

빙글빙글 회전목마



실험 목표

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

키트 구성

오토마타-기어 도안 **A B C**, 오토마타-기어 활동지

준비물

접착제(딱풀 또는 종이용 본드, 양면테이프 등), 투명 테이프

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

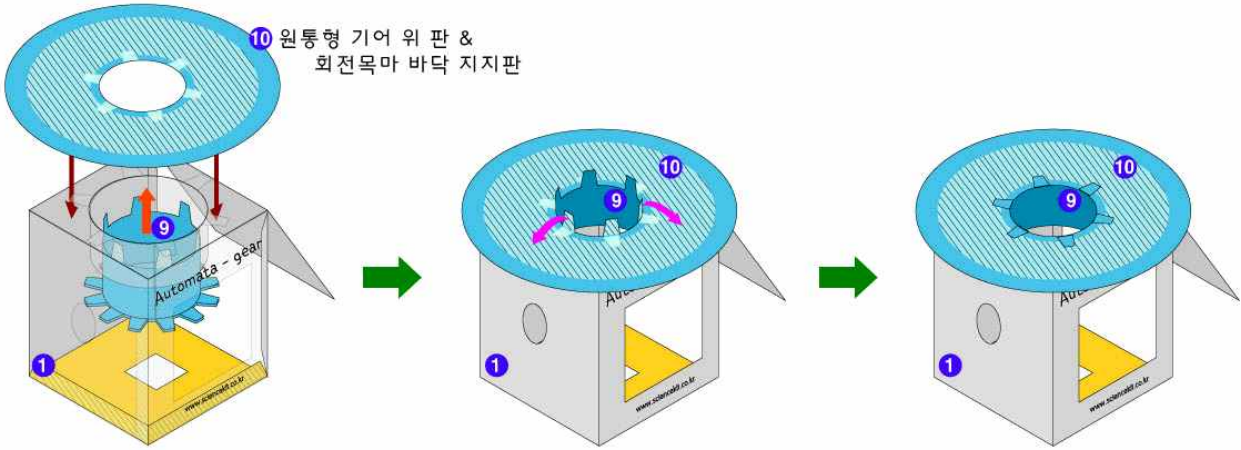
-  풀칠하는 부분
-  붙이는 부분
-  떼어 버리는 부분
-  안으로 접는 선
-  밖으로 접는 선

-
- 기어박스 - 원통

-

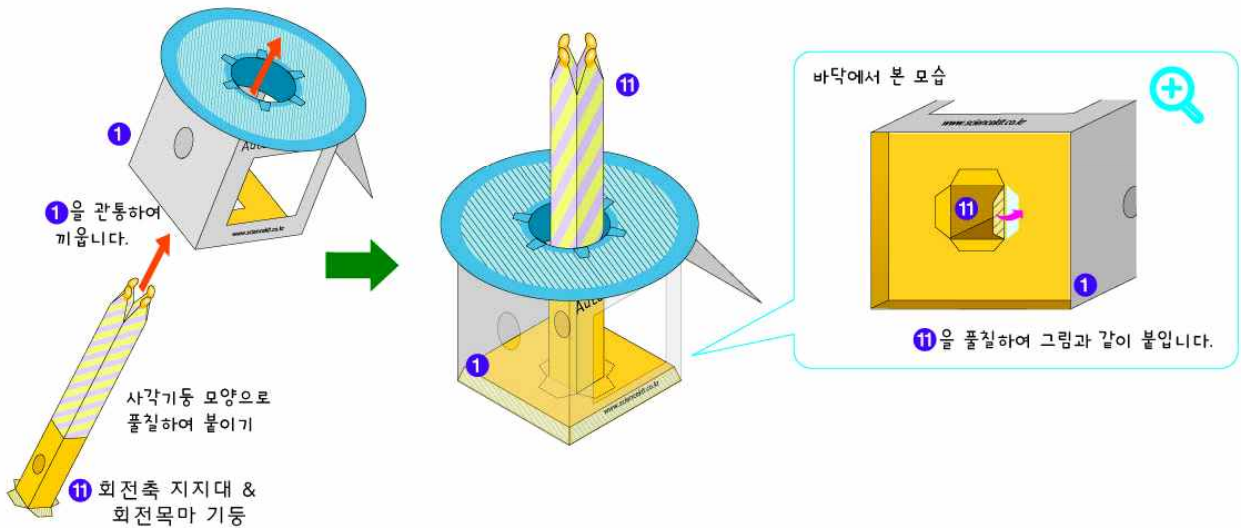
-

7. 아래 그림을 참고하여 조립한 ⑨를 ⑩의 표시된 부분에 붙입니다.



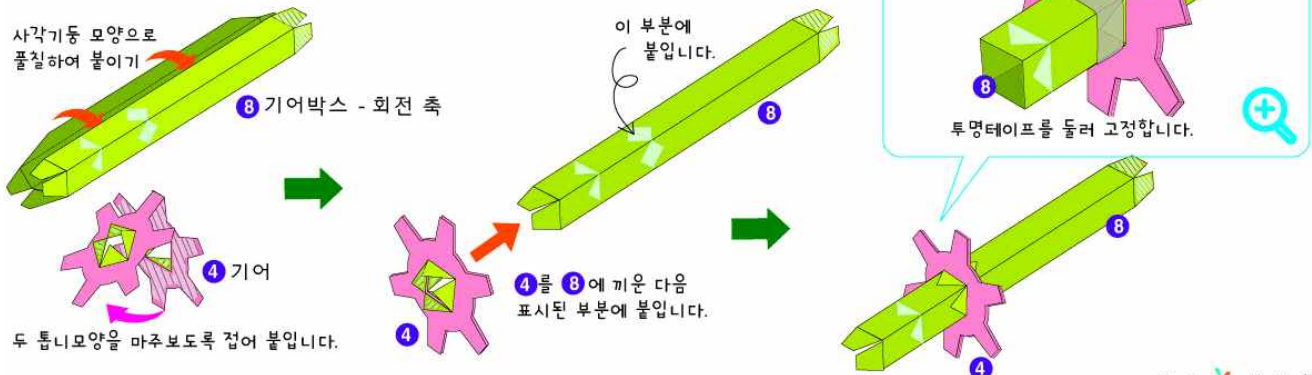
8. ⑪을 사각 기둥모양으로 조립하여 ①의 노란색 바닥의 표시된 부분에 붙입니다.

✓ 조립한 ⑪은 ①의 바닥에 표시된 부분에 붙입니다.



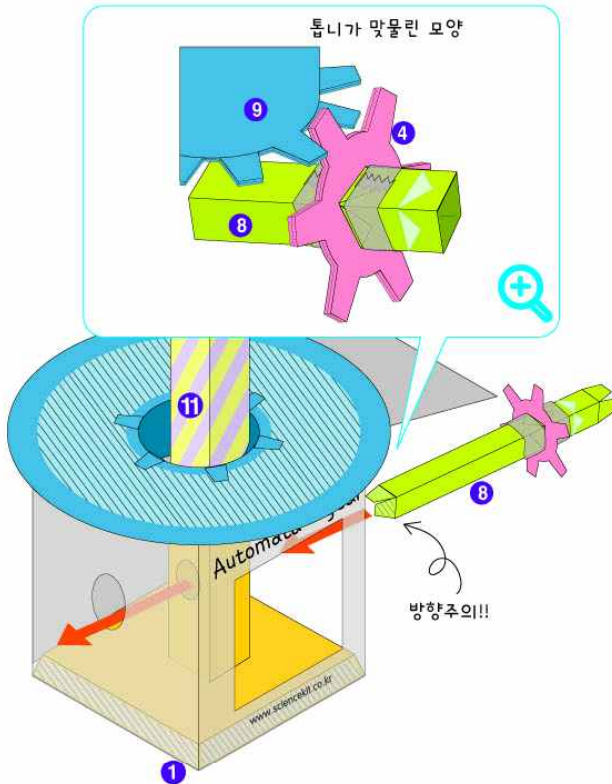
9. ④와 ⑧을 조립한 다음 ④를 ⑧의 표시된 부분에 붙입니다.

✓ 투명 테이프를 붙여 ④의 세모 부분을 ⑧에 고정합니다.



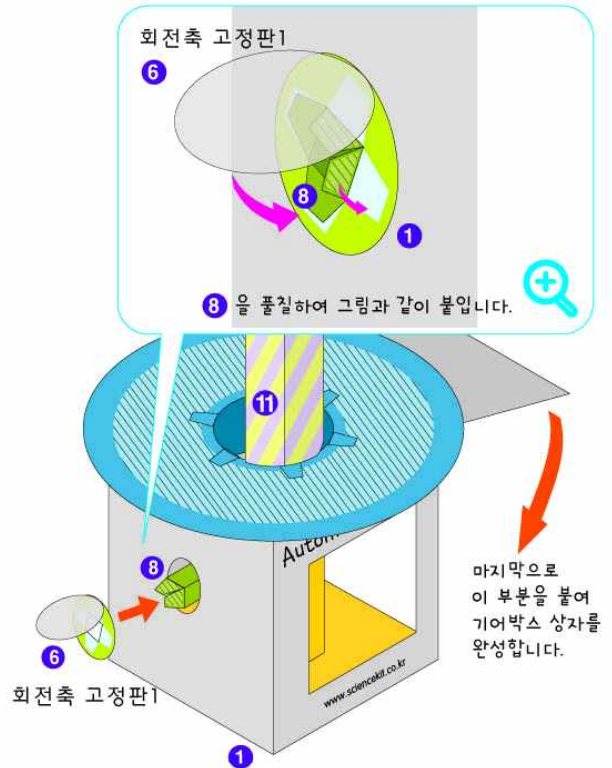
10. 조립한 ⑧을 ⑪과 ①의 구멍을 관통하도록 넣습니다.

✓ 두 기어(⑨, ④)의 톱니가 서로 맞물리도록 맞춥니다.



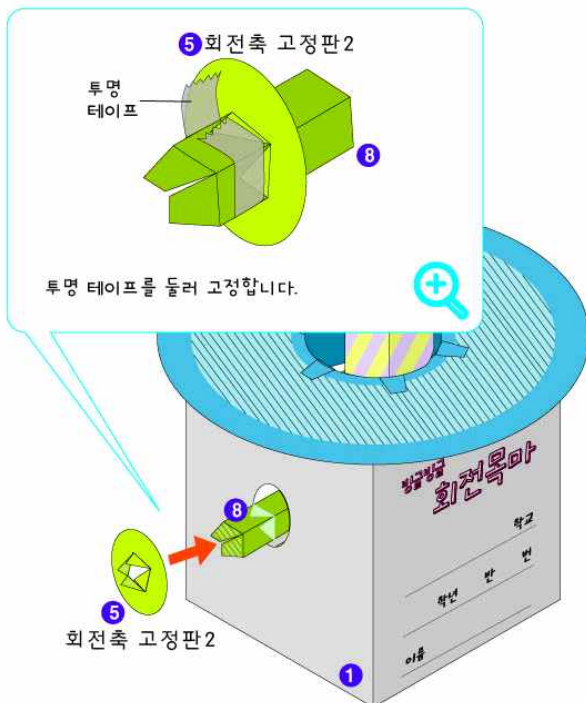
11. ①의 구멍 밖으로 나온 ⑧의 끝부분에 ⑥을 붙입니다.

✓ [오토마타-기어 도안]의 도움말을 참고하여 ⑥을 조립합니다.

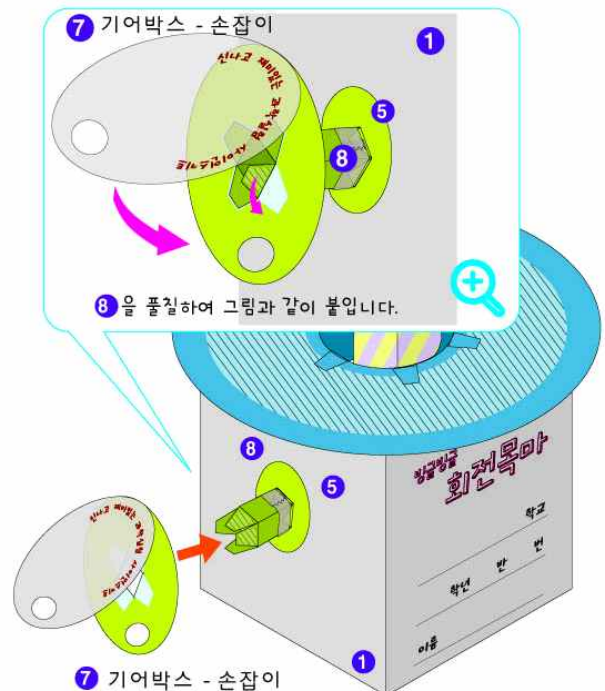


11. 아래 그림을 참고하여 ⑧의 표시된 부분에 ⑤를 붙인 다음 투명 테이프로 고정합니다.

✓ 투명 테이프를 붙여 ⑤의 세모 부분을 ⑧에 고정합니다.

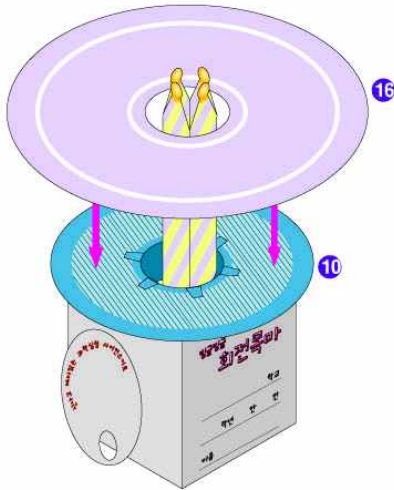


12. ⑧을 조립한 ⑦의 표시된 부분에 붙인 다음 [오토마타-기어 도안]의 도움말을 참고하여 ⑦을 조립합니다.

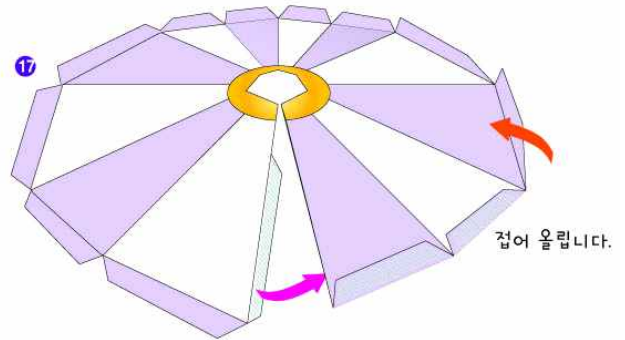


단계 2 : 기어박스 장식하기

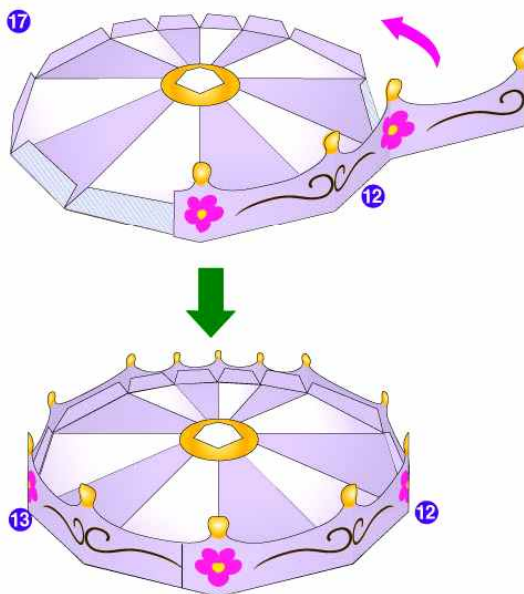
13. ①⑥을 ①⑩의 표시된 부분에 붙입니다.



14. ①⑦을 각진 우산 모양으로 접어 붙인 다음 지붕 끝을 접어 올립니다.

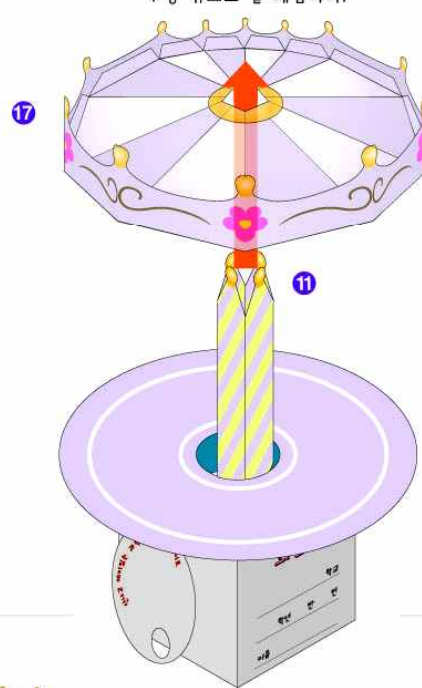


15. ①⑦에 ①② ①③의 표시된 부분을 붙여 회전목마 지붕을 완성합니다.



16. ①⑦중앙의 구멍에 ①⑪의 동그란 부분을 넣어 끼웁니다.

찢어지지 않도록 조심하면서
구멍 밖으로 잘 빼냅니다.



15. ①④ ①⑤ ①⑧ ①⑨ ①②① ①②②을 붙여 회전목마를 꾸밉니다.



사이언스와 아트의 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 나누어 기계장치와 인형으로 이루어지는데, 『**빙글빙글 회전목마**』는 기계장치로 기어(gear)를 인형으로는 회전목마를 사용하였습니다.



기어(gear)는 톱니바퀴라고도 불리는데, 서로의 톱니를 맞물리게 하여 **동력을 전달**할 뿐만 아니라 **회전 속도나 그 방향 등을 변환**시켜줍니다. 기어의 크기와 톱니의 수를 서로 다르게 하면 회전속도를 조절할 수 있고, 서로 맞물리는 방향을 조절하여 결과물의 회전방향도 바꿀 수 있습니다.

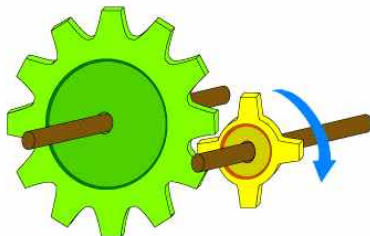
우리가 만든 오토마타의 경우는 아래와 같이 분홍색 기어가 2번 회전해서 파란색 기어를 1번 회전시킵니다. 그 덕분에 인형의 회전 속도가 반으로 줄어들게 되지요. 또한 두 기어를 서로 수직으로 맞물리도록 하여 세로방향 회전운동(분홍색 기어)에서 가로방향 회전운동(파란색 기어)으로 그 운동의 방향도 바꾸어주었습니다.

$$\text{속도 전달비} = \frac{\text{기어1의 톱니의 수}}{\text{기어2의 톱니의 수}} = \frac{\text{기어2의 회전 수}}{\text{기어1의 회전 수}}$$

(기어 1 : 분홍색 기어, 기어 2 : 파란색 기어)

$$\frac{\text{분홍색 기어의 톱니의 수}}{\text{파란색 기어의 톱니의 수}} = \frac{12}{6} = \frac{2}{1} = \frac{\text{분홍색 기어의 회전 수}}{\text{파란색 기어의 회전 수}}$$

그렇다면, 아래 그림과 같이 기어박스를 만들어 노랑색 기어를 화살표 방향으로 돌리면 연두색 기어의 회전수와 회전운동의 방향은 어떻게 변할까요?



$$\begin{aligned} \text{노랑색 기어의 톱니의 수} &= \quad \text{개} \\ \text{연두색 기어의 톱니의 수} &= \quad \text{개} \end{aligned}$$

수식을 활용하여 계산하여 빈칸을 채우고, 알맞은 말에 O표 하세요.

🌀 노랑색 기어가 1 번 회전할 때, 연두색 기어는 번 회전합니다.

🔗 두 기어가 한 평면에서 맞물리도록 연결하였으므로
회전운동이 세로에서 가로방향으로 (바뀝니다. 바뀌지 않습니다.)

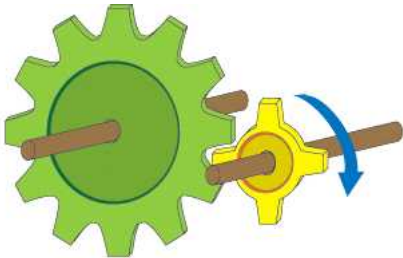
이처럼 기계장치의 기어의 연결방식이나 톱니의 수를 조절하면 회전속도와 운동방향을 자유자재로 바꿀 수 있어 '나만의 움직이는 기계 인형'을 만들 수 있는 것이 오토마타의 가장 큰 특징입니다.

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

느낌점..

■ 교사용 실험 자료실 ■

실험 제목	오토마타-기어; 빙글빙글 회전목마			실험 원리	오토마타, 기어의 원리
실험 시간	60~80분	실험 분야	물리,기술공학,수학	실험 방법	개별실험
실험키트 구성	오토마타-기어 도안(A, B, C), 오토마타-기어 활동지				
교사준비물				학생준비물	접착제 (딱풀 및 종이용 본드) 등, 투명테이프
실험 결과	직접 만든 '빙글빙글 회전목마(오토마타-기어) 1개와 활동지를 가지고 갑니다.				
실험팁	TIP 1. 기어를 조립할 때, 톱니 부분이 일치하도록 주의하여 붙입니다. 톱니 부분을 어긋나게 붙이면 완성 후, 작동되지 않을 수 있습니다. TIP 2. '원통형 기어'를 조립할 때 투명 테이프로 원통부분의 이음새를 마감합니다. 원통 부분의 이음새가 벌어지면 완성 후 작동이 부드럽게 되지 않을 수 있습니다. TIP 3. '회전목마 장식물'은 기호에 따라 선택하여 사용합니다. TIP 4. 활동지 6p의 이론 부분은 학생의 수준에 따라 물리에서는 가속과 감속으로, 수학에서는 비례식, 방정식 등으로 변형하여 활용할 수 있습니다.				



$$\begin{array}{rcl} \text{노랑색 기어의 톱니의 수} & = & 4 \text{ 개} \\ \text{연두색 기어의 톱니의 수} & = & 12 \text{ 개} \end{array}$$

수식을 활용하여 계산하여 빈칸을 채우고, 알맞은 말에 O표 하세요.



노랑색 기어가 1 번 회전할 때, 연두색 기어는 번 회전합니다.



두 기어가 한 평면에서 맞물리도록 연결하였으므로 회전운동이 세로에서 가로방향으로 (바뀝니다. 바뀌지 않습니다.)

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 수학모델로 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 안티키타라 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 만들어져 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 연사(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.

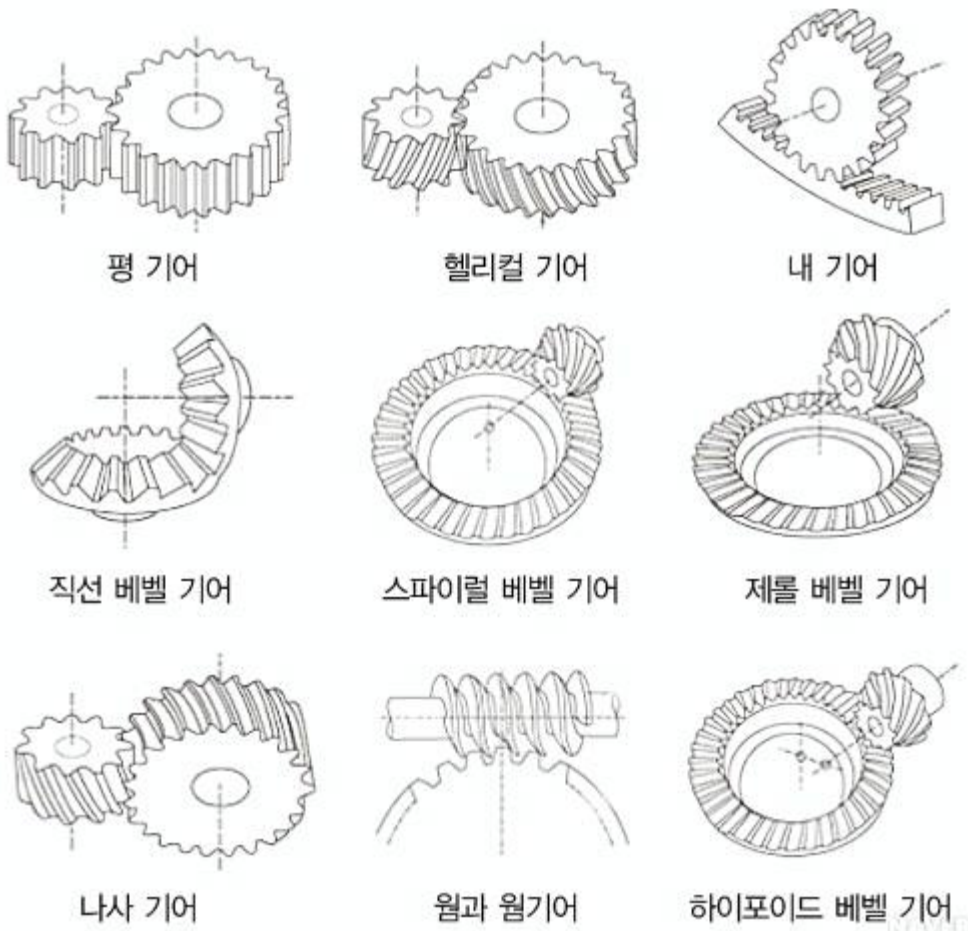
동아시아에서는 11세기에 송나라 시대 중국에서 인형이 움직이는 물시계를 제작하였다고 하며, 원나라와 명나라에서도 이와 비슷한 시계를 제작하였다. 조선에서는 15세기 세종때 장영실이 제작한 옥루는 시간에 맞추어 인형들이 움직이고 스스로 소리를 내는 장치를 갖추고 있었다.[12] 18세기 말 일본에서는 에도 시대에 태엽 장치를 갖춘 카라쿠리 인형을 제작하였다.

기어 [Gear]

두 개 또는 그 이상의 회전축 사이에 회전이나 동력을 전달하기 위해 축에 끼운 원판 모양의 회전체에 같은 간격의 돌기(기어의 이)를 만들어 서로 물리면서 회전하여 미끄럼이나 에너지의 손실 없이 운동이나 동력을 전달할 수 있는 기계 장치. 동력이나 회전의 전달이 확실하며, 정확한 속도비로 전달할 수 있고, 구조도 비교적 간단하며, 동력 손실도 적고 수명도 긴 장점이 있어 여러 가지 기계 구조에 널리 쓰인다. 축과 기어의 이가 평행인 평 기어가 가장 널리 사용되고 있다. 평행인 축과 이를 경사지게 절삭한 기어를 헬리컬 기어라고 하며, 평 기어에 비해 회전이 원활하고 소음이 적다. 두 개의 헬리컬 기어의 이의 방향을 역방향으로 절삭하여 하나의 기어로 만든 것을 해링본 기어라 하며 큰 동력을 전달하거나 속도비가 큰 곳에 사용한다.

평 기어의 지름을 무한대로 한 경우를 래크(rack), 이것과 물리는 기어를 피니언(pinion)이라 한다. 래크와 피니언은 회전 운동을 왕복 운동으로, 왕복 운동을 회전 운동으로 변환시키는 데 사용한다. 두 축이 교차하는 원추형의 접촉면에 이를 만든 것을 베벨 기어라 하며 회전 방향을 직각으로 전달하는 곳에 사용된다. 이를 깎는 각도에 따라 원추의 꼭짓점을 향하여 나란히 깎은 것을 곧은이 기어, 경사지게 절삭한 것을 스파이럴 베벨 기어라 한다. 두 축이 엇갈리는 베벨 기어는 두 축을 양쪽으로 연장할 수 없으나 두 축이 엇갈리며 양쪽으로 연장할 수 있는 기어를 엇갈린 기어라고 한다. 자동차의 뒤 차축과 같이 축간 거리가 크지 않고 축을 엇갈리게 할 필요가 있는 곳에 이용되는 하이포이드 기어(hypoid gear), 축간 거리가 큰 경우에는 헬리컬 기어의 축을 엇갈리게 하여 물리는 나사 기어 등이 있다.

서로 교차하지 않는 직각 방향의 운동 전달에 사용되는 것이 웜(worm)과 웜 기어이다. 이 기어는 속도비가 매우 크므로 감속 장치로 많이 이용된다. 웜으로부터 웜기어로의 운동 전달은 가능하지만 그 반대 방향은 불가능하다. 그 밖에 축간거리를 변화시킬 수 있는 타원 기어, 주동 기어의 연속 회전에 대하여 종동 기어가 간헐적인 운동을 하는 간헐 기어 등이 있다.



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 종루에서 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, 임금이 거쳐하는 대궐에 있다고 하여금루'禁漏, 스스로 시간을 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.

