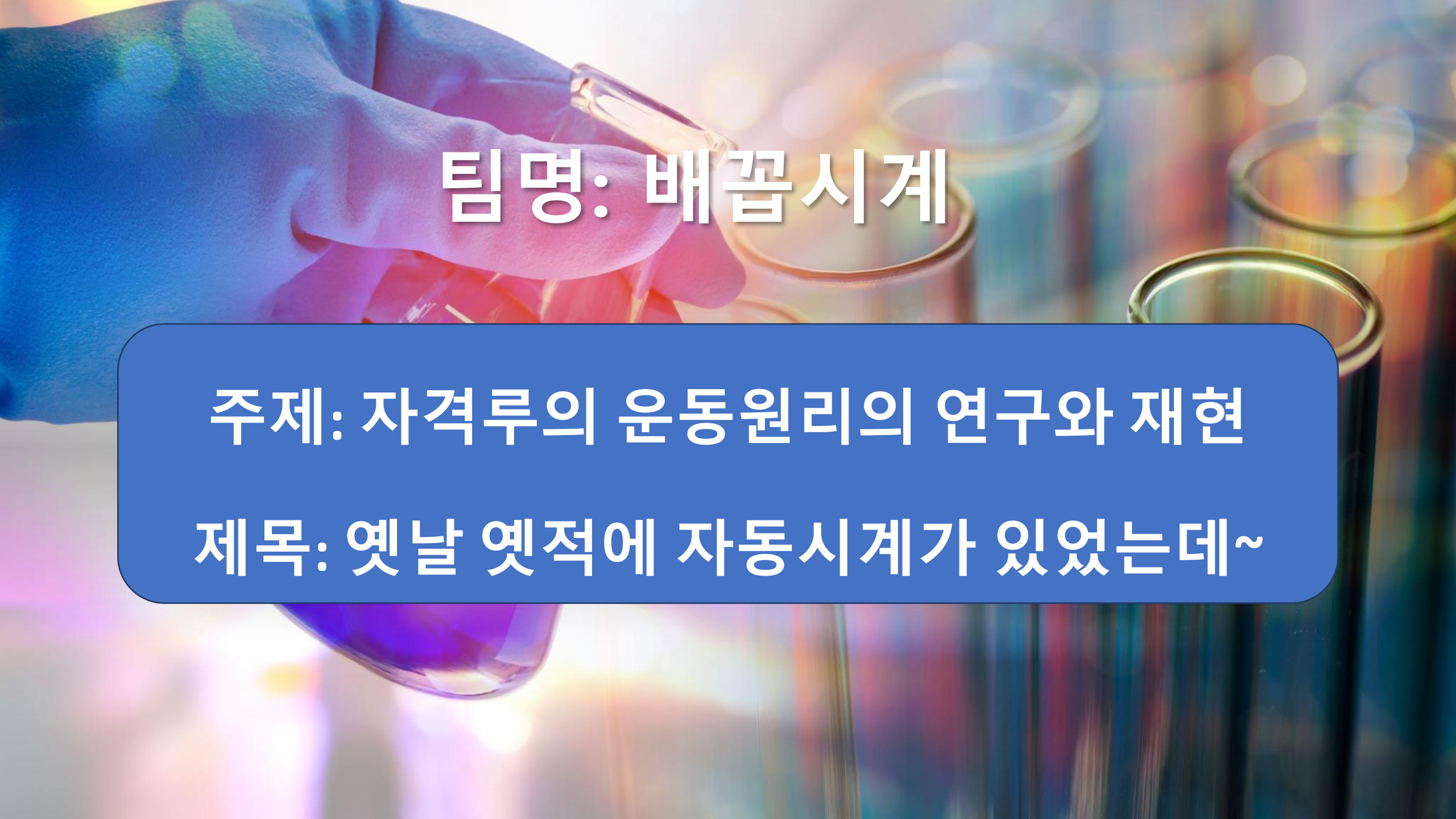


2023 수학과학 탐구대회 최종 발표



팀명: 배꼽시계 / 김ㅇ태, 이ㅇ혁, 정ㅇ훈



팀명: 배꼽시계

주제: 자격루의 운동원리의 연구와 재현

제목: 옛날 옛적에 자동시계가 있었는데~



목차

- 1. 탐구 동기 및 목적
- 2. 이론적 배경
- 3. 탐구방법 및 과정
- 4. 탐구결과
- 5.결과분석 및 고찰

탐구 동기



-<천문: 하늘에 묻는다>를 보면서 때와 장소, 날씨에 관계없이 시간을 알 수 있는 것이 그 당시에는 얼마나 중요한 일이었고 획기적인 발명이었는지 알게 되었다. 그래서 자격루를 검색해보니 아쉽게도 옛날처럼 작동하는 자격루가 없고, 아직 완벽하게 재현되지 못하고 있다는 것을 알게 되었다. 그래서 조원들과 함께 옛날 자 료들과 원리로 자격루를 재현해보고 그 원리의 비밀을 알아보고 싶었다.

이미지출처: 구글이미지



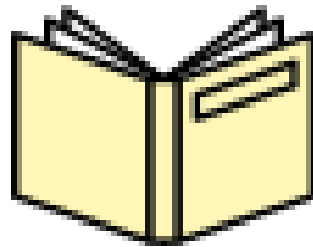
탐구 목적

- *자격루 발명의 역사적 배경을 이해할 수 있다.
- *자격루에 담긴 과학적 원리를 탐구할 수 있다.
- *자격루의 연구자료를 조사하여 자격루를 설계하고 재현할 수 있다.



가설 세우기

- 1) 일반적 시간과는 다르지만, 일정한 간격을 알리는 시계를 만들 수 있을 것이다.
- 2) 시간과 분의 개념으로 시간을 나누어 다른 소리가 나는 시계장치를 만들 수 있을 것이다,
- 3) 물의 보급을 지속적으로 한다면 우리가 만든 자격루는 쉬지 않고 작동할 것이다.



이론적 배경-자격루의 역사

-1434년 7월 1일 조선 세종 16년에 장영실, 김조, 이천 등과 함께 만든 자동으로 시보를 알려주는 장치가 되어 있는 물시계의 일종으로, 물이 일정량이 모이면 쇠 구슬을 굴러 시간마다 종이 울리도록 한 국가 표준시계였다. 장영실은 이 공으로 관노의 신분에서 호군으로 격상되었다. 경회루 남쪽에 보루각이라는 세 칸의 집을 만들고, 설치하여 사용하였다. 현재 덕수궁에 있는 국보 제229호 자격루는 장영실이 제작한 것이 아니다. 문종 때 고장 나고, 단종 때에는 기존의 것을 보수하지 못하고 포기하였다가 중종 31년(1536)에 박세룡이 다시 만든 것으로 임진왜란 때 대부분이 소실되고 물받이통 등 일부만 남아 있다.

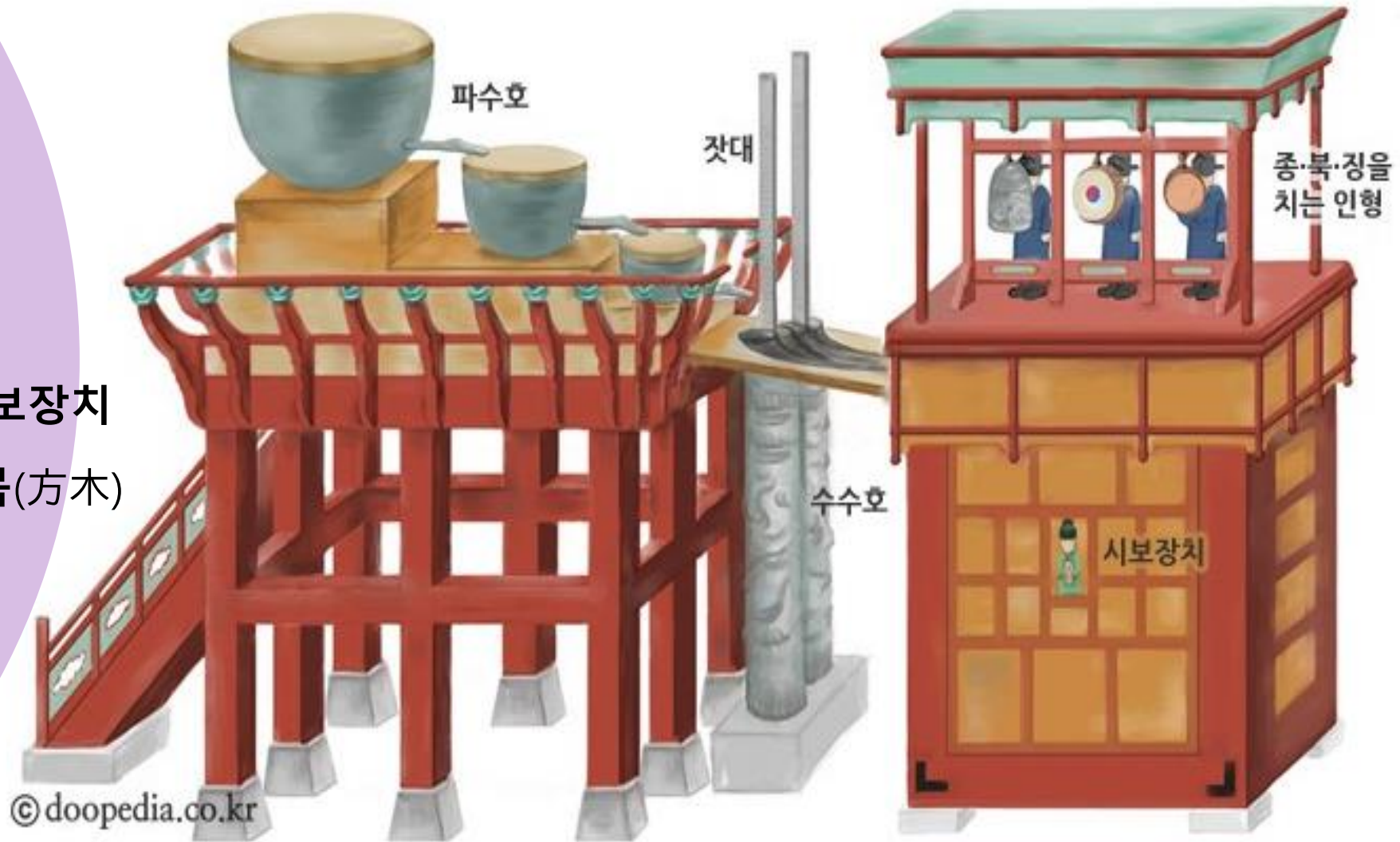
<사진-자격루의 일부 / 출처: 구글이미지>



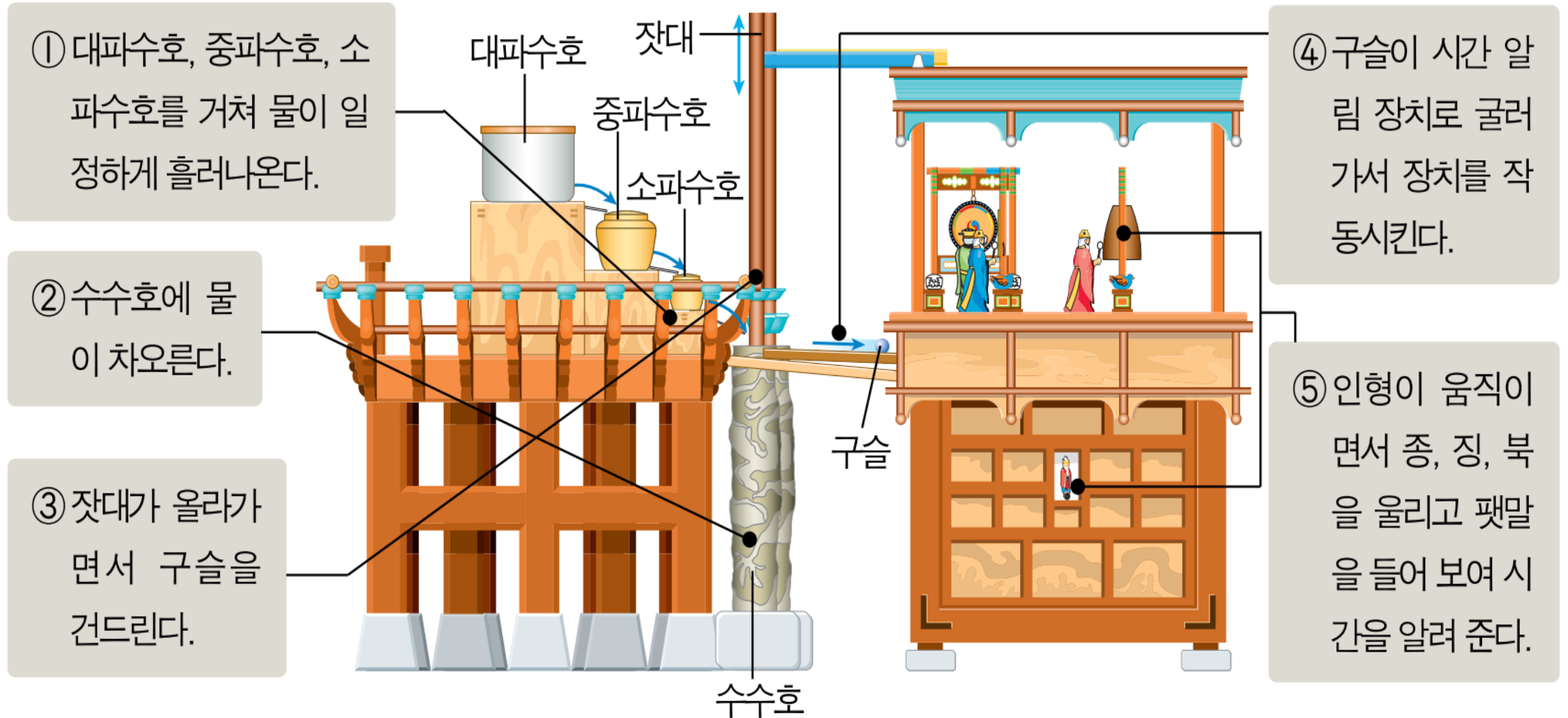
이론적 배경-자격루의 구성

*구성

- 시간을 측정하는 **물시계**
- 시간을 소리로 바꾸어 주는 **시보장치**
- 물시계와 시보를 이어주는 **방목(方木)**



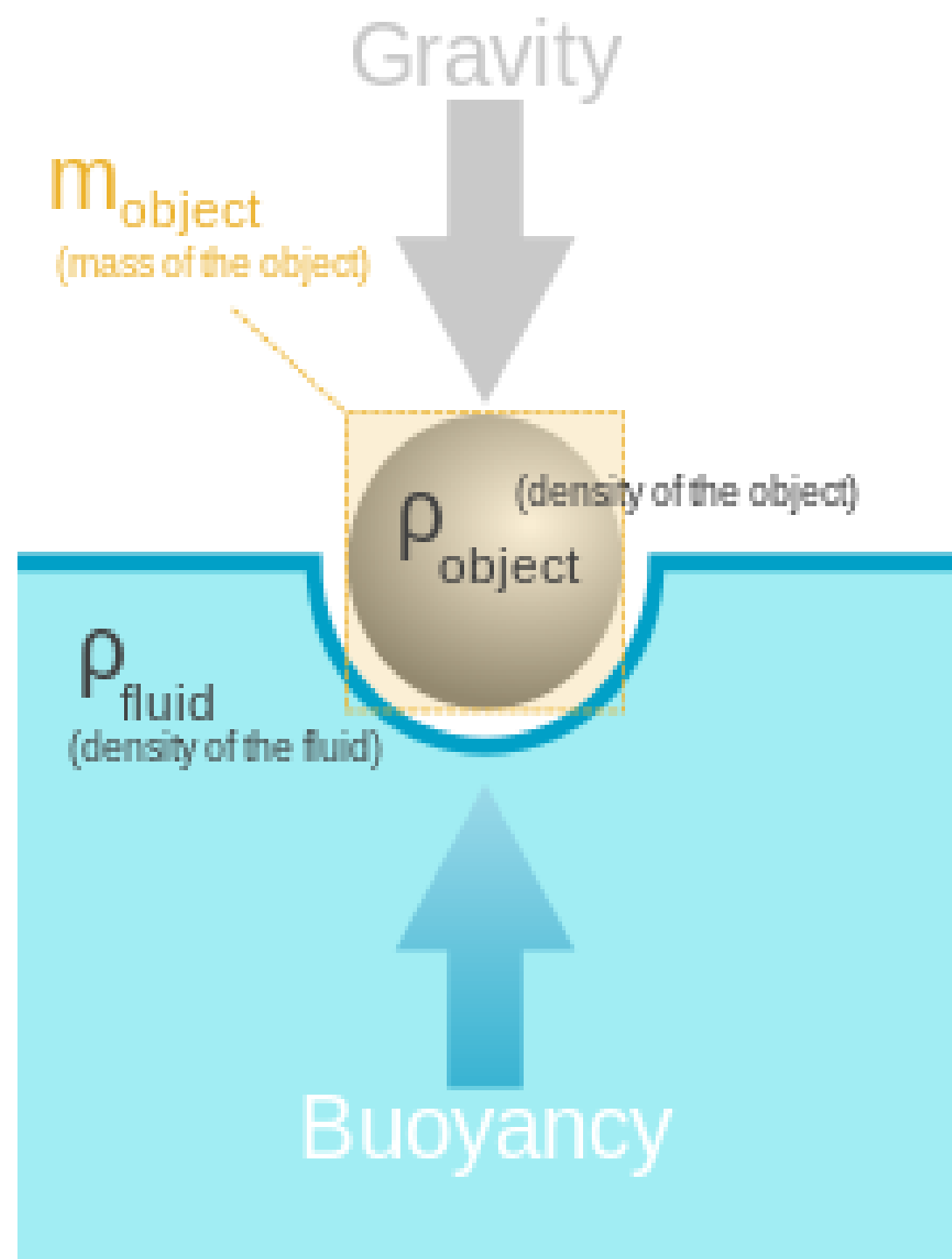
이론적 배경-자격루의 작동순서



이론적 배경-부력

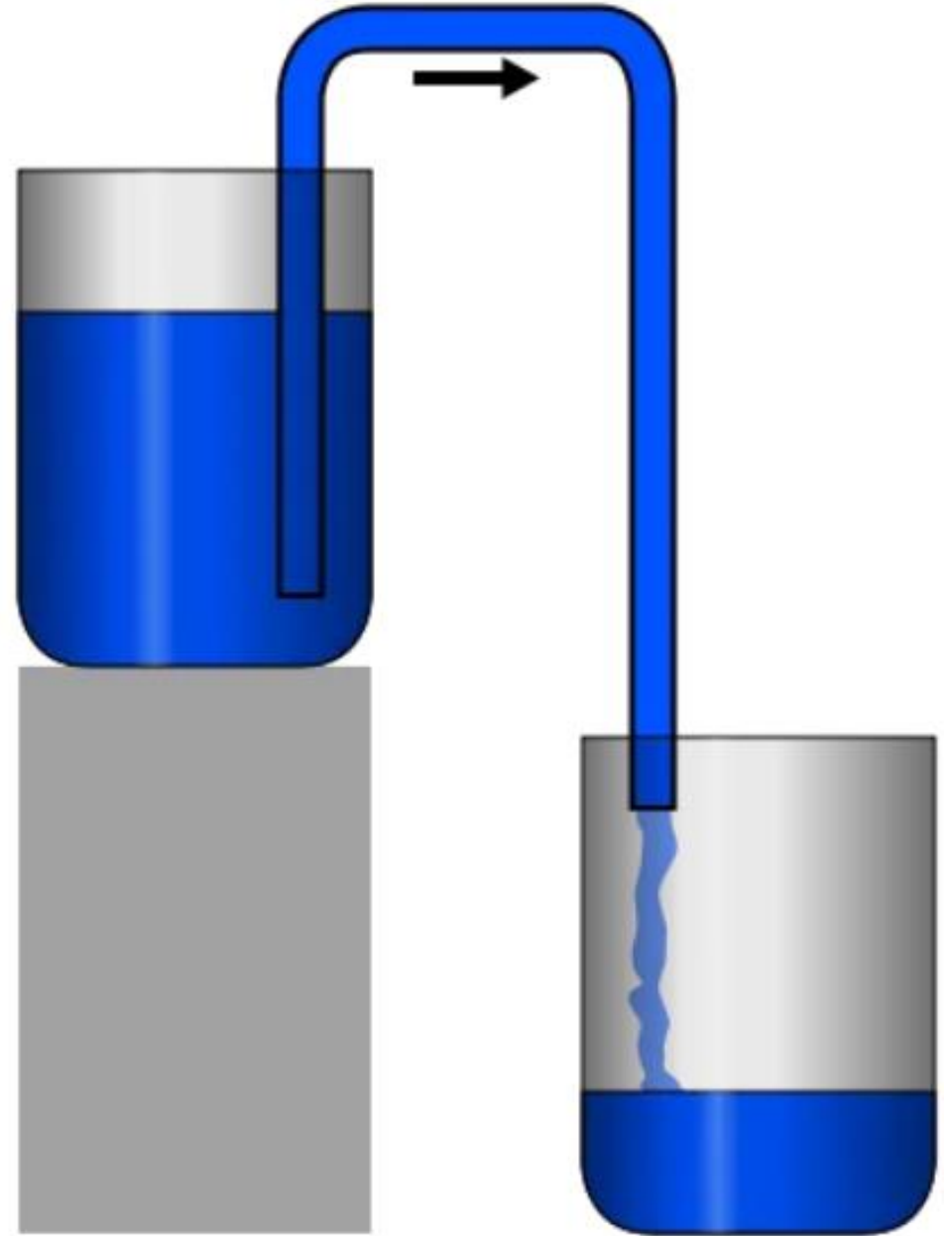
유체 속에 정지해 있는 물체가 중력과 반대 방향으로 받는 힘인 부력(수수의 잣대)

<그림-부력의 원리 / 출처: 위키백과> ►



이론적 배경-부력(응용)

- 구부러진 관 이상의 높이로 유체를 채워 넣으면, 대기압과 수압의 힘으로 인해 관이 유체를 빨아들이게 되고, 유체는 컵 아래로 빠져나가는 사이펀의 원리 (수수호의 물 자동 빠짐 시스템, 중파수호의 일정 수압 유지 시스템)



<그림-사이펀의 원리 / 출처:나무위키> ►

탐구방법

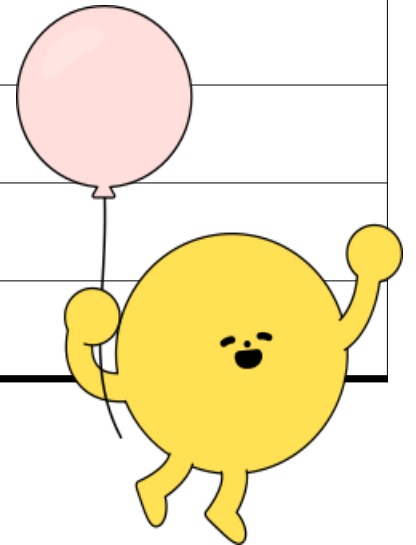
- 1) 자격루와 관련한 역사적 지식을 얻기 위해 관련 책과 자료, 동영상을 보고 지식을 쌓아 서로 발표하며 지식과 생각을 정리하였다.
- 2) 자격루의 원리를 알기 위해 국립중앙과학관에 있는 자격루의 '주전' 부분을 직접 보고 탐구하였다.
- 3) 자격루의 설계도를 작성하고 알맞은 재료로 파수호, 수수호, 시보를 각각 만들어 제작하였다.
- 4) 자격루 실험을 위해 유의할 점을 정리하고 토의하였고, 중간에 모여 작동 테스트를 한 후 수정할 점을 보완하였다.



탐구과정



2023년 5월 20일	*연구과제 상의 및 탐구계획서 작성 /*자료 조사 및 구체적 실험계획 세우기
2023년 6~7월	*개별적으로 탐구하고 온라인으로 상의 /*자격루 공부-영상 시청, 기사 찾기, 자료 수집
2023년 7월 29일	*자료를 정리하고 주요 작동원리를 이해하고 설계도를 작성함
2023년 8월 13일	*국립중앙과학관에 모여 전시되어있는 수수호를 관찰하여 설계도 수정 /*필요한 재료
2023년 8월 20일	*설계도를 바탕으로 자격루를 만들어 작동해 봄*자격루처럼 물로 작동하는 장치 완성함
2023년 8월	*온라인에서 상의하여 중간발표 탐구보고서 작성함 *제출 후 중간 피드백 받음
2023년 10월	*영재원 수업 시 만나서 상의하거나 온라인으로 제작에 대한 상의함
2023년 11월 4일	*각 부분을 다시 제작하여 작동 실험을 함
2023년 11월	*탐구보고서 작성 및 PPT제작, 발표대본 작성
2023년 11월 11일	*최종 발표예정



우리만의 자격루를 제작하기 위한 노력1



철환저장기 체험 Bronze ball storage experience

금루는 궁중의 물시계를 말하는데, 이를 관장하는 사람을 금루관원 이

금루관원은 자격루의 동작을 위해 철환저장기*의 구슬을 매일 배치
준비했다.

이 구슬들은 밤마다 떨어지는 작은 구슬(소화)이 빗장을 열



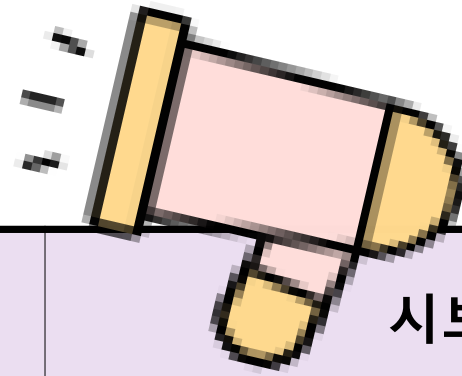
자격루에 대하여 더 자세히
알아보고 싶어 실제 작동하는
자격루가 복원 되어있는 대구
과학관에 직접 가서 자격루가
작동하는 것을 직접 보고
작동 원리들도 배웠다.

이미지출처: 구글이미지

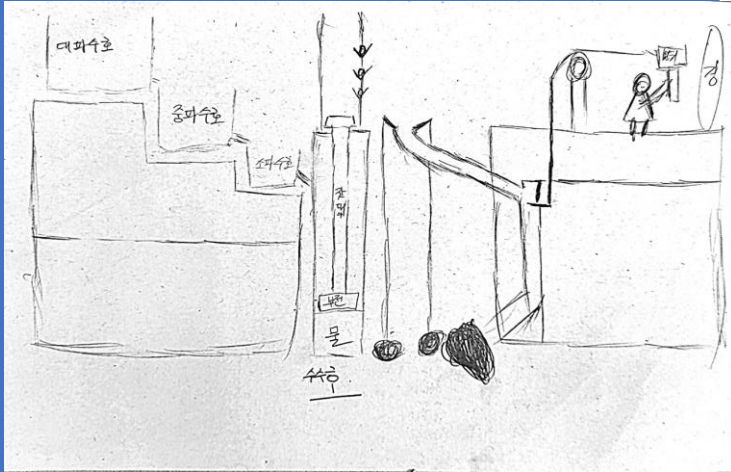
우리만의 자격루를 만들기 위한 노력2



실험1-자격루 재현 실험



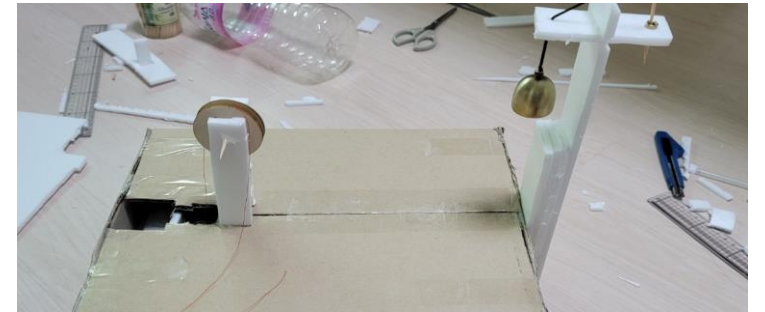
설계도



재료준비



시보

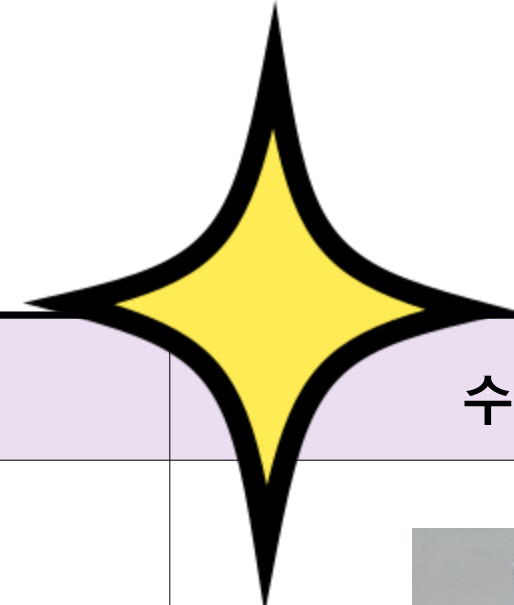


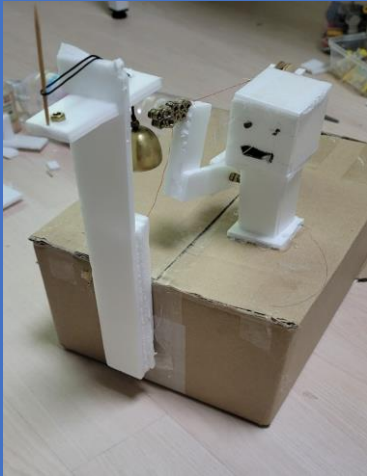
모눈종이에 다시 작성하여 그리
기

재료를 다시 준비하고 각 부분
에 맞는 재료 구하기

소리가 잘 나지 않으니 잘 나는
방법 연구하기

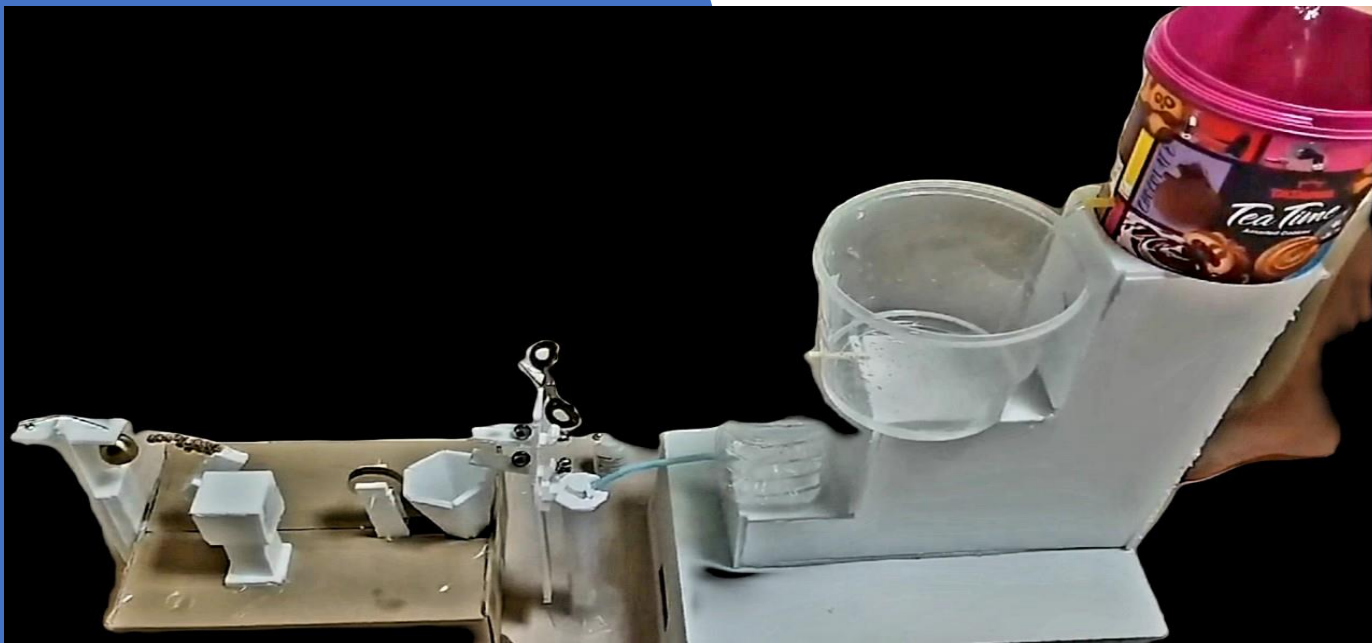
실험1-자격루 재현 실험



종치는 인형	종치는 망치	수수호
		
팔의 힘이 너무 약하므로 다른 재료로 만들기	금속재료로 다시 구하기	구슬 떨어트리는 부분 마찰 최소화 하기-다른 재료

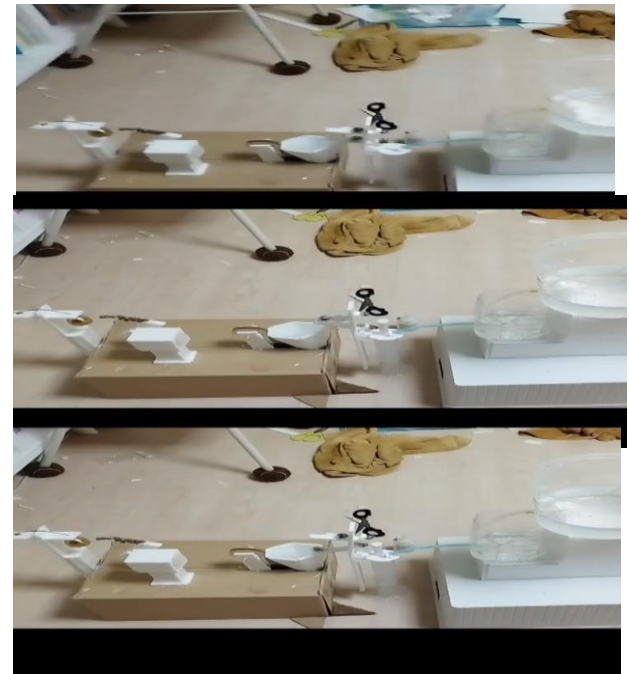
실험1-자격루 재현 실험

완성품



-물의 수압을 몰라 처음에는 파수호의 빨대 부분에서 물이
너무 세게 나가 방이 물바다가 됨

자격루 작동(영상 캡처)



여러 번의 시도 끝에 성공함

실험1-자격루 재현 실험

② [실험1] 자격루 재현 실험1의 결과 및 보완할 점

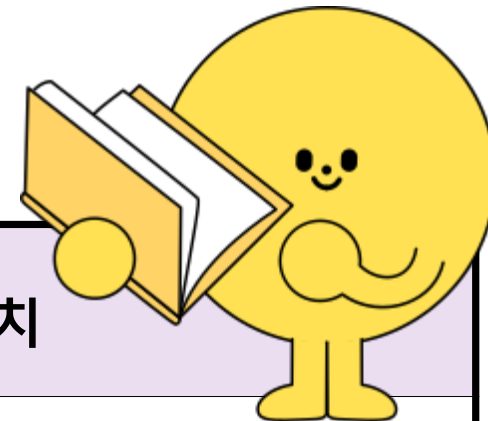
*파수호에서 물을 수수호로 흐르게 하여 잣대 부분을 움직여 쇠구슬을 작동시켜 시보 부분의 종을 치는 것에 성공하였다.

*시간의 간격을 일정하게 유지하도록 수정이 필요하였다.

*종을 치는 망치의 재료를 변경해야 소리가 더 잘 날 것이다.

*수수호의 잣대의 부력이 마찰을 받아 잘 떠오르지 않았다.

실험2-자격루 재현 실험



구조변경



실험1에서 미흡한 구조물을 변경
함

파수호대 구성과 파수호 설치



-파수호를 안정적으로 받쳐줄 파수호대 완성
-파수호의 간격과 물이 내려가는 속도를 확인함

실험2-자격루 재현 실험

방목 장치-수수호에서 시보로 넘어가는 부분



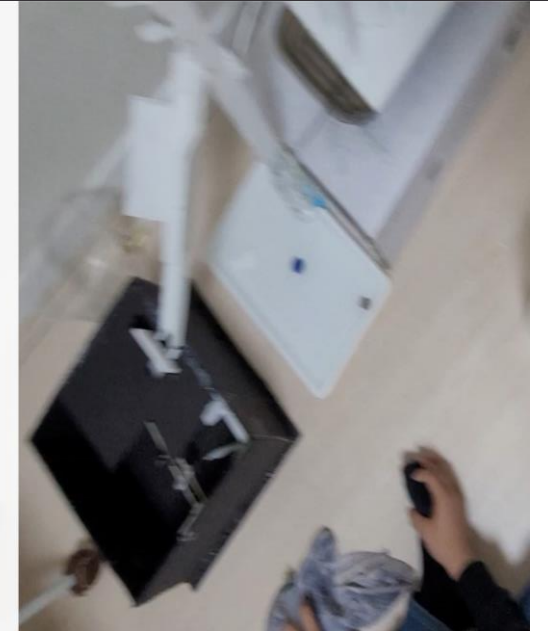
쇠구슬을 차례로 밀어내게 하는 장치 만들었지만 생 각대로 잘 되지 않았음

수수호



부력이 약해 잘 떠 오르지 않았음

시보



시보장치를 따로 만들어 소 리를 더 크고 맑게 하려함

실험2-자격루 재현 실험

시보장치가 종을 치는 장면(영상 캡처)



종소리는 명쾌하게 잘 들렸으나 오히려 실험1에서 성공한 방법(연결성)이 통하지 않음

실험2-자격루 재현 실험



② [실험2] 자격루의 재현 실험2의 결과와 보완할 점



완성품: 전체적 시보의 모습

- *실험1의 구조적 문제를 보완하기 위해 설계를 다시하여 만들었다.
- *그러나 실험2에서는 매끄럽게 성공하지 못했다.
- *장영실의 물시계보다 개선하려 노력했다.
- 수수호에서 물이 자동으로 빠지게 하여 수수호 관을 굳이 2개를 둘 필요가 없다.
- 시보의 크기와 내부 구조를 작고 간단하고 간추려서 만들어서 공간 활용이 용이하다.
- 파수호에서 물이 넘치지 않게 일정 높이 이상 올라가면 물이 빠지는 관을 설치하였다.

결론 및 고찰

새로 알게 된 점

더 알고 싶은 점

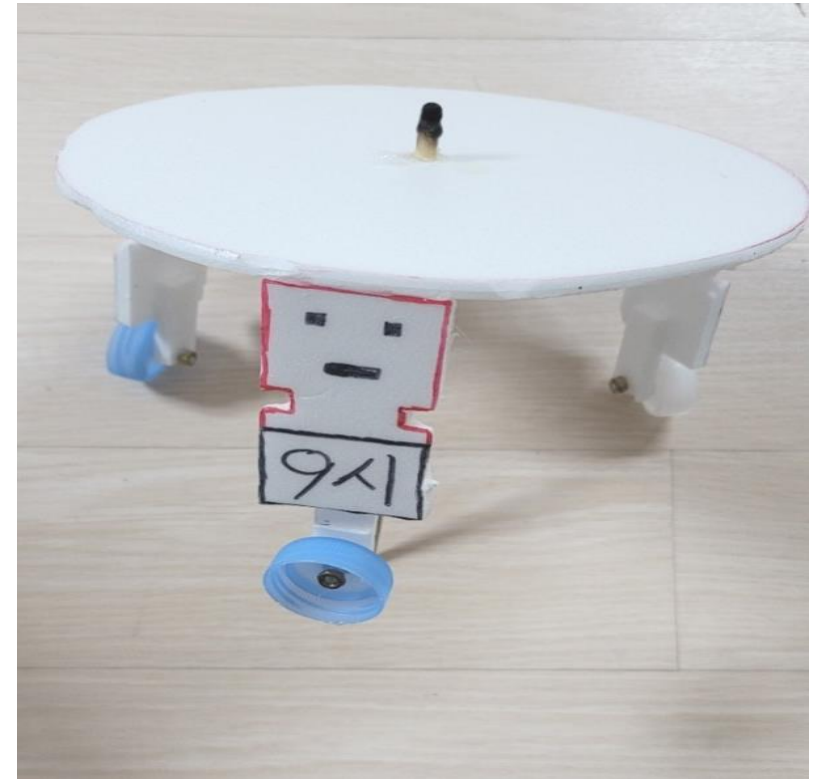


- 시보 크기를 줄였고, 실제 자격루와 비슷하게 제작함
- 중파수호에 물의 높이를 일정하게 유지시켜 수압을 일정하게 유지시킬 수 있는 장치를 추가함
- 수수호에 물이 일정한 높이 이상 차면 사이편의 원리로 인하여 물이 다 빠지고 다시 차오르게 함
- 잣대 부분을 더 튼튼하게 제작하여 구슬이 마구잡이로 떨어지는 것을 방지하였고, 잣대가 일직선으로 올라가도록 하게함

결론 및 고찰

아쉬운 점

- -[실험1]에서 시보의 인형을 치면 종소리가 잘 나지 않
- 아 [실험2]에서는 시보 안에서 지렛대의 원리로 치게
- 하였는데 소리는 잘 났다. 하지만 시보의 외관에서 시
- 간을 표시하는 장치를 만들다가 계속 실패하여 우리만
- 의 자격루에 달지 못한 것이 아쉬웠다.
- -시보 장치나 수수호, 파수호 부분은 의도했던대로 잘 작동
- 하였지만 잣대부분에서 잣대와 수수호 통과의 마찰이 너
- 무 크고, 잣대의 부력이 작아 구슬을 밀어 올릴 정도가 못되어서 전체적 작동
- 에는
- 실패하였다
- -수수호를 너무 크게 할 수 없어서 아주 짧은 시간의 간격만 측정할 수 있다
- 는
- 한계가 있어서 아쉬웠다.
- -다음에 더 기회가 된다면 더 완성도 있고 더 많은 점을 개선한 조금 더 큰
- 사이즈의 자격루를 제작해 보고 싶다. 고르지 못한 시간 간격을 수정하는 방
- 법을
- 더 연구하고 싶다.



시보장치의 시간을 보여주는 장치-
정성껏 만들었지만 설치에 실패하
였다.

결론 및 고찰



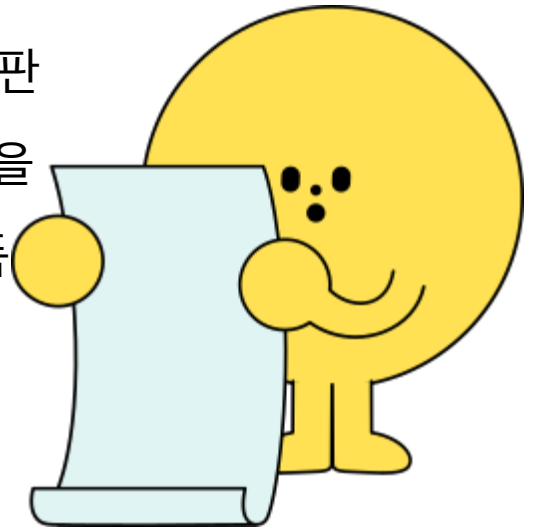
보완할 점

- -대파수호에 자동으로 물이 차게 하기.
- -인형이 옆에서 나와 시간을 알려주는 것 대신 시간을 음성과 LED로 알려주기
- -시보 크기를 줄이기
- -휴대용처럼 간편히 휴대할 수 있게 만들기
- -사용한 구슬을 자동으로 다시 올리기
- : 위와 같은 점을 개선하고 보완한다면 우리만의 더 멋진 자격루를 만들 수
- 있을 것이라는 생각이 든다.

결론 및 고찰

느낀 점

- -'자격루'라는 역사적 발명품을 예전부터 동경해왔었다. 아직 누구도 완벽하게 재현해내지 못했다는 것에 도전하고 싶은 생각이 들게 되었다. 여러 문헌과 자료들, 동영상으로 '자격루'에 대해 공부하는 동안 여러 가지 연관된 과학적 지식들을 쌓을 수 있어서 무척 보람있는 시간이었다. 친구들과 머리를 맞대고 고민하는 과정도 재미있었다.
- 비록 완벽한 성공은 하지 못했지만 실패는 성공으로 가는 발판이니 좋은 경험이었다고 생각이 든다. 우리 조상들의 위대함을 다시 한번 깨달을 수 있었고 우리도 역사에 길이 남을 발명품 만들고 싶다는 생각을 하게 되었다.



참고문헌

- **[참고문헌]**
- *고등 모의고사 지문(2004.6)-장영실의 자격루
- *한국민족문화백과사전-자격루
- *문화재청 보도-570년만의 조선왕조 첨단과학 자격루 복원제작 (2007.11.21.)
- *ZDNet korea-장영실이 만든 자동 물시계 '자격루'비밀 풀었다(2022.7.14.)
- *네이버 지식백과-밤의 시간을 알려주는 자격루
- *KBS 천상의 컬렉션-자격루
- *헬로디디-물시계'자격루' 핵심장치 '주전'비밀, 588년 만에 풀렸다.(2022.7.14.)
- *그 외의 각종 자료와 영상들..

**저희 발표를 잘 들어 주셔서
감사합니다**

