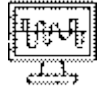




# 음계의 과학적 원리 탐구



## 작품요약설명

피아노의 12개의 건반에 대응되는 12음계 속에 담겨 있는 과학적인 원리를 탐구하였다. 12음계 음들의 진동수가 가지는 패턴을 찾아내고 이를 이용하여 다른 음계들을 직접 만들어 보았다. 10음계를 사용하는 피아노 프로그램을 작성하고 음악을 직접 연주해 보았다. 그리고 음들 사이의 화음의 원리를 알아내고 12음계와 10음계에 적용해서 협화음을 이루는 음들과 불협화음을 이루는 음들을 모두 찾아보았다.

## 연구내용

### ① 탐구 동기 및 목적

피아노를 공부하다 피아노는 7개의 흰 건반과 5개의 검은 건반이 반복된 패턴으로 이루어져 있다는 것을 알게 되었는데, 왜 꼭 12개로 이루어져 있는지 궁금증이 생겼다. 그리고 12개가 아닌 다른 개수의 건반을 가지는 피아노는 없는지 궁금했다. 이런 궁금증을 풀기 위해 탐구를 시작했다.

### ② 음계의 과학적 원리 탐구

#### 1) 12음계 음들의 규칙 찾기 (실험 1)



그림 1: 12음계 음들의 진동수 측정 과정

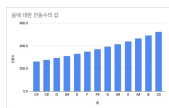


그림 2: 12음계 음들의 진동수 비교 그래프

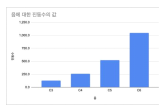


그림 3: 도(C) 음들의 진동수 비교 그래프

→ 이웃한 음들의 진동수 비율은 일정, 도(C) 음들은 2배씩 증가

#### 2) 음계의 음들이 가지는 과학적 원리 탐구 (진동수 비율 R)

$$R \times \dots \times R \text{ (R을 12번 곱함)} = 2$$

→ 12음계의 이웃한 음들의 진동수비율 R = 1.0595로 일정함

#### ③ 다양한 음계 만들기 (실험 2)

→ N음계 음들의 진동수 비율 R의 계산 결과 (표 3)

N	8	9	10	11	12
R	1.0905	1.0801	1.0718	1.0650	1.0595

→ N음계 음들의 진동수 계산 결과 (표 4)

진동수	18(C4)	2음	3음	4음	5음	6음	7음	8음	9음	10음	11음	12음	13음
N=8	261.63	285.31	311.13	339.29	370.00	403.49	440.01	479.83	523.26				
N=9	261.63	282.58	305.20	329.63	356.02	384.53	415.31	448.56	484.47	523.26			
N=10	261.63	280.41	300.53	322.10	345.22	370.00	396.56	425.02	455.52	488.22	523.26		
N=11	261.63	278.65	298.65	316.07	336.45	358.32	381.84	406.68	433.13	461.30	491.30	523.26	
N=12	261.63	277.19	293.67	311.13	329.63	349.23	370.00	392.00	415.31	440.01	466.17	493.89	523.26

#### ④ 10음계 음악 탐구

##### 1) 10음계 음악을 연주하는 피아노 프로그램 만들기



그림 4: 10음계 음들의 음원파일을 만드는 과정과 만들어진 음원파일들

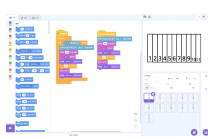


그림 5: 스크래치 피아노 코드

##### 2) 10음계 음악을 피아노 프로그램으로 연주하기

산토리 (10음계)	무궁화 꽃이 피었습니다 (10음계)
7 5 5 7 5 2	5 9 9 7 9 5 7
3 5 3 1 5 7	5 9 9 7 9 9 5 5 7
학교종 (10음계)	
7 7 9 9 7 7 5	
7 7 5 5 3	
7 7 9 9 7 7 5	
7 5 3 5 1	

그림 6: 10음계 음악 연주를 위한 간단한 악보들



그림 7: 스크래치 피아노 프로그램으로 연주



그림 8: 음악 연주 동영상 QR Code (스크래치)

##### 3) 10음계를 위한 모바일 앱 만들기과 연주하기



그림 9: 앱인벤터 피아노 코드



그림 10: 피아노 모바일 앱 연주



그림 11: 음악 연주 동영상 QR Code (앱인벤터)

##### ⑤ 화음의 과학적 원리 탐구

###### 1) 음계 내의 음들이 가지는 과학적 원리 탐구

→ 12음계 음들의 도(C4)에 대한 진동수 비율과 화음 (표 5)

음	C4	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C5
진동수	261.7	277.6	293.5	311.7	330.7	350.0	370.9	392.9	416.4	440.5	467.1	494.0	524.5
비율	1	1.0595	1.1225	1.1882	1.2589	1.3348	1.4142	1.4983	1.5874	1.6818	1.7818	1.8877	2
정수비	1/1	16/15	5/4	4/3	3/2	8/6	5/4	4/3	3/2	5/3	4/3	3/2	2/1
조수일	1.0000	1.0595	1.1225	1.1882	1.2589	1.3348	1.4142	1.4983	1.5874	1.6818	1.7818	1.8877	2.0000
화음	원	불협	불협	불협	원	원	불협	원	불협	불협	불협	불협	원

→ 4개의 협화음(도, 미, 파, 솔)과 8개의 불협화음(나머지)

###### 2) 10음계에서의 화음 찾기

→ 10음계 음들의 도(C4)에 대한 진동수 비율과 화음 (표 6)

음	18(C4)	2음	3음	4음	5음	6음	7음	8음	9음	10음	11음(C5)
진동수	261.63	280.41	300.53	322.10	345.22	370.00	396.56	425.02	455.52	488.22	523.26
비율	1	1.0718	1.1487	1.2311	1.3195	1.4142	1.5157	1.6245	1.7411	1.8661	2
정수비	1/1	4/3	7/5	3/2	5/4	3/2	8/5	7/4	5/3	4/3	2/1
조수일	1.0000	1.0718	1.1487	1.2311	1.3195	1.4142	1.5157	1.6245	1.7411	1.8661	2.0000
화음	원	불협	불협	불협	불협	원	원	원	원	불협	원

→ 6개의 협화음(1, 5, 6, 7, 8, 9)과 4개의 불협화음(나머지)

##### ⑥ 결론 및 추가 연구 주제

###### 1) 결론

- 12음계 음들의 진동수의 규칙성을 발견할 수 있었음
- N음계 음들의 진동수를 정확하게 계산할 수 있었음
- 스크래치 피아노 프로그램과 앱인벤터 피아노 모바일 앱을 만들어서 12음계가 아닌 음계의 음악을 연주할 수 있었음
- 음들 사이의 진동수 비율을 관찰함으로써 각 음계의 음들이 이루는 협화음과 불협화음을 모두 찾아낼 수 있었음

###### 2) 추가 연구 주제

- 여러 음계를 연주할 수 있는 피아노 프로그램과 모바일 앱
- 진동수가 간단한 정수비일 때 협화음이 되는 과학적인 이유

###### ⑦ 활용 방안

- 소리와 파동의 원리에 대한 과학 학습 자료로 활용 가능
- 음악을 주제로 한 코딩 학습 자료로 활용 가능