

갈릴레오 탈진기 탐구활동

Galileo Escapement

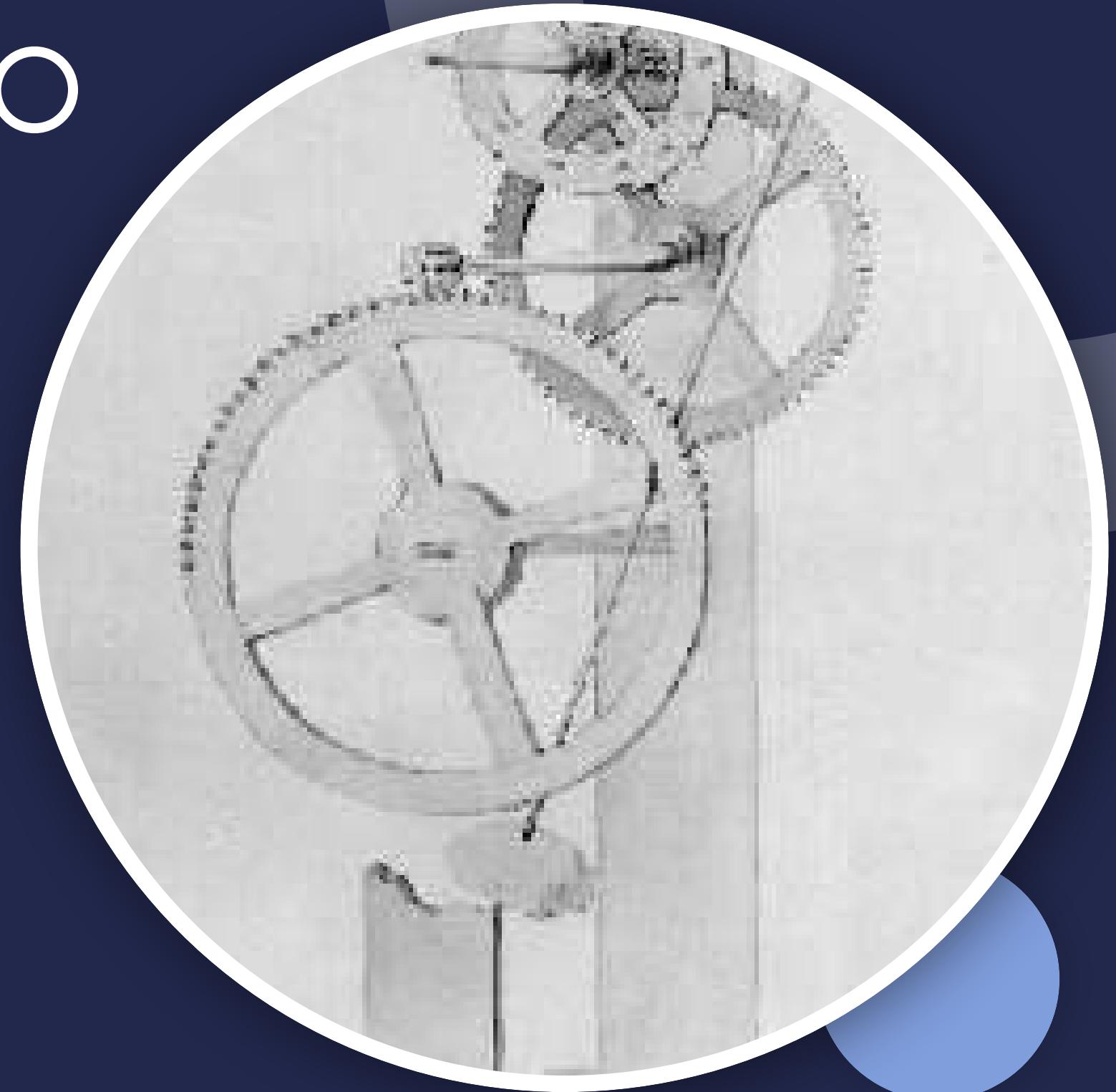
동아리 탐구 활동

작성자

소현우

작성일

2025.05.05~05.06



목차

- 01 탐구동기
- 02 탐구과정(1) - 갈릴레오 탈진기의 정의 및 탈진기란?
- 03 탐구과정(2) - 갈릴레오의 발견
- 04 탐구과정(3) - 갈릴레오 탈진기의 설계 원리
- 05 탐구과정(4) - 갈릴레오 탈진기의 역사적 맥락
- 06 심화 발전 방향
- 07 참고자료

01 | 탐구동기

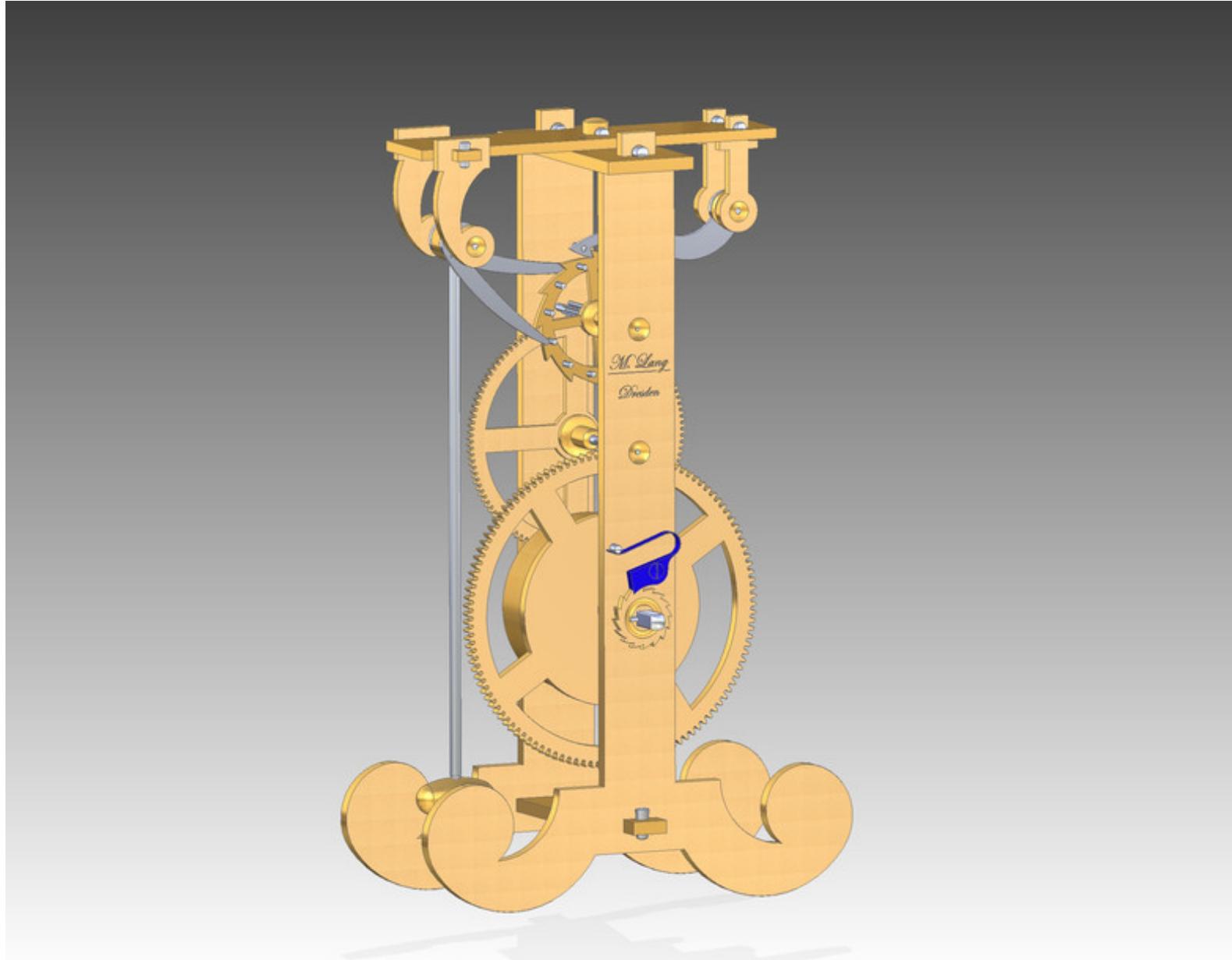


3D 프린팅 갈릴레오 탈진기

탐구동기

동아리 선생님께서 이 탐구활동을 하며 원리를 조사해 보라고 하셔서 갈릴레오 탈진기 그리고 탈진기의 종류와 어떤 구조와 작동 방식으로 어떻게 시간을 측정 하는지 궁금해졌고 이를 탐구해 보기로 했습니다

02 | 탐구과정(1) - 갈릴레오 탈진기의 정의



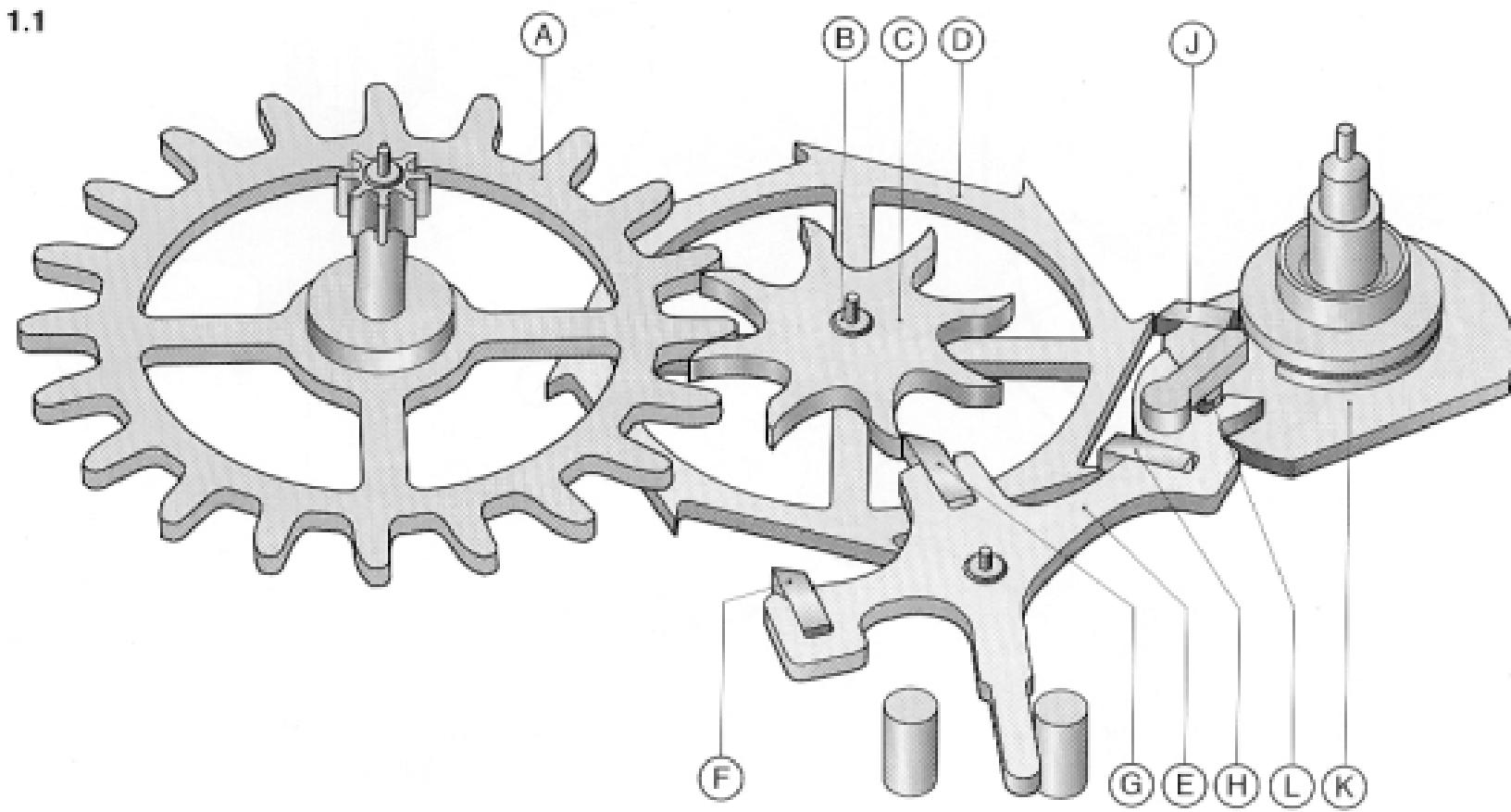
갈릴레오 탈진기 3D CAD 모델

● 갈릴레오 탈진기란?

Galileo Escapement는 갈릴
레오 갈릴레이가 고안한 시계용
탈진기로 진자의 주기적인 움직
임을 이용해 시계의 톱니바퀴(기
어)를 일정한 속도로 움직이게
하려는 장치입니다

03 | 탐구과정(1) - 탈진기란?

Fig. 1.1



탈진기란?

기계식 시계에서 탈진기는 매우 중요한데요

시계의 동력원(예:태엽, 추)이 풀리는 힘을 직접 기어로 전달하면
너무 빨리 풀려버립니다

그래서 탈진기는 동력의 힘을 일정한 (똑딱) 리듬으로 나눠서 기
어를 한 칸씩 움직이도록 조절합니다

이렇게 해야 시계가 초 단위로 일정하게 움직이면서 시간을 정확
히 챌 수 있어요

스위스 레버 탈진기 도면

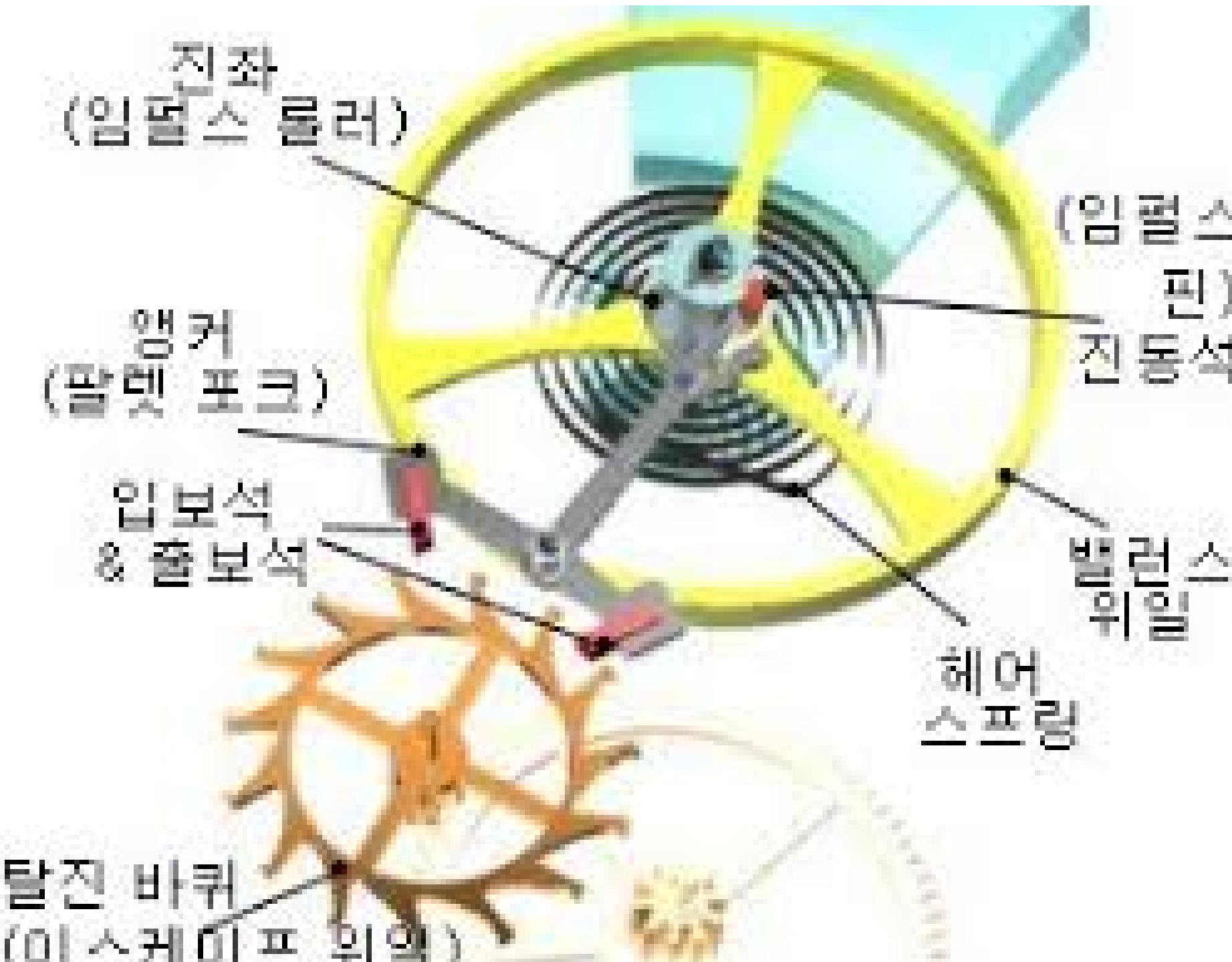


도움말

스위스 레버 탈진기: 지금도 기계식 손목시계에서 가장 널리 쓰이는 탈진기입니다.
갈릴레오 탈진기 같은 초기 탈진기보다 훨씬 정밀하고, 충격과 마모에 강하게 설계되었어요.

현대 시계에서 가장 유명한 탈진기는 **스위스 레버 탈진기**이고 갈
릴레오의 설계는 그보다 훨씬 초기 개념입니다

04 | 탐구과정(2) - 갈릴레오의 발견



시계 구조: 조속기와 탈진기

● 갈릴레오의 발견

갈릴레오의 주요 발견: 진자의 등시성

갈릴레오는 1583년 19세 때 피사의 대성당에서 커다란 양들리에가 흔들리는 모습을 보고 중요한 사실을 깨달았습니다

진자의 주기(왕복 시간)는 진폭(흔들리는 각도)이 조금 달라도 거의 일정하다
이것을 진자의 등시성이라고 합니다

쉽게 말하자면 진자가 크게 흔들리든, 작게 흔들리든 한 번 왕복하는 데 걸리는 시간은 거의 같다는 겁니다

갈릴레오의 생각: 시계에 적용할 수 있지 않을까?

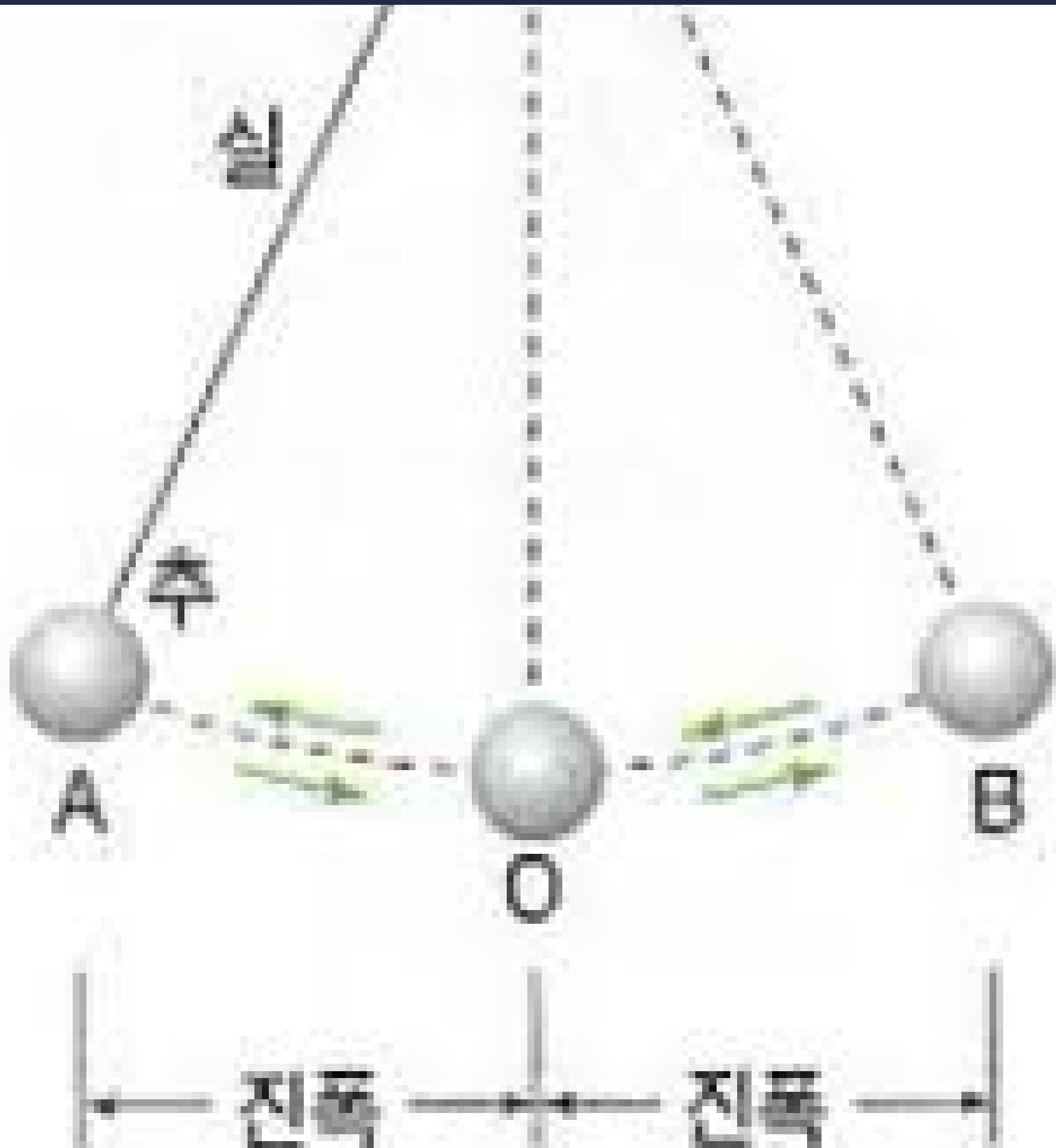
당시까지는 정확한 시간 측정 도구가 없었고

물의 흐름이나 모래시계, 초시계는 정밀하지 않았습니다.

갈릴레오는 진자의 등시성을 이용하면 아주 정밀한 시계를 만들 수 있을 것이라 생각했습니다.

그래서 그는 진자와 탈진기를 결합하는 아이디어를 고안합니다.

05 | 탐구과정(3) - 갈릴레오 탈진기의 설계 원리



● 갈릴레오 탈진기의 설계 배경

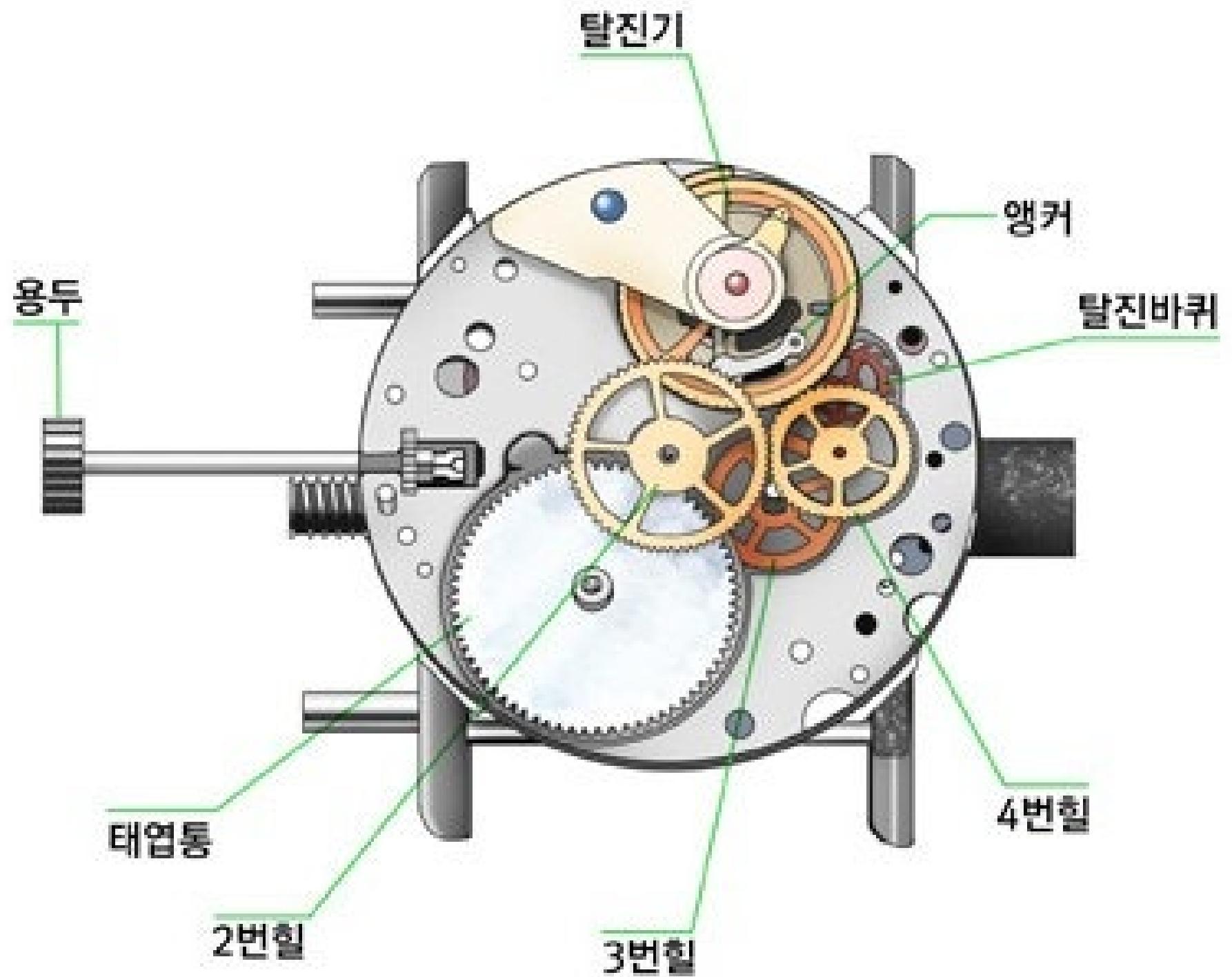
먼저 갈릴레오 탈진기의 설계원리를 알기전에 설계배경부터 설명하겠습니다

갈릴레오 탈진기의 설계 배경: 갈릴레오는 진자의 등시성(주기가 일정함)을 발견했을 때 이것을 시간 측정 장치에 적용할 수 있다고 생각했어요

문제는 진자만으로 시계의 바늘을 움직일 수 없다는 거예요

그래서 탈진기라는 장치를 만든겁니다

06 | 탐구과정(3) - 갈릴레오 탈진기의 설계 원리



● 갈릴레오 탈진기의 설계 원리

갈릴레오 탈진기의 설계 원리 구성 요소와 각 역할을 나누어 볼게요

1. 진자

일정한 주기로 좌우로 흔들리는 부분입니다
시계 전체의 시간 기준이 됩니다

2. 탈진 바퀴

시계의 기어 중 하나입니다
이 바퀴가 한 칸씩 정확히 돌면 시계 바늘도 정확히 움직입니다

3. 팔레트(지렛대)와 핀

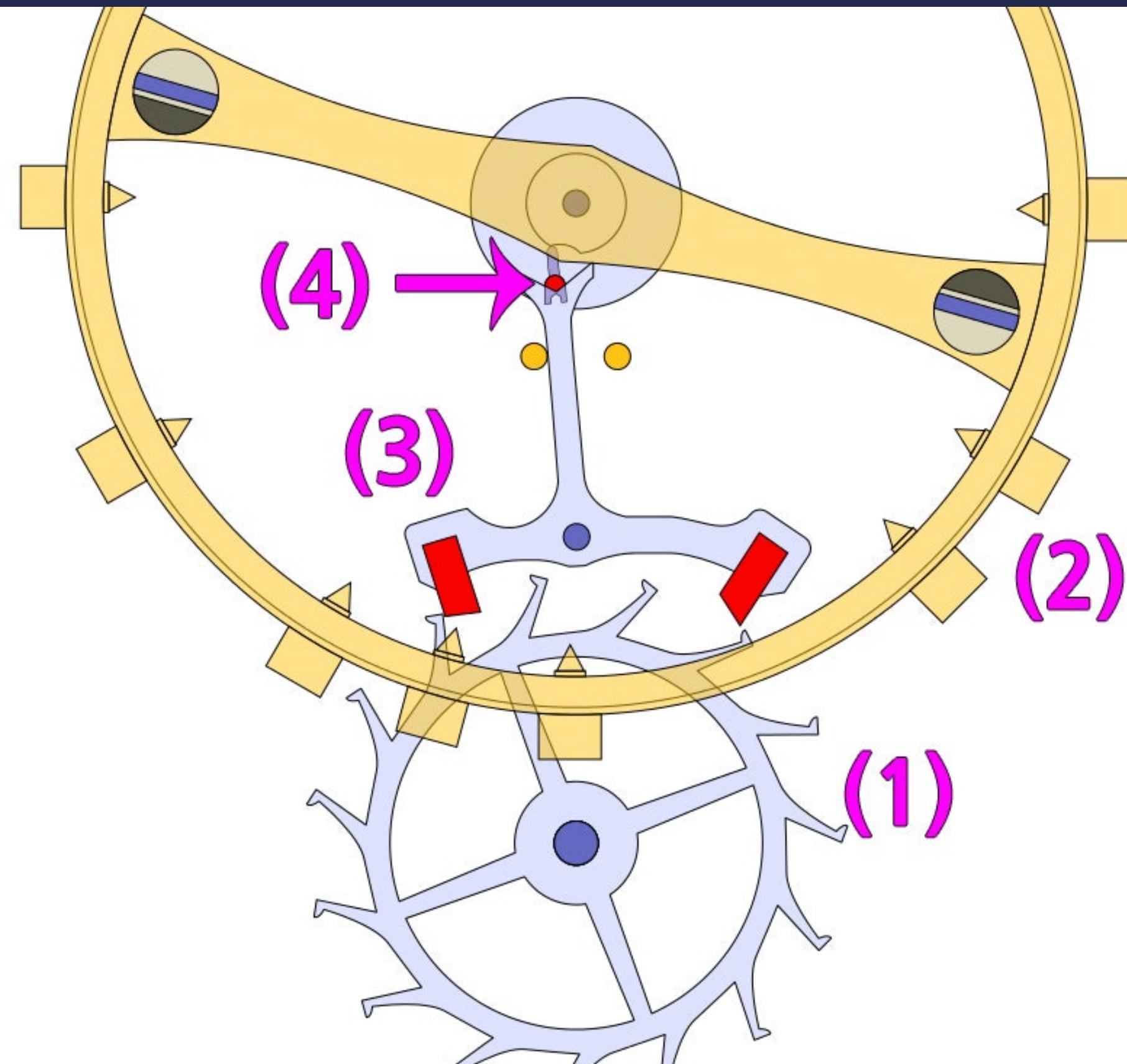
탈진 바퀴 위에 놓여서 톱니를 한 칸씩 잠그고 풀어주는 장치입니다
진자 끝에 연결되어 있어 진자 운동과 함께 좌우로 움직입니다

4. 에너지 전달

탈진 바퀴에서 진자 쪽으로 약간의 힘을 전달하여
진자의 운동이 저절로 멈추지 않게 함 (마찰 손실 보완을 해줍니다)

(째깍째깍) 시계 초침 소리 시계의 구조

07 | 탐구과정(3) - 갈릴레오 탈진기의 설계 원리

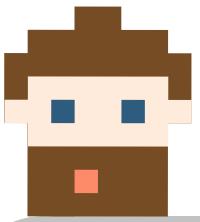


● 갈릴레오 탈진기의 설계 원리

이제 작동 흐름을 간단하게 해보자면요

1. 진자가 왼쪽으로 흔들리면 왼쪽 팔레트가 탈진 바퀴를 잠시 멈춥니다
2. 진자가 계속 왼쪽으로 가면서 왼쪽 팔레트가 바퀴 톱니를 툭 밀어 한 칸 움직입니다
3. 진자가 다시 오른쪽으로 돌아오면 오른쪽 팔레트가 같은 역할을 반복합니다
4. 이 과정에서 탈진 바퀴는 계속 한 칸씩, 규칙적으로 돌고 기어를 통해 시계 바늘이 움직입니다

08 | 탐구과정(4) - 갈릴레오 탈진기의 역사적 맥락



도움말

아리스토텔레스적 자연관: 1. 우주는 목적론적이다: 자연계의 모든 것은 목적이나 최종 목표를 가지고 움직인다고 보았습니다
예: 돌은 원래 땅에 속해 있으므로 떨어지고 불은 위로 솟으려 한다
2. 4원소설: 세상의 모든 물질은 흙, 물, 공기, 불 네 가지 기본 원소로 이루어졌다고 생각했습니다.
3. 천상계-지상계 이원론
우주는 크게 두 영역으로 나뉜다고 보였습니다
지상계: 지구와 그 주변 → 변화, 생성, 소멸이 일어남
천상계: 달 너머 별들의 세계 → 완전하고 불변함
4. 물체의 운동은 두 가지
자연운동: 물체가 본래의 위치로 가려는 운동 (예: 돌이 떨어짐)
강제운동: 외부 힘이 가해진 운동 (예: 화살이 날아감)
→ 강제운동은 힘이 멈추면 즉시 멈춘다고 생각함 (관성 개념 X)

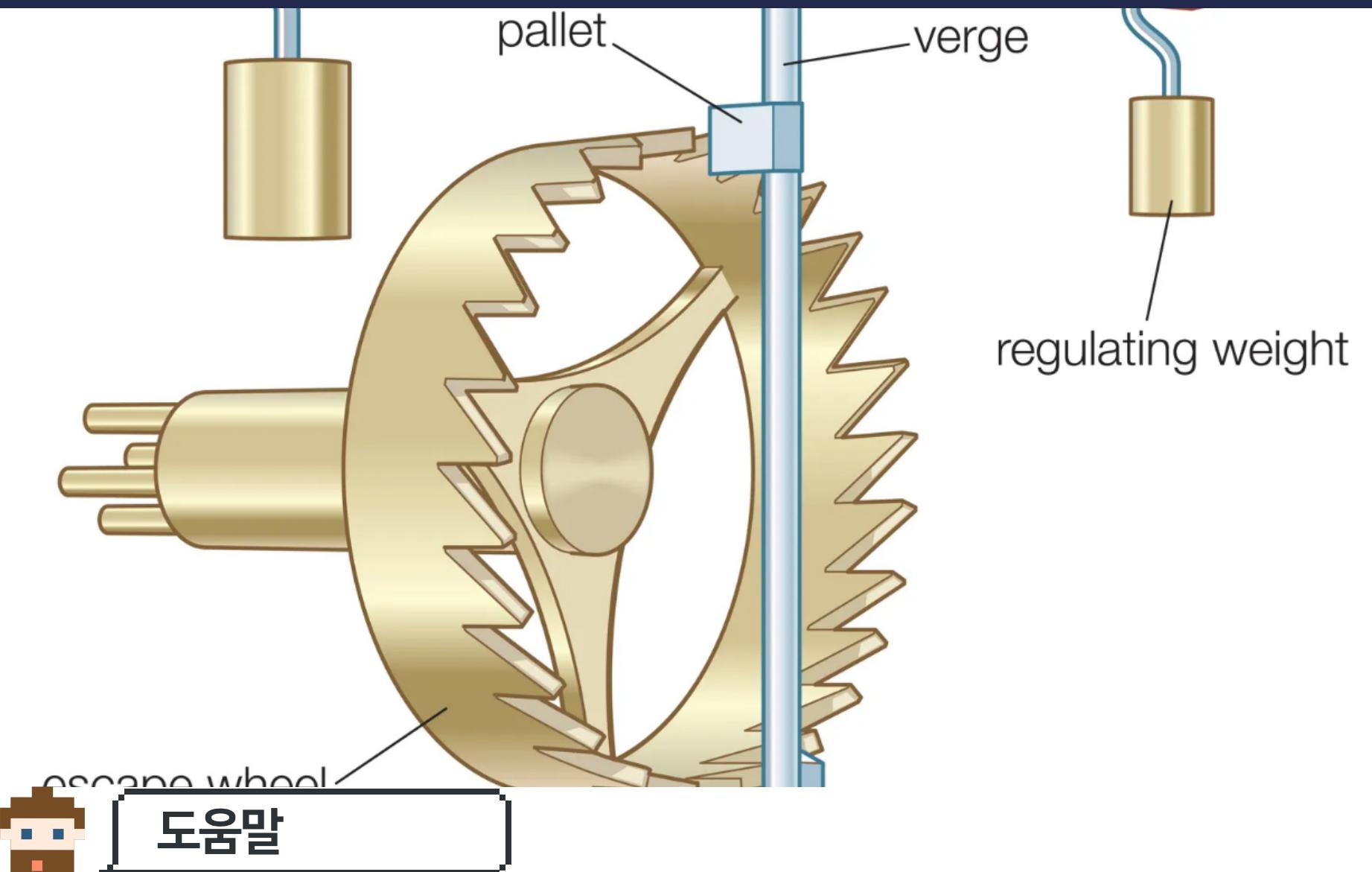
● 당시의 시대 상황

16세기 말~17세기 초는 르네상스 후기는 과학 혁명 시기예요

유럽 전역에서 코페르니쿠스, 케플러, 갈릴레오, 데카르트, 뉴턴 같은 과학자들이 기존 아리스토텔레스적 자연관을 뒤엎고 실험과 수학으로 자연을 설명하려 했습니다

특히 정확한 측정에 대한 욕구가 강했습니다
별과 행성의 위치 계산, 항해, 지리 탐험, 천문학 연구에서 정확한 시간 측정이 필수였습니다

09 | 탐구과정(4) - 갈릴레오 탈진기의 역사적 맥락



verge escapement: 시계 역사에서 아주 중요한 탈진기 중 하나로 갈릴레오 탈진기보다 훨씬 오래 쓰였던 장치입니다. 버지 탈진기는 중세~근대 초기의 기계식 시계에서 사용된 가장 오래된 탈진 장치로 톱니바퀴(탈진 바퀴)의 회전을 한 칸씩 멈췄다가 풀어주면서 시계의 속도를 조절하는 역할을 했습니다. 보통 13세기부터 17~18세기까지 유럽 시계에 표준처럼 쓰였고 교회 종탑 시계, 초기 회중시계, 초기 탁상시계 등에서 많이 볼 수 있어요.

● 시계의 문제점

당시 시계는 주로 물시계, 모래시계, 해시계였고 야외나 밤에 쓸 수 없거나 오차가 매우 컷습니다. 기계식 시계(태엽)가 이미 있었지만 탈진 장치가 부정확하고 에너지 손실이 커서 정밀하지 않았습니다.

예시: verge escapement 같은 초기 탈진기는 15~30분 오차가 일상적이었습니다.

10 | 탐구과정(4) - 갈릴레오 탈진기의 역사적 맥락



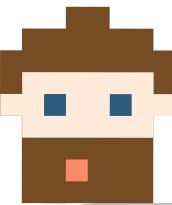
● 갈릴레오의 발견과 착안 (1583년)

갈릴레오는 피사의 대성당에서 샹들리에의 흔들림을 관찰하며
진자의 등시성(진폭이 달라도 주기가 일정함)을 발견.

그는 “이걸 시계에 적용하면 훨씬 정밀한 시계를 만들 수 있겠다”는 아이디어를 떠올립니다.

당시 갈릴레오는 천문학, 물리학, 철학, 수학 등에서 이름을 알리고 있었고,
과학 혁명의 주역으로 성장하던 시기였어요.

11 | 탐구과정(4) - 갈릴레오 탈진기의 역사적 맥락



도움말

갈릴레오 탈진기를 완성못한 이유: 1. 건강 문제 갈릴레오는 만년(1630년대 후반)에 거의 실명 상태였어요. 특히 1638년 이후에는 두 눈 다 보이지 않았습니다. 눈이 보이지 않으니 정밀한 기계 설계나 제작은 거의 불가능했습니다

2. 기술적 한계

갈릴레오 시대에는 기계 가공 기술이 매우 미숙했습니다. 정밀한 톱니바퀴, 탈진기 부품, 진자 길이 조절 등을 제작할 수 있는 기술이나 장인이 부족했습니다. 특히 진자의 미세한 조정이 필요한데, 당시 기술로는 에너지 전달·충격 흡수 문제를 해결하기 어려웠습니다.

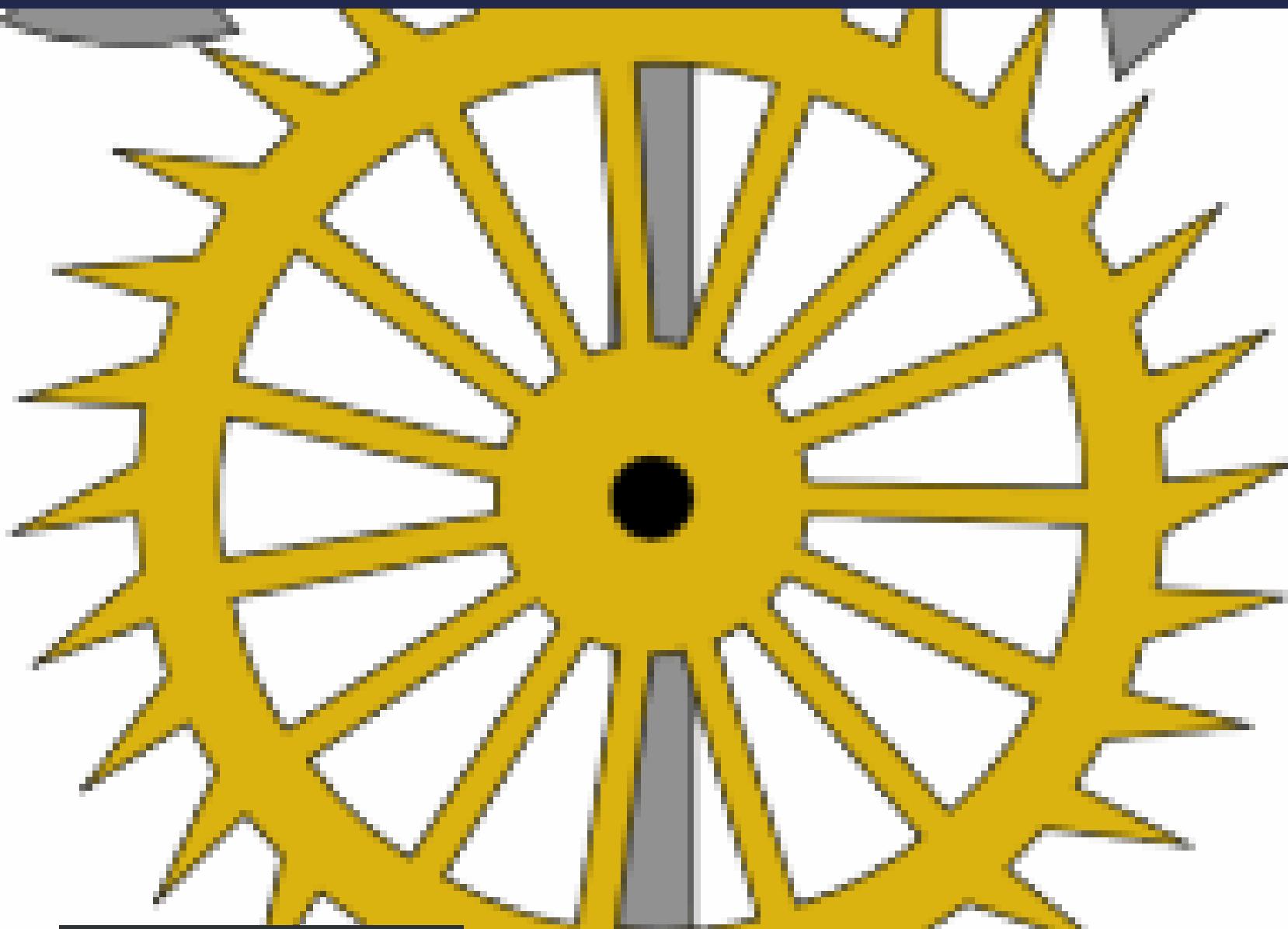
● 갈릴레오 탈진기 설계

갈릴레오는 만년(1630년대 후반)에 시력을 거의 상실하면서도 아들 비첸초 갈릴레이에게 진자 탈진기의 설계 아이디어를 전했습니다.

그의 구상은 진자 운동으로 탈진 바퀴를 제어하는 방식이었는데 이것은 최초로 물리학적 주기 현상(진자)을 정밀 시간 측정에 연결한 시도로 역사적으로 매우 중요합니다.

하지만 실제로 이 시계를 완성하지는 못했고 그의 아이디어는 오랫동안 이론으로만 남았습니다.

12 | 탐구과정(4) - 갈릴레오 탈진기의 역사적 맥락



도움말

anchor escapement(앵커 탈진기): 시계 역사에서 아주 중요한 탈진기로, 오늘날 우리가 쓰는 펜듈럼(진자)시계의 표준형을 만든 핵심 기술이에요. 앵커 탈진기는 진자 시계용 탈진기로 17세기 후반에 등장했습니다. 이전의 verge escapement보다 훨씬 정밀하고 효율이 높아서 오늘날의 시계 설계에 큰 영향을 주었어요.

● 후계자의 완성: 하위헌스 (1656년)

갈릴레오 사후 약 15년 뒤, 네덜란드의 크리스티안 하위헌스가 실제 진자 시계를 완성합니다.

하위헌스는 갈릴레오의 아이디어에서 출발해 자신만의 실용적인 탈진기(예시: anchor escapement)를 설계해 세계 최초의 정밀한 진자 시계를 만들어냅니다.

13 | 심화 발전 방향 - 문제 해결위한 시도

Galileo Escapement의 설계 원리

구성 요소와 각 역할을 나누어 볼게요.

1 진자 (Pendulum)

- 일정한 주기로 좌우로 흔들리는 부분
- 시계 전체의 시간 기준이 됨

2 탈진 바퀴 (Escape wheel)

- 시계의 기어 중 하나
- 이 바퀴가 한 칸씩 정확히 돌면 → 시계 바늘도 정확히 움직임

3 팔레트(지렛대, Anchor)와 핀

- 탈진 바퀴 위에 놓여서 톱니를 한 칸씩 "잠그고 풀어주는" 장치
- 진자 끝에 연결되어 있어 진자 운동과 함께 좌우로 움직임

4 에너지 전달

- 탈진 바퀴에서 진자 쪽으로 약간의 힘을 전달하여
진자의 운동이 저절로 멈추지 않게 함 (마찰 손실 보완)

● 문제 해결위한 시도

1. 시계의 기초 문제

문제점: 제가 이 탐구활동을 하면서 시계의 대한 기초가 없어서 특히 탈진기쪽 원리를 잘 몰라서 탐구과정을 쓰는게 어려웠지만
해결법: 챗 gpt랑 유튜브에서 탈진기의 관한 원리를 보니 이해가 되었습니다

2. 갈릴레오 탈진기의 설계 원리의 대한 이해 문제

문제점: 설계원리를 쓰면서 물리의 대한 기초를 알아야 하지만 모르는 문제가 발생해서요

해결법: 이것도 챗 gpt의 도움을 받아 이해했습니다

14 | 심화 발전 방향 - 이탐구를 하면서 느낀점

● 이탐구를 하면서 느낀점

이탐구를 하면서 처음엔 갈릴레오 탈진기의 원리와 탈진기의 원리 그리고 물리의 대한 기초를 몰라서 많이 어려웠지만 점점 알아가보니 재밌었고 저도 기계의 대한 흥미가 많아서 많이 어려워도 포기하지 않고 이탐구를 했던것같습니다

15 | 참고자료

좋은 질문이에요!

Galileo Escapement는 갈릴레오 갈릴레이(Galileo Galilei)가 고안한 **시계용 탈진기(escapement)**의 한 종류입니다.

탈진기(escapement)는 기계식 시계에서 동력(태엽이나 추의 힘)을 일정한 간격으로 분배해 주는 장치로, 시계가 시간을 일정하게 측정할 수 있게 해줍니다.

갈릴레오는 1583년 피사의 대성당에서 샹들리에의 진동 주기를 관찰하며 진자의 등시성(isocronism)을 발견했고, 이 아이디어로 진자(pendulum)를 이용한 시계를 떠올렸습니다. 그 결과로 고안한 것이 **Galileo Escapement**입니다.

Galileo Escapement 가 뭐야?

Galileo Escapement의 발견 요약

발견 내용	영향
진자의 등시성 발견	일정한 시간 측정 가능성 발견
진자-탈진기 설계 구상	정밀한 시계 설계 아이디어 제공
실제 시계 제작은 실패	훗날 하위헌스가 진자시계로 완성시킴

Galileo의 중요성

- 물리학에선: 운동 법칙, 등가속 운동 이해의 기초 제공
- 시계학에선: 최초로 “물리학적 주기 현상”을 시간 측정에 연결
- 과학 혁명에선: 관찰 → 발견 → 아이디어 설계의 좋은 본보기

https://en.wikipedia.org/wiki/An_angular_escalpement
앵커 탈진기의 대한 설명

출처:위키피디아

https://en.wikipedia.org/wiki/Verge_escalpement
버지 탈진기의 대한 설명

출처:위키피디아

갈릴레오 탈진기 탐구활동

지금까지 저의 탐구활동을 들어주셔서 감사합니다

동아리 탐구 활동

작성자

소현우

작성일

2025.05.05~05.06