문제 해결법

폴리아의 4단계 문제 해결법 적용 예시

- 문제

[문제 1] 다음과 같은 연산 규칙이 주어졌을 경우 괄호 안에 들어갈 숫자를 유추해 내시오.

$$3 \clubsuit 4 = 16$$

$$6 \clubsuit 5 = 35$$

$$7 \clubsuit 6 = 48$$

$$4 \clubsuit 7 = (\quad)$$

[\[김대수의 수학 어드벤처\] 직선에 익숙한 두뇌, 2차원으로 굴러볼까 - 중앙일보 \(joins.com\)](#)

- [1단계] 문제 이해: 클로버 연산자는 일정한 규칙을 가지고 있음
- [2단계] 해결 계획 수립: 곱셈과 덧셈을 조합하면 되지 않을까?
- [3단계] 문제해결:
 $3*4+a=16, 6*5+b=35, 7*6+c=48 \rightarrow a=4, b=5, c=6$. 곱셈연산의 두번째 피연산자(operand)와 동일
- [4단계] 검토와 최종 점검:
 $4*7+d=x$ 라고 할 때, [3단계]의 해결법에 따라 $d=7$ 이므로, $x=4*7+7=35$



열린 사고력 문제 해결

문제해결 방안

- 살아가면서 만나는 다양한 문제를 해결하기 위한 몇 가지 방안들
 - 기본 개념과 원리를 생각하며 그 문제에 적용
 - 알고 있는 유형의 문제인 경우 같은 방법을 적용
 - 복잡한 문제인 경우 잘게 나누어 문제를 해결
 - 다양한 관점으로 문제의 핵심에 접근
 - 자유로운 생각으로 문제 해결의 실마리를 끌어냄



문제해결 방안에서의 창의성과 상상력의 중요성



그림 3.15 상상력, 창의성, 문제 해결의 계층 관계

문제해결 방안에서의 창의성과 상상력의 중요성

- 상상력(Imagination)
 - 감각, 정서, 의미 등을 융합하여 자연계에서 볼 수 없었던 새로운 것을 만들어 낼 수 있게 함
 - 아무런 제한 조건이 없고, 응용과는 거의 관계가 없는 순수한 생각
- 상상력을 이용한 '창의적 융합'
 - 자기 분야의 여러 요소들
 - + 타 분야의 요소들
 - = 새로운 것과 연관

버콜과 아인슈타인의 상상력 box

“상상력은 가장 높이 날 수 있는 연(kite)이다”

– 로런 버콜(Lauren Bacall, 1924~2014)

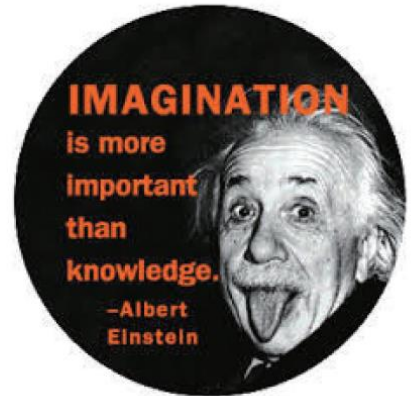
미국의 저명한 영화배우



“지식보다 중요한 것은 상상력이다”

– 알베르트 아인슈타인(Albert Einstein, 1879~1955)

미국의 물리학자



열린 사고력 문제 (Open-Ended Problem)

- 열린 사고력 문제
 - 사람에 따라 다양한 생각이나 답들이 나올 수 있음
 - 예/아니오로 답할 수 없는, 깊은 사고 과정이 필요한 문제
 - How? 또는 Why?와 같은 질문을 통하여, 문제해결을 위해 깊이 생각하고 탐구하게 만드는 문제
- 열린 사고력 문제를 통해 창의적 사고의 폭을 넓힐 수 있음
 - 자유롭게 상상하고, 깊이 생각하며, 거꾸로 생각해 보기도 함
- 열린 사고력 향상 6계명
 - 다른 방법은 없을까?
 - 다른 용도에 적용한다면 어떨까?
 - 확대 또는 축소한다면 어떨까?
 - 다른 것과 결합하면 어떨까?
 - 거꾸로 생각한다면 어떨까?
 - 주어진 조건을 변경한다면 어떨까?



열린 사고력 문제 - 만약 컴퓨터가 없어진다면?

- 다음 질문에 대해 떠오르는 생각을 써보자.

“만약 이 세상에 컴퓨터가 없어진다면 어떤 일이 생기겠는가?”



- 여러 가지 아이디어 생성 가능
 - 모든 사전에서 컴퓨터 등의 단어가 사라질 것이다.
 - 각 대학에서 컴퓨터 관련학과가 없어질 것이다.
 - 컴퓨터 게임에 빠져들지 않을 것이다.
 - e-메일 등을 통한 정보의 교류가 단절될 것이다.
 - 유전자 분석 등이 불가능해질 것이다.
 - 항공기나 기차의 실시간 예약처리가 불가능해질 것이다.



- 제 생각은?
 - 컴퓨터를 이용하는 모든 일상 생활에 이상이 생기면서, 인류는 극심한 혼란에 빠지고, 수많은 일자리가 사라지며, 인류 문명은 수십년 전으로 후퇴할 것!

전설의 Y2K

- [20세기말 전설의 Y2K 때 실제 있었던 일들 / 14F - YouTube](#)





마무리

마무리

이번 시간에는 아래 내용을 다루었습니다.

- 다양한 공학 발명 혁신 – 디지털카메라, 스포트니크 쇼크, IDEO의 design thinking, 3M 포스트잇 등
- 계란 낙하 실험을 통해 살펴본, 창의적 아이디어의 발상을 통한 공학문제 해결
- 다양한 문제 해결 방법
- 열린 사고력 문제

다음 시간에는 다음과 같은 내용을 다룹니다.

- 공학설계와 공학설계 프로세스