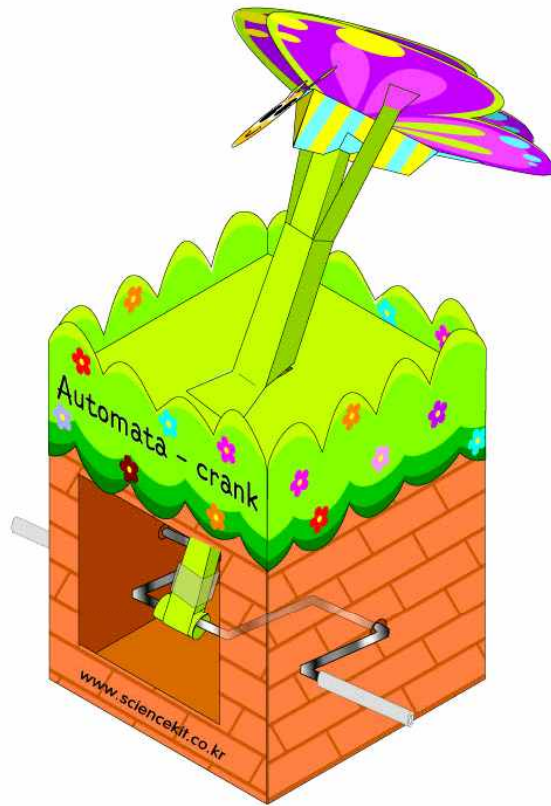


오토마타 크랭크  
Automata - crank

파라파라  
글ㅇ글ㅇ 나비



실험 목표

간단한 기계장치로 움직이는 인형인 오토마타(Automata)를 직접 만들어보고 그 속에 숨겨진 과학적 원리를 이해해봅시다.

키트 구성

오토마타-크랭크 도안 , 오토마타-크랭크 활동지, 크랭크, 손잡이용 튜브






준비물

접착제(딱풀 또는 종이용 본드, 양면테이프 등), 투명 테이프, 가위

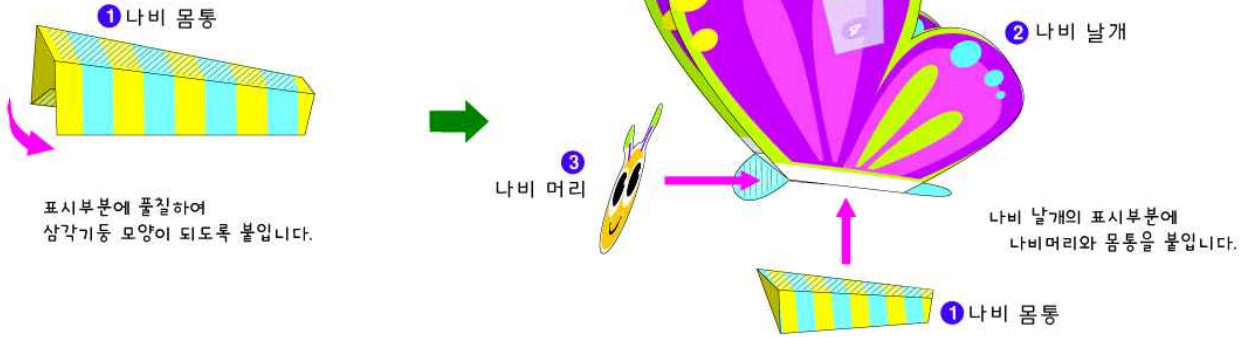
꼭!! 알고 시작하세요!!

1. 도안에 사용된 기호를 익히고 나서 시작합니다.
2. 활동지의 조립 순서를 먼저 확인한 후 조립합니다.
3. 접는 선을 따라 접었다가 편 후 조립하면 더 편리합니다.
4. 풀칠한 부분이 떨어지지 않도록 과정마다 풀이 마를때 까지 기다립니다.  
(떨어질 위험이 있는 부분은 투명테이프로 고정하면 편리합니다.)

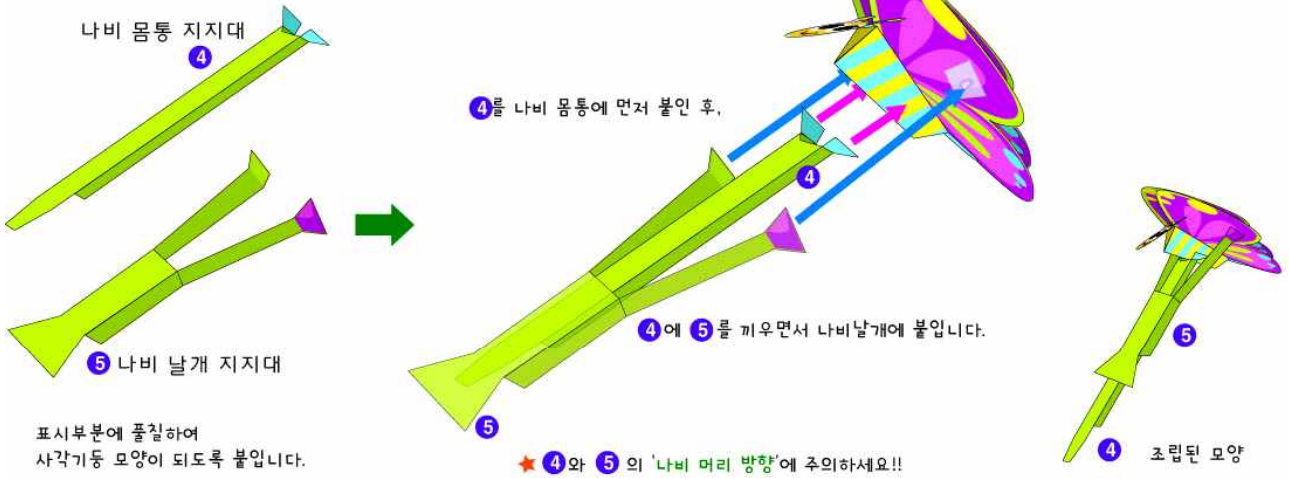
사용된 기호

-  풀칠하는 부분
-  붙이는 부분
-  떼어 버리는 부분
-  안으로 접는 선
-  밖으로 접는 선

1. 도안 ①, ②, ③을 사용하여 나비를 조립합니다.

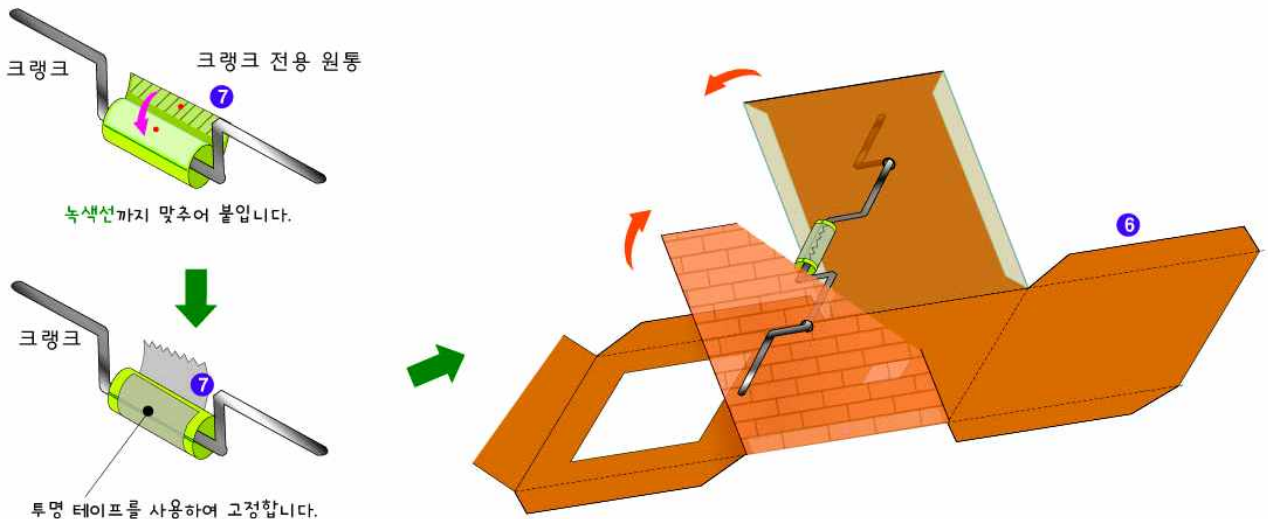


2. 도안 ④, ⑤를 사용하여 조립한 나비에 지지대를 부착합니다.

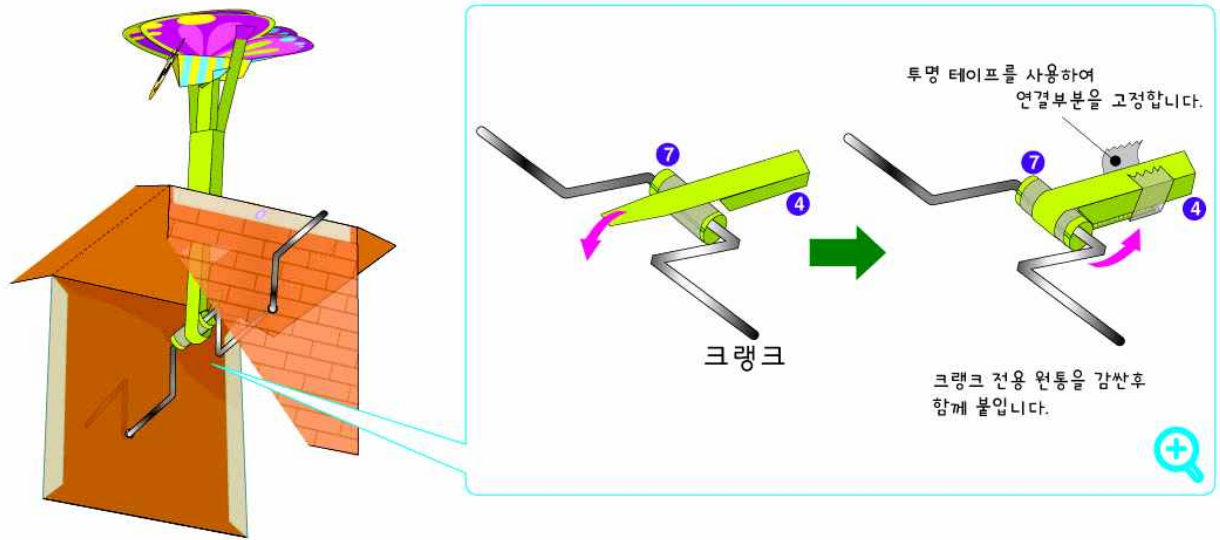


3. 아래 그림을 참고하여 크랭크 전용 원통(⑦)을 크랭크에 조립하고, 크랭크 박스에 끼웁니다.

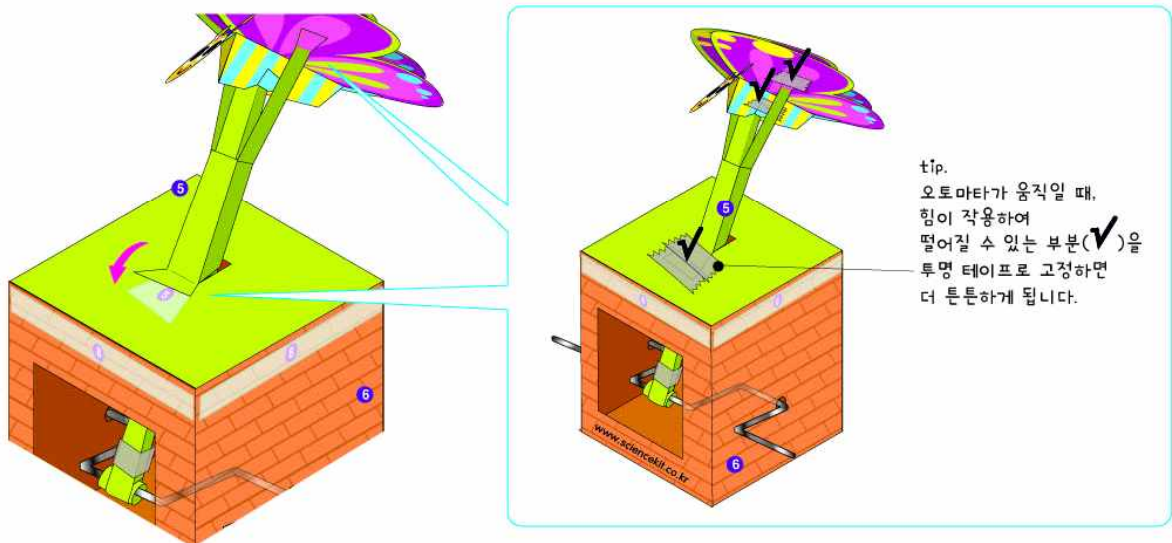
✓ [오토마타-크랭크 도안]의 도움말을 참고하여 조립하거나 빨대로 대체합니다.



5. 아래 그림을 참고하여 조립한 나비 몸통 지지대(7)를 크랭크와 연결한 다음 크랭크 박스를 완성합니다.

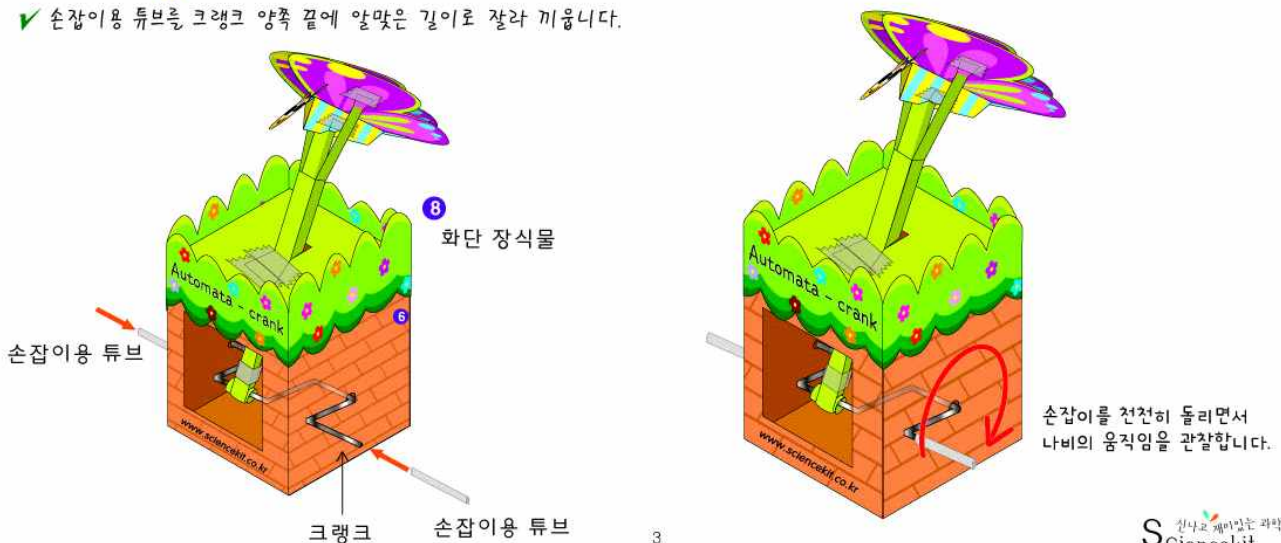


6. 나비 날개 지지대(5)를 크랭크 박스의 표시된 부분에 부착합니다.



7. 화단 장식물(8)을 크랭크 박스에 붙이고, 손잡이용 튜브를 크랭크에 끼워 완성합니다.

✓ 손잡이용 튜브를 크랭크 양쪽 끝에 알맞은 길이로 잘라 끼웁니다.



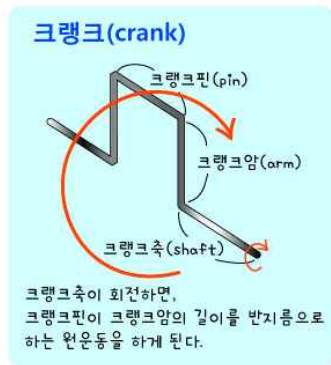
# 사이언스와 **아트**의 만남, **오토마타**

간단한 기계장치로 움직이는 인형을 **오토마타(Automata)**라고 합니다. 우리나라의 최초의 오토마타는 장영실이 발명한 자격루(물시계)인데, 물이 이동하면서 기계를 움직이고, 기계가 인형을 움직여서 자동으로 시간을 알려주도록 만들어졌습니다.

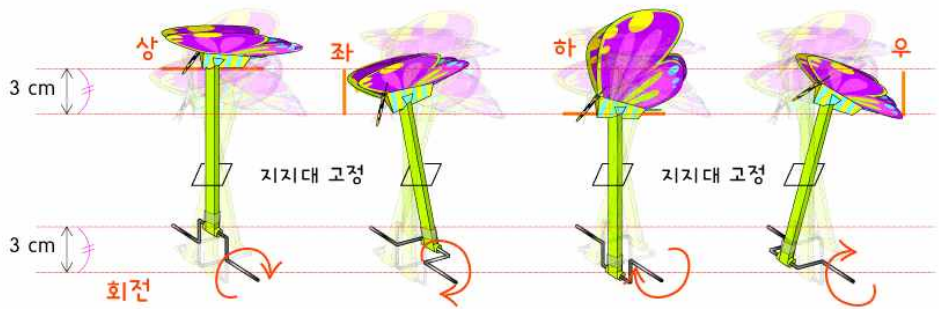


오토마타는 크게 기계장치와 인형으로 나눌 수 있는데, 『팔랑팔랑 나비』는 기계장치로는 크랭크(crank)를, 인형으로는 나비를 사용하였습니다.

**크랭크(crank)**는 **회전운동**을 **왕복운동**으로 변환시켜주는 장치입니다. 이 장치는 물레방아에서도 사용되는데, 물이 물레방아(바퀴)를 돌리면 바퀴에 연결된 막대가 위·아래로 움직이면서 방아를 찧게 되는 것입니다.



크랭크핀에 연결된 나비가 어떻게 움직이는지 살펴볼까요?



우리가 사용한 크랭크는 크랭크암의 길이가 1.5 cm이므로 나비의 위·아래 움직임이 최대 3 cm가 되도록 만들어졌습니다. 크랭크핀이 지름 3 cm의 원운동을 합니다.



$$\begin{array}{r}
 1.5 \text{ cm} \\
 + 1.5 \text{ cm} \\
 \hline
 3.0 \text{ cm}
 \end{array}$$

그렇다면 아래 두 크랭크 중 어느 것이 나비를 위·아래로 더 많이 움직이게 할까요? (A, B)

**A**

크랭크암의 길이를 더 짧게 만듭니다.

- 크랭크암 1 cm

**B**

크랭크암의 길이를 더 길게 만듭니다.

- 크랭크암 2 cm

각각의 크랭크로 오토마타를 만들었을 때, 인형의 위·아래 움직임(크랭크핀 원운동의 지름)은 최대 몇 cm가 될까요?

cm

cm

이처럼 크랭크암의 길이를 조절하면 움직이는 인형의 높이를 자유자재로 바꿀 수 있어 '나만의 움직이는 기계 인형'을 만들 수 있는 것이 크랭크를 이용한 오토마타의 가장 큰 특징입니다. 또한, 우리가 만든 오토마타처럼 '날개 지지대'를 사용하여 나비 날개는 고정시키고 나비 몸통만 움직이게 하면 날개가 팔랑이는 나비도 만들 수가 있습니다.

크랭크를 이용하여 여러분이 만들고 싶은 '나만의 오토마타'를 만들어보면 어떨까요?

느낀점..

## ■ 교사용 실험 자료실 ■

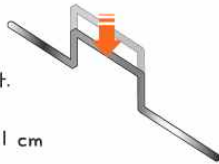
실험 제목	오토마타-크랭크; 팔랑팔랑 나비		실험 원리	오토마타, 크랭크 원리	
실험 시간	40분	실험 분야	물리, 기술공학	실험 방법	개별실험
실험키트 구성	오토마타-크랭크 도안, 오토마타-크랭크 활동지, 크랭크, 손잡이용 튜브				
교사준비물		학생준비물	접착제 (딱풀 및 종이용 본드) 등, 투명테이프, 가위		
실험 결과	직접 만든 ‘팔랑팔랑 나비(오토마타-크랭크) 1개와 활동지를 가지고 갑니다.				
실험팁	<p>TIP 1. ‘크랭크 전용 원통’의 조립을 쉽게 하고 굽기를 맞추기 위해 도안에 선을 표시하였습니다. 지름이 약 5 mm가 되도록 표시한 선이지만 4~8 mm로 조립하여도 작동이 가능합니다.</p> <p>TIP 2. 저학년의 경우 ‘크랭크 전용 원통’을 빨대로 대체할 수 있습니다. 5 mm 빨대를 사용하는 것을 권장하지만 4~8 mm 빨대도 사용가능합니다. 빨대의 지름이 너무 작을 경우 크랭크와 분리되기가 쉽고, 빨대의 지름이 너무 클 경우 나비의 움직임은 반경이 작아지거나 기존의 도안으로 조립이 어려울 수 있습니다.(‘나비 몸통 지지대’의 접착부분의 길이가 부족할 수 있습니다.)</p> <p>TIP 3. 화단 장식물을 붙일 때는 너무 낮게 붙이지 않도록 주의합니다. 화단 장식물을 너무 낮게 붙일 경우, 크랭크 손잡이를 회전할 때 장식물이 방해가 되어 작동이 불편할 수 있습니다.</p>				

그렇다면 아래 두 크랭크 중 어느 것이 나비를 위·아래로 더 많이 움직이게 할까요? (A B)

A

크랭크암의 길이를 더 짧게 만듭니다.

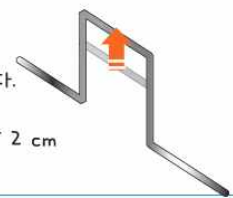
- 크랭크암 1 cm



B

크랭크암의 길이를 더 길게 만듭니다.

- 크랭크암 2 cm



각각의 크랭크로 오토마타를 만들었을 때, 인형의 위·아래 움직임(크랭크핀 원운동의 지름)은 최대 몇 cm가 될까요?

2 cm

4 cm

## 오토마타 [automata] ; 자동기계 (단수형; automaton, 복수형; automata)

로봇 또는 자동기계라고도 한다. 어원은 자동기계라는 뜻의 그리스어이다. 일반적으로 기계에 의하여 동작하는 자동인형이나 동물, 나아가서 자동장치를 말하며, 수학적으로 추상화된 개념으로 쓰일 경우도 있다. 이 경우에는 자동기계를 기능적인 견지에서 모델화하여, 외부로부터의 자극[入力信號]에 대응하여 내부의 상태가 변화하고, 그리고 신호 또는 동작의 형태로 외부에 출력하는 것으로 보고, 이것을 오토마톤이라 한다.

이와 같은 추상 개념과 관련되는 연구는 오래 전부터 실시되었으며, 1936년 A.M.튜링이 '계산한다는 것은 무엇을 의미하는가' 라는 것을 해명하기 위하여 생각해낸 가상의 기계가 바로 오토마톤에 관한 연구의 시작이라고 생각된다.

오토마톤 이론이란 오토마톤을 연구하는 학문이지만, 다른 표현 방식을 빌린다면 '대상의 어떤 기능에 주목하여, 입력과 내부 출력 각 신호의 상호관계를 수학적모델로 옮기고, 이 모델을 수학적으로 고찰·결론을 유도한다. 그리고 이 유도된 결론을 다시 원래의 대상에 꼭 들어맞춰서 해석한다고 하는 일련의 과정의 일부 또는 전부'에 관계되는 것이다. 그리고 대상의 구성요소의 성질 등에는 그리 관여하지 않는다. 이와 같은 입장을 취함으로써 새로운 시야가 열리며, 미시적인 견지로부터는 끄집어낼 수 없는 많은 유용한 결론이 기대된다.

오토마톤 이론은 그 자체가 하나의 독립된 존재이긴 하나 컴퓨터의 설계, 소프트웨어의 개발에 관련성이 있는 기초이론의 하나이며, 동시에 기계번역(機械翻譯)의 연구를 통한 언어학 발달에의 기여, 논리학·생리학상의 여러 분야에의 응용, 제어공학에서의 상태공간 이론(狀態空間理論)에의 응용 등 응용범위는 매우 넓다.

### - 어원

영어 Automaton은 그리스어: αὐτόματον를 라틴어화한 것으로 "스스로의 뜻대로 움직이는"이란 뜻을 가지고 있다. 자동기계로 불리는 기계들은 전기 에너지를 사용하지 않고 오직 기계 장치만으로 이루어져 있으며 사람이나 동물이 관여하지 않아도 스스로 움직이는 것을 뜻하는 경우가 많았다. 이런 의미의 자동 기계는 빼꾸기 시계를 대표적인 예로 들 수 있다. 시간마다 빼꾸기가 시계 밖으로 나와 소리를 내는 장치를 지닌 빼꾸기 시계는 태엽 장치를 동력으로 작동되었다.

### - 고대 자동기계

헬레니즘 문명 시대의 자동기계로는 장난감, 종교적 우상, 기초 과학 이론을 보여주는 도구 등이 있었다. 고대 그리스의 수학자 알렉산드리아의 헤론은 수력으로 작동하는 오르간, 소화기, 사이펀과 같은 기계들에 대한 기록을 남겼다. 이 기록들은 16세기에 재발견되어 라틴어로 번역되었다. 헤론의 기록 가운데는 증기를 이용하여 회전하는 공이 언급되어 있으며, 이는 종종 최초의 자동기계로 여겨진다.

1900년 발굴된 안티키티라 메커니즘은 고대 그리스의 자동기계 부품으로 여겨지고 있다. 아르키메데스는 스스로 작동하는 천체 모형을 제작하였다고 한다.

### - 신화속 자동기계

유대교의 전설 가운데는 솔로몬의 왕좌가 기계로 된 동물들에 의해 받들어져 있었다는 이야기가 전해진다. 솔로몬이 왕좌에 오르면 기계 장치가 작동하여 토라가 있는 곳까지 움직였다는 것이다.

기원전 3세기 무렵 쓰인 고대 중국 춘추 시대의 책 열자에는 주무왕이 순행 중에 언사(偃師)가 만든 창우(倡優)라는 등신대의 움직이는 인형을 보았다는 기록이 있다.

### - 중세의 자동 기계

8세기 중엽, 바그다드에서 풍력으로 작동하는 동상이 만들어졌다. 이 동상은 "바그다드의 네 문마다 돛위에 얹혀져 바람이 불면 회전하였다"고 한다.

12세기의 이슬람 과학자 알 자자리는 음료 시중을 드는 자동인형, 자동으로 여단하는 문과 같은 자동 기계를 개발하였다. 알 자자리는 자동 기계로 된 악대를 꾸며 음악을 연주하게 하였다고도 한다.

### - 근대 초기의 자동 기계

레오나르도 다빈치는 움직이는 갑옷 인형을 고안하였다. 그러나 비행기나 전차와 같은 다빈치가 그린 여러 설계도와 같이 실제 만들어지지 않았다. 르네상스 시대 이탈리아의 기술자인 지오바니 폰타나는 기계 악마, 로켓과 플로펜러로 날아다니는 동물과 같은 자동인형을 제작하였다.

16세기, 유럽의 여러 도시에서는 다양한 대형 시계 틀이 제작되었다. 이 가운데는 시간에 맞추어 자동인형이 움직이는 장치를 갖춘 것들도 있었다. 이러한 시계 기술의 발달에 힘입어 18세기 유럽에서는 들어 수 많은 자동기계들이 제작되었다. 18세기에서19세기의 기간 동안 복잡한 기계 장치를 갖춘 매우 정교하게 움직이는 자동인형들이 제작되었다.

동아시아에서는 11세기에 송나라 시대 중국에서 인형이 움직이는 물시계를 제작하였다고 하며, 원나라와 명나라에서도 이와 비슷한 시계를 제작하였다. 조선에서는 15세기 세종때 장영실이 제작한 우루는 시간에 맞추어 인형들이 움직이고 스스로 소리를 내는 장치를 갖추고 있었다.[12] 18세기 말 일본에서는 에도 시대에 태엽 장치를 갖춘 카라쿠리 인형을 제작하였다.

## 크랭크 [crank]

크랭크(crank)는 돌아가면서 다른 부분의 운동 방향이나 시간을 바꿀 수 있는 굽은 굴대이다.

크랭크축(Crank Shaft)은 크랭크라고도 부른다. 예를 들면, 자전거나 채봉틀에서 발의 상하운동을 체인폴리나 벨트폴리의 회전운동으로 바꿀 때 사용된다. 또 가솔린기관이나 디젤기관과 같은 내연기관에서 피스톤의 왕복운동을 회전운동으로 바꾸는 곳에 널리 사용된다.

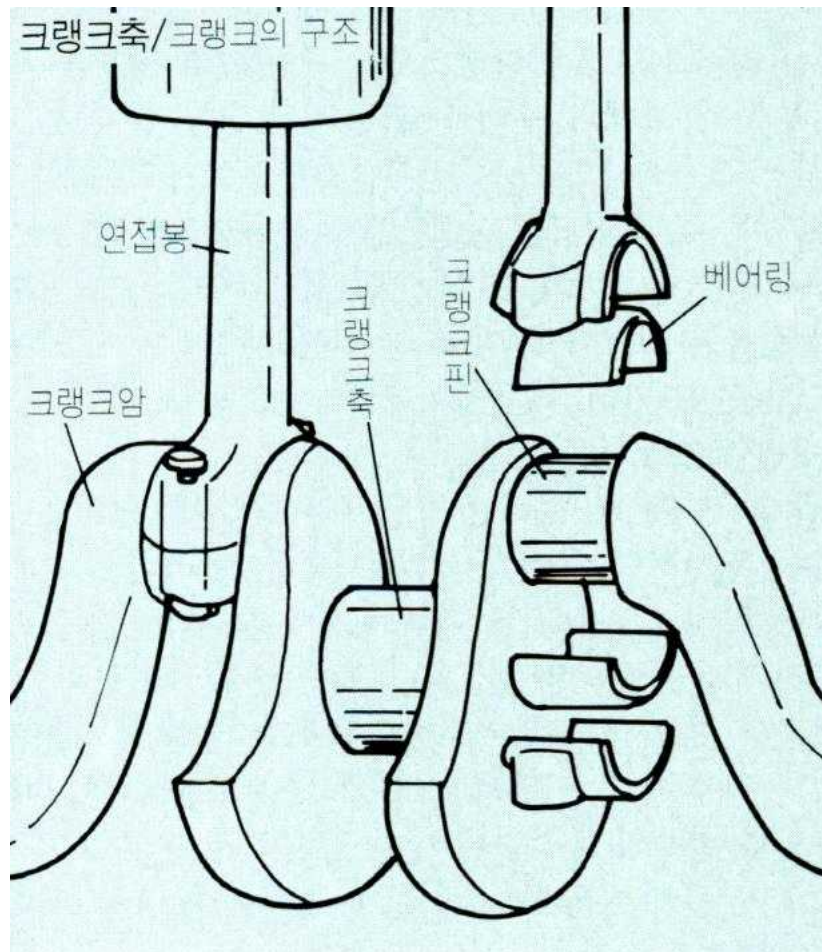
크랭크 기구는 크랭크축·크랭크암·크랭크핀으로 구성되어 있으며, 왕복운동은 연결봉(連接棒)으로 크랭크핀에 전해지고, 크랭크핀은 크랭크암의 길이를 반지름으로 하는 원운동을 하여 크랭크축을 회전시킨다.

소형기관의 크랭크축은 강철을 단조(鍛造)해서 만들며 전체를 1개로 만드는 것이 일반적이지만, 선박용의 대형기관에서는 여러 개의 부품을 조합해서 만든다.

실린더가 여러 개 있는 기관에서는 크랭크암의 방향을 서로 어떤 각도만큼 어긋나게 하고 있다. 이 각도를 크랭크각(角)이라고 한다. 실린더가 많은 경우에 생기는 축의 불균형의 힘을 줄이기 위한 것이다.

증기기관이나 내연기관(內燃機關) 등에서는 피스톤의 왕복운동을 회전운동으로 바꾼다. 크랭크는 크랭크축 · 크랭크암 · 크랭크핀으로 구성되는데, 피스톤의 왕복운동은 연결봉(連接棒)으로 크랭크에 전해진다.

크랭크핀은 크랭크암의 길이를 반지름으로 하는 원운동을 해 크랭크축을 회전시킨다.



## 자격루 [ Self-Striking Water Clock ]

조선시대 왕의 중요한 임무 가운데 하나는 백성들에게 정확한 시각을 알려 주는 것이었다. 왕은 백성들에게 일어날 시각과 일할 시간, 쉬는 시간 등을 알려 주어 일상생활의 리듬을 규제하고 통제함으로써 사회생활의 질서를 유지하고자 하였다. 따라서 시계는 권위와 질서의 상징이었고 통치의 수단이었다.

옛날에는 시간을 측정하기 위해 주로 해시계와 물시계를 이용하였다. 해시계는 해 그림자로 태양의 위치를 파악하여 시간을 측정하는 것으로 낮에만 사용할 수 있으나, 물시계는 물의 증가량 또는 감소량으로 시간을 측정하기 때문에 24시간작동이 가능하였다.

조선세종때에는삼국시대부터이용하던물시계의시각알림장치를자동화하고'스스로 치는 시계'라는 뜻으로 자격루를 제작하였다. 세종 임금의 명으로 장영실이 완성하였으며, 1434년경 회루남쪽보루각'報漏閣이라는전각에 설치하여 국가의 표준시계로 삼았다. 이 시계는 도성의 성문을 열고 닫는 인정人定(통행금지 시각, 밤 10시경)과 파루罷漏(통금해제 시각, 새벽4시경), 오정午正(낮 12시)을 알려 주는 데 사용되었을 뿐만 아니라 서울 사람들에게 아침·점심·저녁 때를 알려 주어 생활의 리듬을 잡아 주는 등 조선시대 사람들의 표준 시계가 되었다. 자격루의 시각을 알려 주는 인형이 치는 종소리와 북소리를 듣고 이를 신호로 광화문과 중루에서 북과 종을 쳐서 시각을 알렸으며, 이에 따라 궁궐의 문과 서울의 도성문인 숭례문'崇禮門, 흥인문興仁門, 돈의문'敦義門이열리고닫혔다.

자격루는 보루각에 설치하였기 때문에 보루각루'報漏閣漏, 임금이 거처하는 대궐에 있다고 하여금루'禁漏, 스스로 시각을 알리는 궁궐 시계라 하여 자격루自擊宮漏라는 여러 가지 이름으로 불리었다. 세종 때의 자격루는 그대로 보존되지 못하고 1536년(중종 31)에 다시 만들어졌는데 그 일부인물항아리(파수호播水壺, 수수호受水壺)가 현재까지남아있다.

