

2021 한국지구과학회 추계학술대회

피지컬 컴퓨팅과 사물 인터넷을 활용한 과학 탐구에서 나타난 학생 환경과학행위성의 양상과 변화

가석현, 차현정, 김찬종

Seoul National University



연구 배경

시민 참여에 대한 필요성 증대

- 과학기술의 발달은 인간의 삶을 운택하게 해줬지만, 한편으로는 불확실한 위험을 확대 재생산 하였다(Beck, 1992).
 - 과학자도 과학 관련 의사 결정에 있어 이해 당사자에 해당된다(Betz, 2013).
 - 과학은 본질적으로 불확실성을 내재하고 있다(Kostas & Kevin, 2019).
- 시민은 그 지역 사회를 오래 살아온, 지역 사회 전문가로서의 전문성을 가지고 있다 (Irwin, 2002).
 - 시민의 과학 참여는 지역 환경의 삶의 질에 영향을 주는 연구에 대한 단서를 제공한다 (Provenzi & Barello, 2020)
- 따라서, **과학 교육은 학생들이 과학 관련 의사 결정에 참여할 수 있는 능력을 기를 수 있도록 해야 한다.**



후쿠시마 원전 폭발 사고 (2011.3.11)



DANGER
COVID
VACCINE
SAY "NO"

코로나19 백신 논란 (2019.12)

Tiffani Cyr @TiffaniCyr

셀룰러 네트워크의 위험성 논쟁

- 1916 - emergence of Radio Waves
- 1918 - Spanish Flu outbreak
- 2003 - 3G introduced to the world
- 2003 - SARS outbreak
- 2009 - 4G introduced to the world
- 2009 - Swine flu outbreak
- 2019/20 - 5G introduced to the world
- 2019/20 - Coronavirus outbreak #WWG1WGA #COVID-19 #5G #5GRollout

7:36 PM · Apr 2, 2020

96 See the latest COVID-19 information on Twitter



What kind of education is needed?

실천 지향 과학 교육 (Action-oriented Science Education)

- 기존의 STSE 교육이 학생들의 과학, 기술, 사회, 환경의 상호 관련성을 강조하긴 했으나, 문제해결을 위한 사회적 실천에는 초점을 두지 않고 있다 (Bencze, 2013)
- 기존 STSE나 SSI 지향 교육이 너무 보수적이기 때문에, SSI 교육은 좀더 급진적이고 정치화되어야 하며(Hodson, 2011), 해방적(emancipation)인 성격을 가져야 한다 (Sjöström & Eilks, 2018).
- 즉, 학생들이 단순히 비판적 시각을 갖는 것에서 넘어서서 사회 정의 구현을 위한 정치적 활동에 나서야 한다.

레벨 1: 과학 및 기술 변화의 사회적 영향을 이해하고 과학 기술이 문화적으로 결정된다는 것을 인식

레벨 2: 과학 및 기술 개발에 대한 의사 결정이 특정한 이해 관계에 영향을 받으며, 일부 사람들에게 발생하는 이득으로 다른 사람이 희생 당할 수 있음을 인식. 과학 기술 개발이 부와 권력의 분배와 불가분의 관계가 있음을 인식

레벨 3: 자신의 견해를 만들어나가면서 자신의 가치관을 형성

레벨 4: 과학 관련 사회 및 환경 문제 해결을 위한 준비 및 **실천(action)**

Hodson (2009)



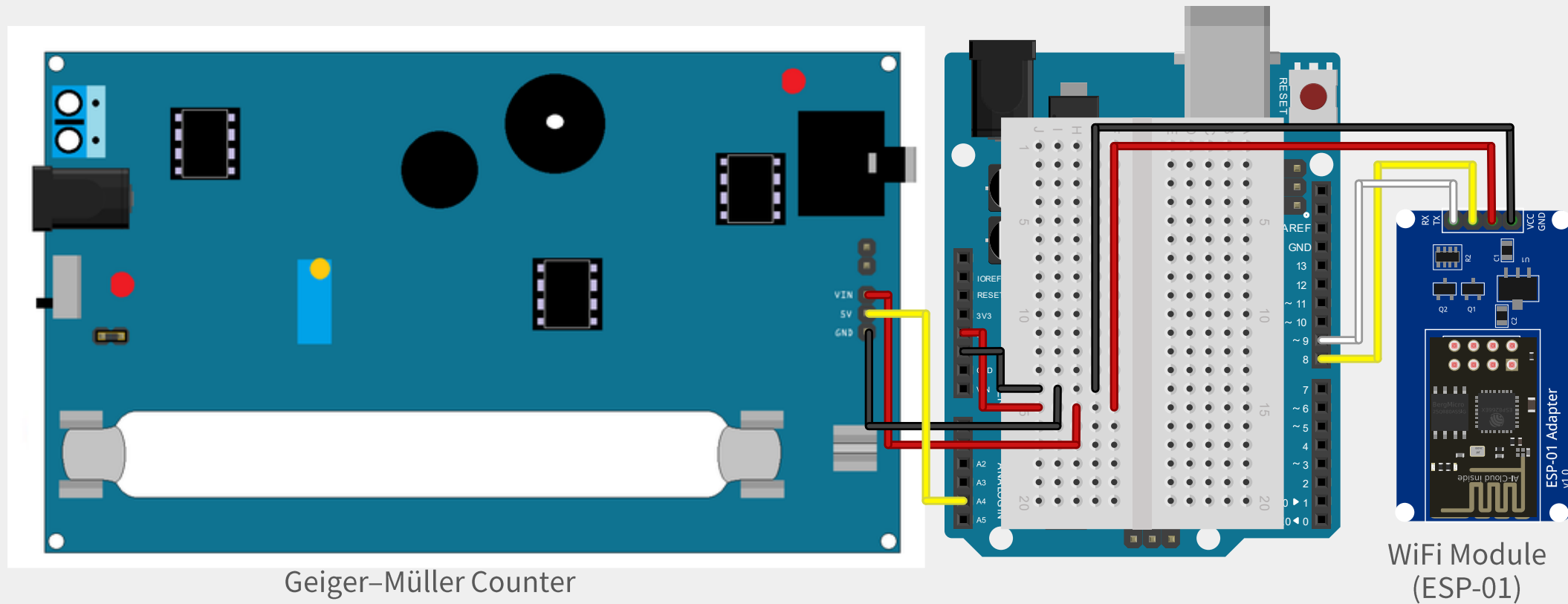
과학 관련 사회 문제를 해결하기 위한 실천이 맨 손으로 가능한가?

“측정 도구가 과학 학습에 있어 상당히
중요한 영향을 미침에도 불구하고, 그간
측정 도구가 과학 학습에 있어 간과되어
왔다”

(Bernhard, 2018)



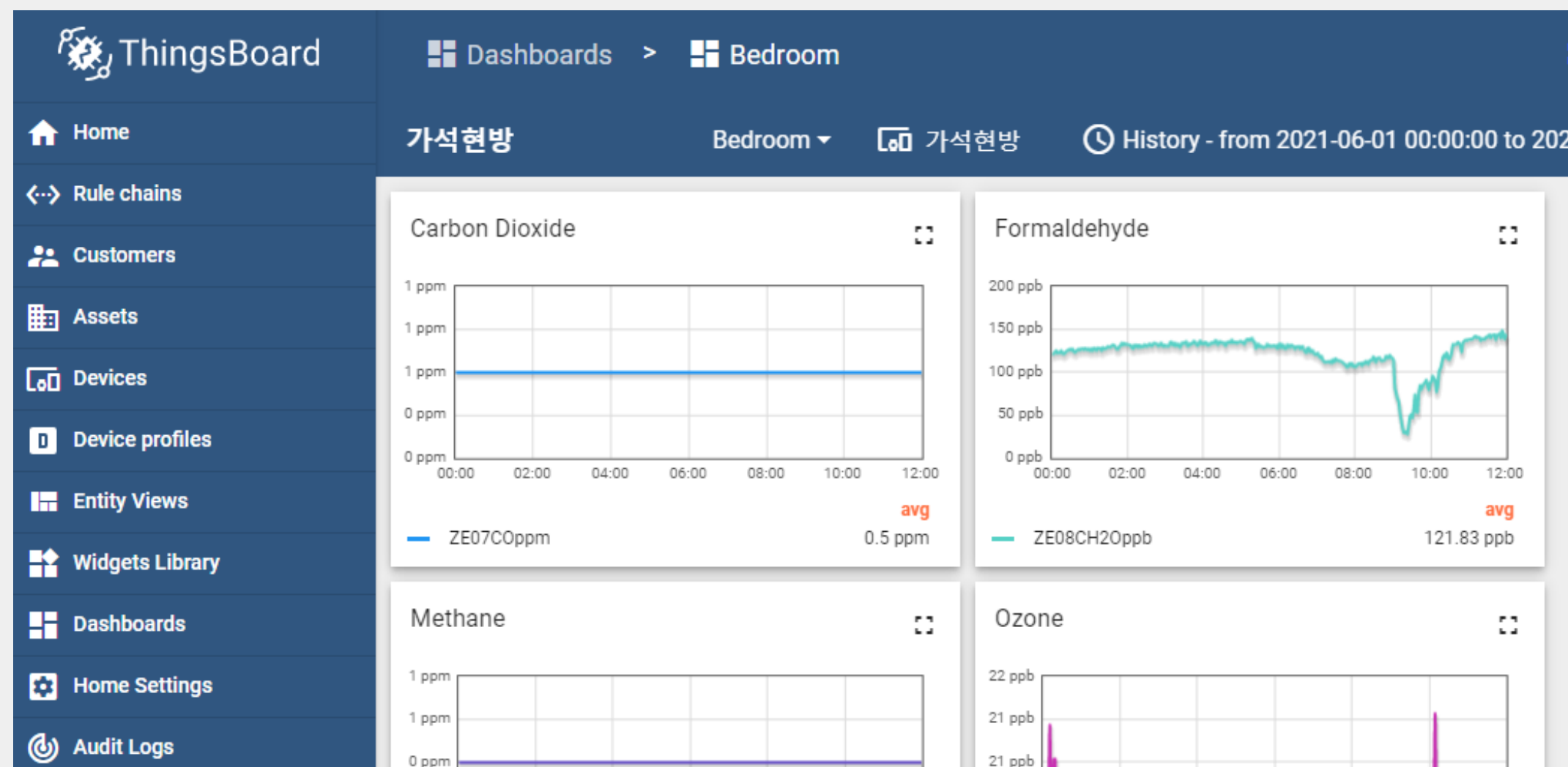
Radioactivity Meter



다양한 측정을 가능하게 만들어 주는 도구

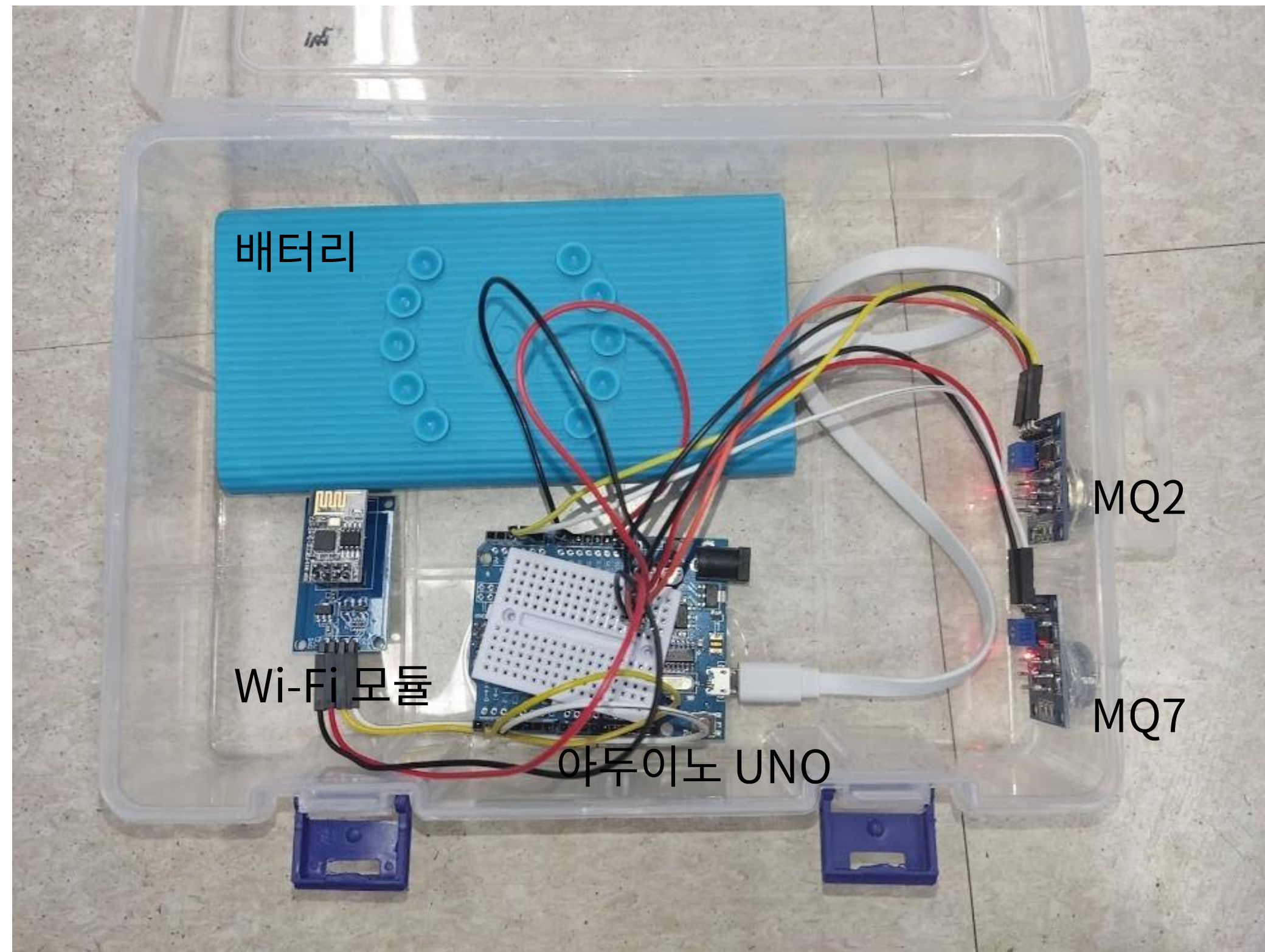
Do It Yourself Measurement Devices (DIY-MD)

- DIY-MD는 피지컬 컴퓨팅과 사물 인터넷 기술을 이용하여 과학 탐구를 위해 **학생들이 직접 제작하는 측정 장치**다(Ga et al., 2021).
- 아두이노 기반의 DIY-MD는 **저렴한 가격으로 다양한 종류의 센서**를 부착하여 다양한 타겟을 측정할 수 있다.
- Wi-Fi나 LTE 모듈을 추가적으로 부착하면 데이터를 IoT Platform으로 전송하여 원격 관측이 가능하다.
- IoT Platform은 GUI 환경에서 수집된 데이터를 관리하고 분석할 수 있는 기능을 제공한다.



다양한 측정을 가능하게 만들어 주는 도구

Do It Yourself Measurement Devices (DIY-MD)



항목	모델명	가격(KRW)
개발보드	Arduino UNO 호환	3,288
센서(연기)	MQ2	968
센서(CO)	MQ7	1,243
Wi-Fi 모듈	ESP-01S	1,977
브레드보드	SYB-170	152
합계		7,628
배터리	Samsung EB-P1100C	16,570



전체 연구

- (1) DIY-MD를 위한 기술 선택
- (2) 현장 적용 과정에서의 어려움 : 교사의 기술 관련 어려움을 중심으로
- (3) **DIY-MD를 도입한 실천지향 과학교육프로그램에서의 효과성 연구: 환경 과학
행위성을 중심으로**



연구 문제

“실천지향과학교육 프로그램에서 학생의 환경 과학 행위성에 DIY-MD는 어떠한 영향을 미쳤는가?”

- 1) 프로그램 중 학생의 환경 과학 행위성은 어떻게 나타나고 변화하는가?
- 2) 이러한 양상과 변화에 DIY-MD는 어떠한 영향을 미쳤는가?



분석 프레임워크

행위성

- **과학교육 연구에서의 행위성**
 - 사회 구조는 개인의 행동에 영향을 미치고, 또 개인의 행동은 사회 구조를 변형시킨다 (Giddens, 1984).
 - **교사와 학생은 교육에 있어 가장 중요한 행위자**이며, 이들의 행위는 학교나 사회 구조 변화에 영향을 미친다 (Calabrese Barton & Tan, 2010).
 - 학생을 행위자로 바라보는 관점은, 학생을 더 이상 학교 문화와 규범에 적응해야 하는 수동적 존재가 아니라 이를 **능동적으로 재생산하고 변화시키는 존재**로 상정한다.

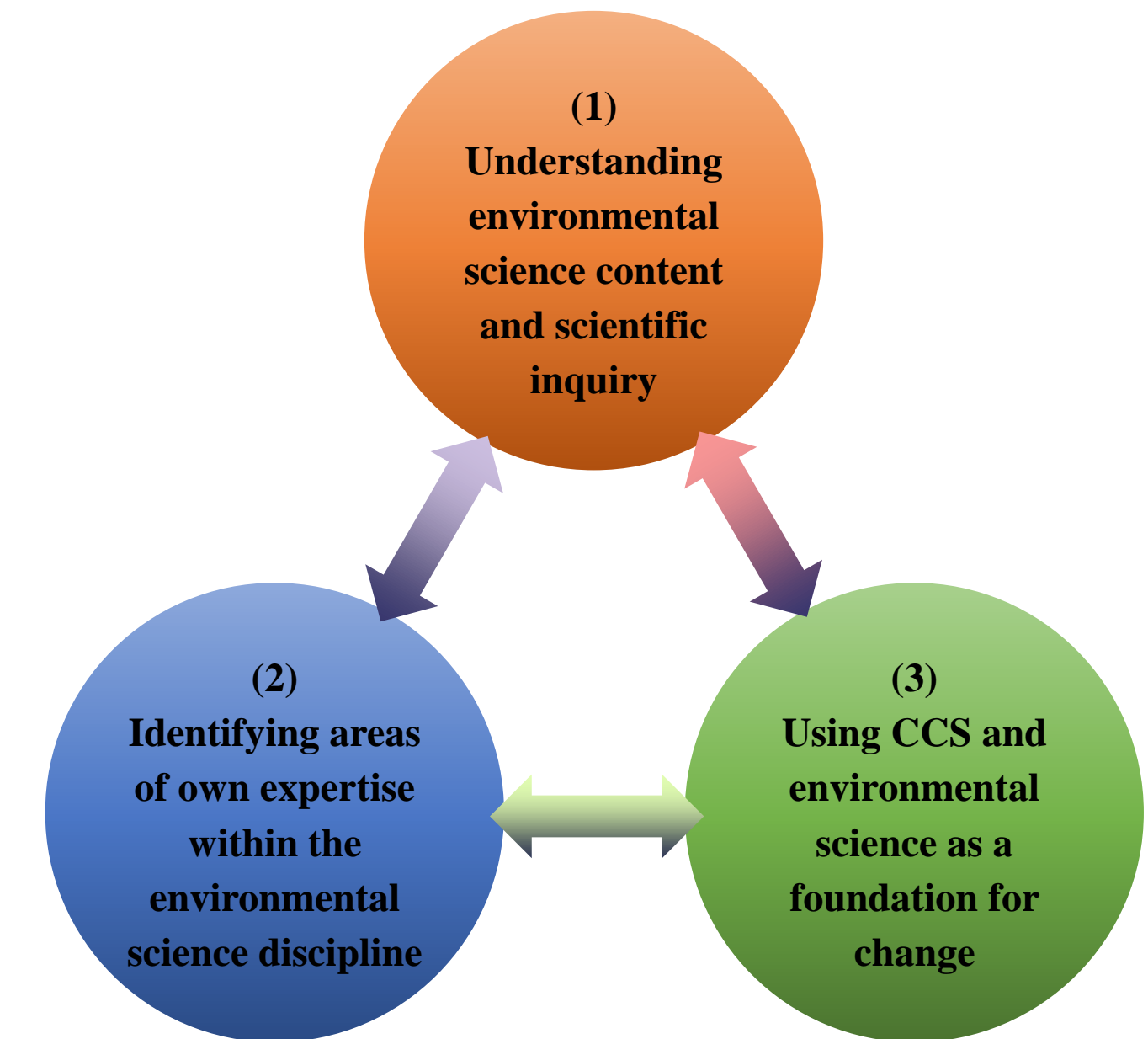
- **비판적과학행위성, 환경과학행위성**
 - **과학 행위성**이란 과학적 지식과 실천을 행위(action)로 이끌어 내는 능력을 말한다 (Schenkel & Calabrese Barton, 2020).
 - **비판적 과학 행위성**(critical science agency)에서 ‘비판적(critical)’의 의미는 사회의 ‘정의(justice)’를 반영한 과학 행위성을 의미한다 (Schenkel et al., 2019).
 - **환경 과학 행위성**(ESA, environmental science agency)는 비판적 과학 행위성을 환경 보존과 환경 과학의 맥락에 맞게 변용한 것이다 (Basu & Calabrese Barton, 2009; 2010).



분석 프레임워크

환경 과학 행위성

- 환경 과학 행위성이란 환경 과학에 대한 경험을 자신의 삶이나 지역사회에 긍정적인 변화를 위해 사용하는 능력을 말한다 (Ballard et al., 2017).
- 환경 과학 행위성의 관점으로 학생을 바라보는 것은, 학생을 학교의 문화와 규칙을 따르는 수동적인 존재가 아니라 문화와 규칙을 바꿔나가는 적극적인 행위자로 바라보게 만든다.



(Ballard et al., 2017)



교수 설계

프로그램 소개

- 8주 (24차시), 1차시 당 50분
- 연구 참여자 : 5명의 대학생 (남 4, 여 1)
- 수업 구성
 - 1~4주차 : DIY-MD를 제작하는 방법에 대한 강의/실습
 - 5~8주차 : 과학기술 문제 해결을 위한 학생주도형 프로젝트 수행

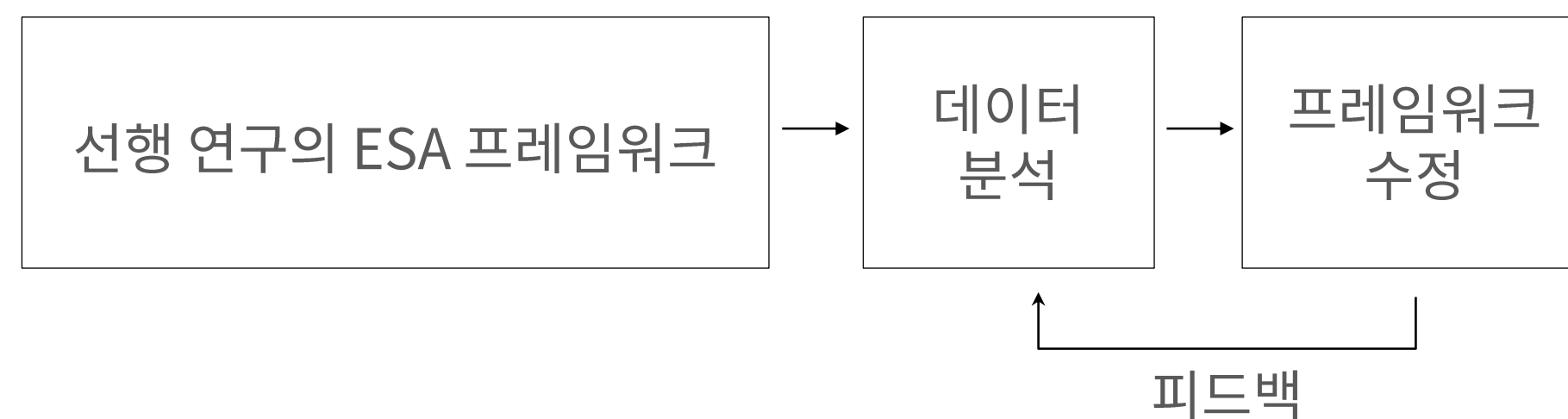
주 (차시)	내용	형태	
Part 1	1 (1~3)	<ul style="list-style-type: none"> • What is Physical Computing and Internet of Things? • Principle of electrical signal (digital and analog signal) • Digital input/output (blinking LED, resistance and breadboard, serial monitor) 	집합
	2 (4~6)	<ul style="list-style-type: none"> • Analog input/output (variable resistance, photo resistor, thermometer) • Coding via Arduino library (ultrasonic Sensor, servo motor) • Various application of Arduino (including LCD module) 	집합
	3 (7~9)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensors and actuators (Including DHT11 sensor) • Connecting to the Internet using Wi-Fi module (ESP-01) • Analyzing data stored in the IoT Platform 	집합
	4 (10~12)	<ul style="list-style-type: none"> • Making DIY-MD for their interest sensors • Noticed the project which will be done in Part 2 • Introducing example of projects all over the world 	집합
Part 2	5 (13~15)	<ul style="list-style-type: none"> • Sharing students' research plan • Revising research plan • Mutual feedback 	집합
	6~8 (16~24)	<ul style="list-style-type: none"> • Making DIY-MD for their inquiry • Collecting and Analyzing Data • Planning for Social Action • Taking Action 	개별



데이터 분석

유형에 따른 범주화

- 반복적 비교 분석법 (Lewis-Beck et al., 2004)
 - Harris & Ballard (2021)의 ESA 분석틀을 기초로 1차적인 데이터 분석 수행
 - 1차 분석 결과를 토대로 분석틀을 수정, 보완
 - 분석과 분석틀 보완 과정을 반복적으로 수행



환경 과학 행위성 프레임워크

요소	분류
지성	• U1. 환경과학과 관련된 내용 지식
	• U2. 과학적 규범에 따른 탐구 활동의 설계와 수행
위치성	• P1. 환경 문제를 ‘나의 문제’로 인식
	• P2. 환경 문제 해결의 행위자로서 ‘나’를 인식
	• P3. 환경 문제 해결의 행위자로서 주변으로부터 받는 인식
확장성	• E1. 연구 성과를 가족, 교사, 친구 등 지인과 공유
	• E2. 연구 성과를 대중들과 공유
	• E3. 자신의 경험을 새로운 환경/맥락으로 확장

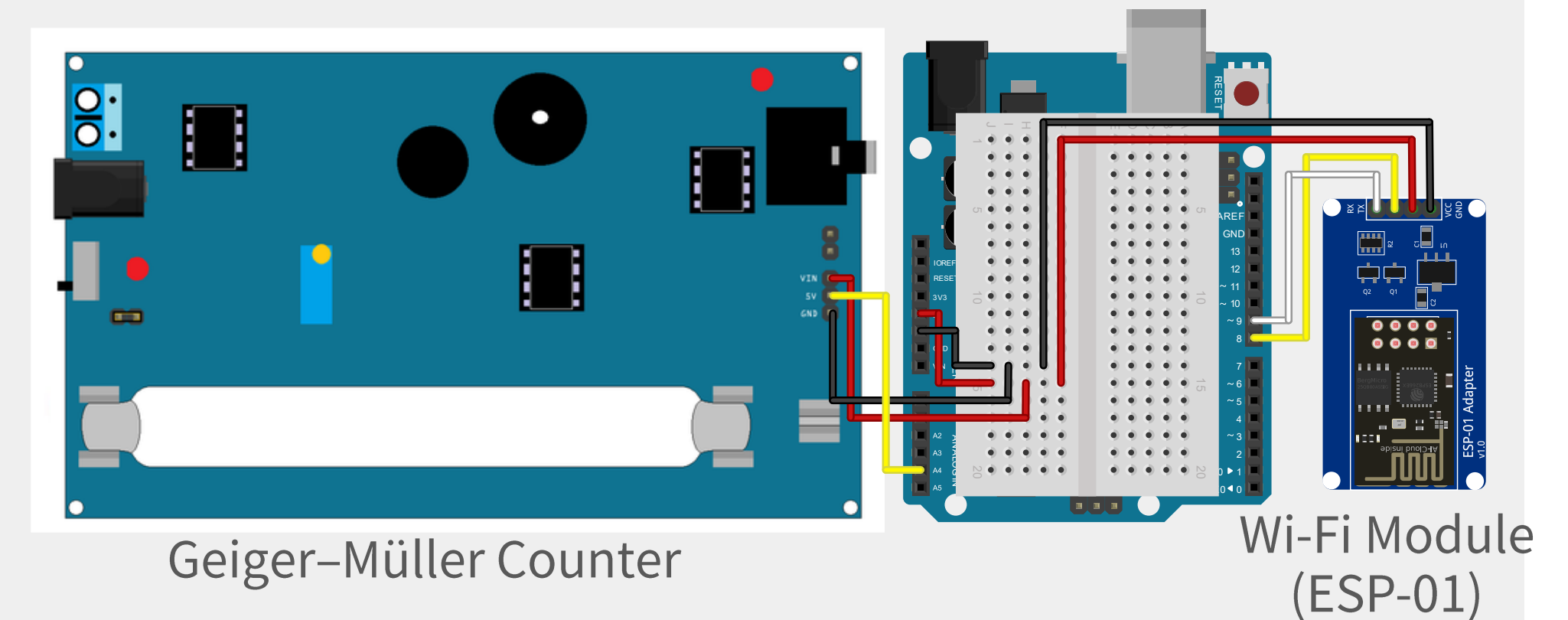


사례 소개

학생 Y

- 지구과학교육을 전공하는 2학년 학생
- 지방 군소도시의 공립 고등학교를 졸업
- 주제 : 포항 방사광 가속기의 유해성
- 실천 계획 : 방사광 가속기의 위험함 또는 안전함을 지역사회에 알리겠다
- 결과 : Geiger-Muller Counter로 측정한 결과, 비교 대상 지역과의 유의미한 차이를 발견하지 못함.
- 사회적 실천 수행 : 미수행
 - 지역 사회에 이미 안전하다는 생각이 지배적이기 때문에 굳이 이를 알릴 필요가 없다고 생각함

Radioactivity Meter



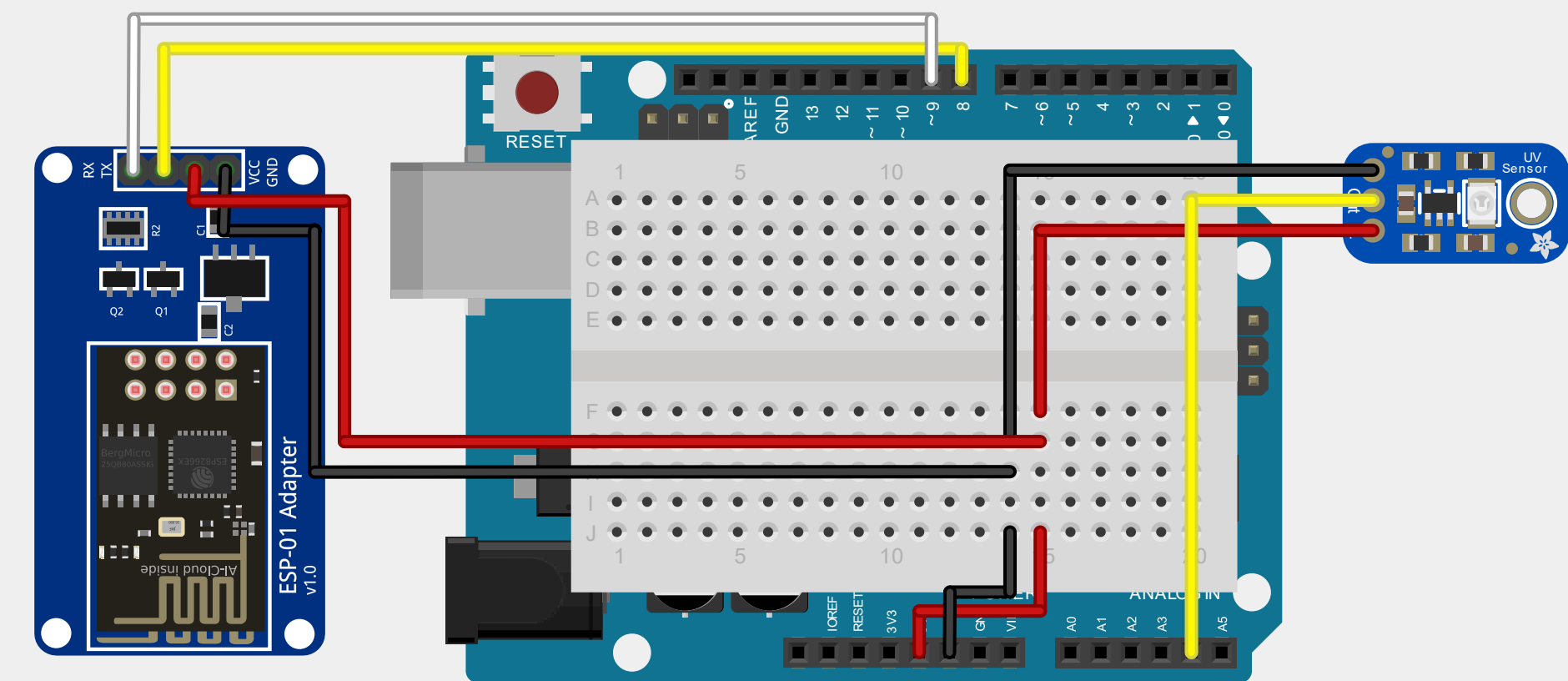
- Sensor: Geiger-Muller Counter
- Targets: X-rays, γ -rays

사례 소개

학생 J

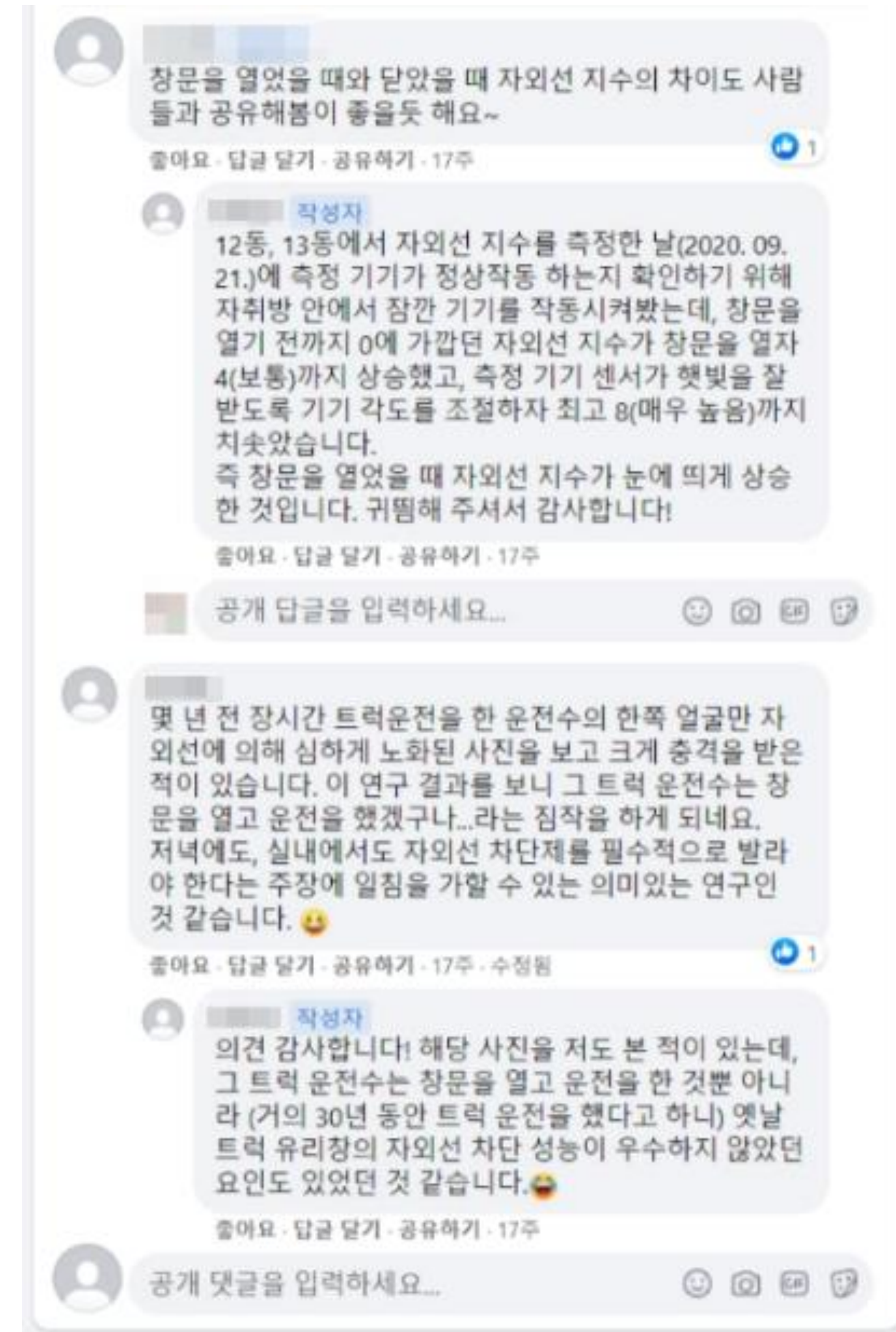
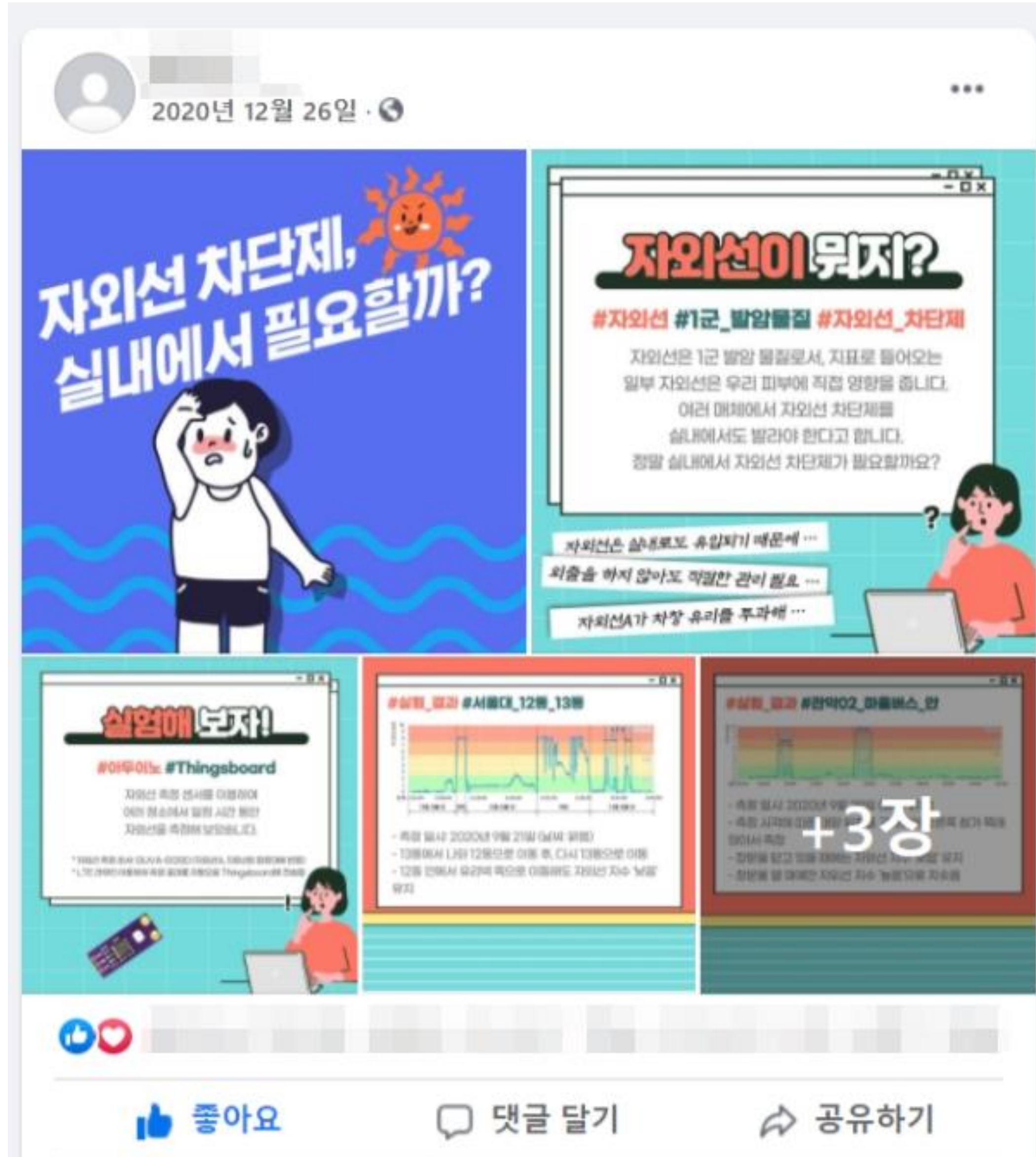
- 지구과학교육을 전공하는 2학년 학생
- 광역시 공립고등학교 졸업
- 주제 : **실내 자외선의 위험성**
- 주제로 선택은 했지만, 자신의 문제라 생각하진 않음
- 실천 계획 : 뚜렷한 실천 계획을 세우지 않음. 막연하게 인터넷으로 알리면 되겠다 정도 생각함.
- 결과 : 실외에서 매우 강한 빛이 들어오는 창가라도 창문만 잘 닫으면 자외선이 잘 차단되었음. 이는 버스에서도 마찬가지였음. 또한 실내 형광등이나 LED 조명에서 나오는 자외선은 거의 미미함.
- 사회적 실천 수행 : 카드 뉴스의 형태로 정보를 가공하여 자신의 Facebook에 업로드 함. 그리고 중학교 동창들이 있는 SNS 단체방에 카드뉴스를 공유함
- 자신이 수행한 프로젝트에 대해 매우 만족함.

UV Index Meter



- Sensor : CJMCU-S12SD (UVI Index Sensor)
- Targets : Ultraviolet rays



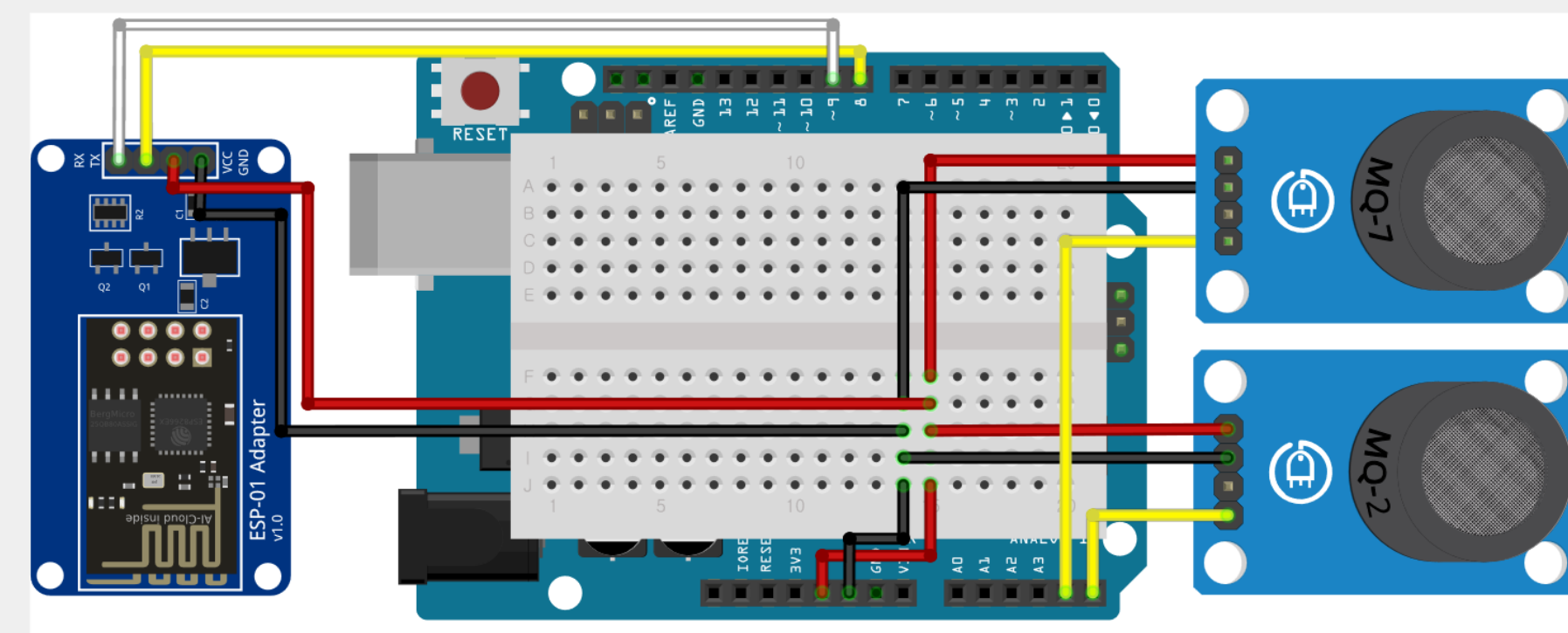


사례 소개

학생 P

- 지구과학교육을 전공하는 2학년 학생
- 지방 군소도시의 공립 고등학교를 졸업
- 주제 : **캠퍼스 내에서의 간접 흡연 문제**
- 실천 계획 : 결과를 토대로 학교 당국에 흡연 부스를 설치해 달라고 요구하기로 함
- 결과 : 기술적인 문제로 신뢰할 만한 데이터를 확보하지 못함.
- 사회적 실천 수행 : 미수행
 - 평소 문제를 인식하고는 있었지만, 굳이 나서고 싶지는 않았음. 하지만 자신의 주장을 뒷받침할 자료가 있다면 나서서 해결해볼 마음이 있었음.
 - 자료가 없으니 별로 하고 싶지 않음.

Smoke Detector

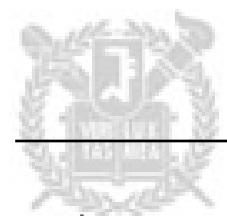


- Sensor: MQ-2, MQ-7
- Targets: smoke, carbon monoxide



결과 및 논의

요소	분류*	양상**	변화
지성	U1. 환경과학과 관련된 내용 지식	<ul style="list-style-type: none"> 대중 매체(신문, 블로그)를 통해 환경과학 관련 정보를 검색 (Y, J) 전문가 수준의 과학 관련 지식을 탐색 (Y, P) 	프로젝트 초기에는 대중적인 지식수준으로 시작했으나, DIY-MD 설계를 위해 점차 관련 전문 지식을 탐색해 나감
	U2. 과학적 규범에 따른 탐구 활동의 설계와 수행	<ul style="list-style-type: none"> 탐구 과정에서 과학 탐구에 관한 절차적 지식을 이용 (Y, J, P) 	
위치성	P1. 환경 문제를 '나의 문제'로 인식	<ul style="list-style-type: none"> 프로젝트 시작 당시에는 자신의 주제를 '나'의 문제로 생각하는 학생도 있었고 (P), 그렇지 않은 학생도 있었음 (Y, J) 프로젝트 주제를 잡은 후 추가적인 정보들을 찾아보는 과정에서 이 문제가 나와 우리에게 영향을 미칠 수 있는 중요한 문제라고 인식하게 됨 (J, P) 	
	P2. 환경 문제 해결의 행위자로서 '나'를 인식	<ul style="list-style-type: none"> 프로젝트 시작 당시에는 내가 해결해야 할 문제라고 생각하지 않음 (Y, J, P) 자신을 문제 해결의 행위자로 인식하는 데 있어 유의미한 데이터의 확보가 중요한 영향을 미침 (Y, J, P) 자신이 탐구한 결과를 토대로 주변과 소통할 수 있는 '나'를 발견함 (J) 	유의미한 자신만의 데이터를 확보함으로써 자신을 환경 문제의 행위자로 인식해 나감
	P3. 환경 문제 해결의 행위자로서 주변으로부터 받는 인식	<ul style="list-style-type: none"> 프로젝트의 참여한 동료들로부터 환경 문제 해결의 행위자로 인식됨 (J) 	
확장성	E1. 연구 성과를 가족, 교사, 친구 등 지인과 공유	<ul style="list-style-type: none"> 실험 결과를 이 수업에 참여한 사람들과 공유를 하고 피드백을 받음 (J) 중학교 동창들이 모인 카톡방에서 실내 자외선 문제가 언급되자, J학생은 자신의 사회적 실천 결과물을 친구들에게 공유함 (J) 	
	E2. 연구 성과를 대중들과 공유	<ul style="list-style-type: none"> 일반인에게 알릴 만한 카드 뉴스를 제작하여 Facebook에 올림 (J) 	
	E3. 자신의 경험을 새로운 환경/맥락으로 확장	<ul style="list-style-type: none"> 프로젝트의 경험을 토대로 DIY-MD를 이용해 새로운 환경 문제 해결에 나설 수 있는 능력을 확보함 (Y, J, P) 	학생들은 DIY-MD를 이용하여 과학 관련 사회 문제에 참여할 수 있는 능력을 갖추게 됨

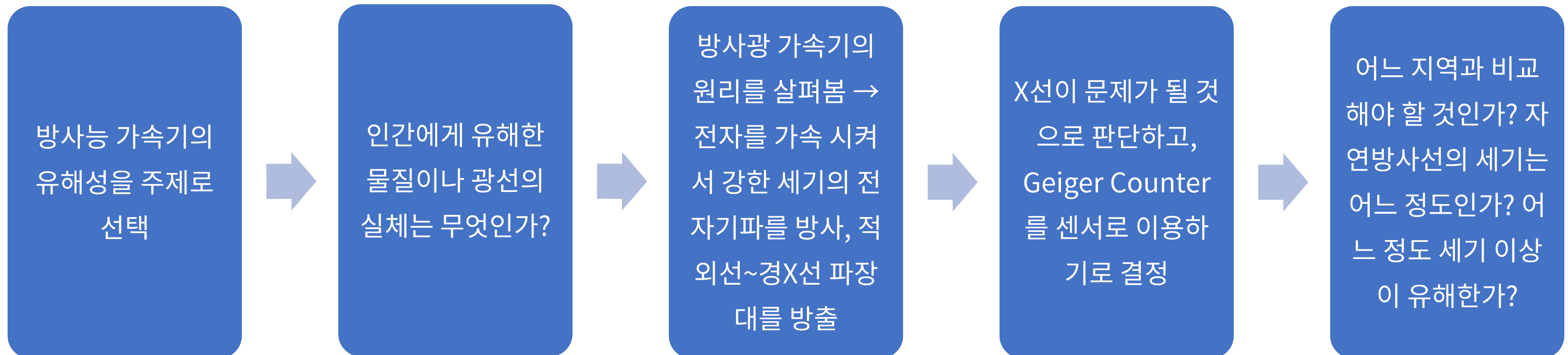


* Y: Student Y, J: Student J, P: Student P

결론 1

DIY-MD를 개발하는 과정에서 자연스럽게 환경 현상에 대한 지식들을 터득하게 됨

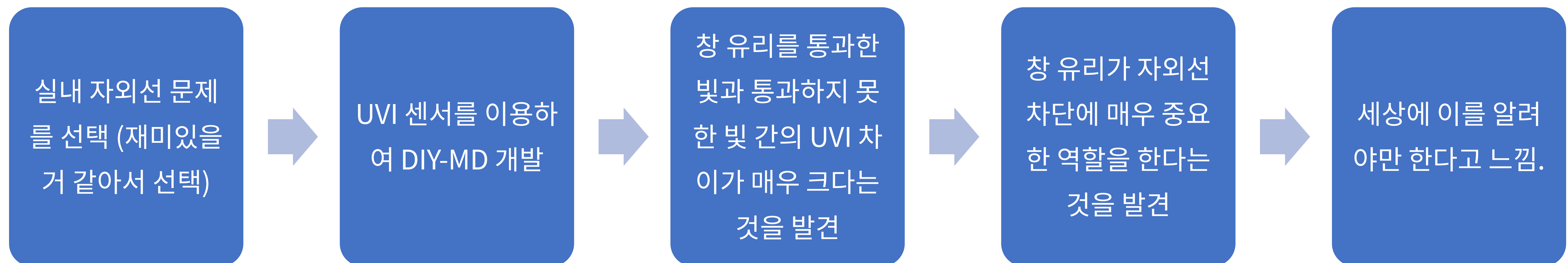
- 실제적 맥락에서의 과학 학습이 학생의 과학적 지식, 과학의 본성에 대한 이해에 긍정적이다 (Kelly, 1993).
- DIY-MD를 개발하는 상황은 학생에게 학습에 대한 구체적 맥락을 제공하였다.



결론 2

DIY-MD를 통한 데이터의 확보는 진행 중인 프로젝트에 대한 주인의식과 사회적 실천에 대한 책무를 느끼게함

- BYOD(Bring Your Own Device)를 통해 확보한 자기 수집 데이터는 과학 탐구에 대한 주인의식을 느껴 책임감 있는 수행을 하도록 촉진함 (임걸 외, 2014; Song, 2014; Brom et al., 2018).
- DIY-MD는 학생들이 자신만의 유의미한 데이터를 가능하게 만들어주었다.



- “데이터를 수집하고 이렇구나. 끝내는 거보다 내가 측정해서 이게 문제인 것을 알았으면 그걸 좀 다른 사람들과 공유하고 싶고 그런 측면에서 사회적 실천을 하게 되는거 같아요”



결론 3

DIY-MD의 개발 경험을 통해 학생들은 다른 주제에 대해서도 DIY-MD를 활용하여 전문적인 측정 활동을 동반한 환경 과학 프로젝트를 수행할 수 있다고 응답함

- 궁극적으로는 이 주제에 한정되어 일회적인 경험에 그치는 것이 아니라, 궁극적으로 더 나은 사회를 만들기 위한 DIY-MD 활용 역량을 기르는 것이 중요 (Bencze, 2014).
 - 연구자 : 만약 우리 지난번 프로젝트 같은 걸 다시 또 하게 된다면, 혼자서 스스로 측정 장치를 만들 수 있을 거 같아?
 - P학생 : 음 아마 할 수 있을 것 같아요!! 구글링하거나 알리나 아두이노 키트 파는 곳에서 사고 구글링에서 코드 찾아서 똑딱 만들면 되지 않을까요?
- 장기적 차원에서 추적 연구가 더욱 필요



이 연구를 통해서

DIY-MD는 학생이 환경 과학 행위성 발달에 긍정적인 영향을 주었다.

Understanding

- DIY-MD를 개발하는 과정에서 자연스럽게 환경 현상에 대한 지식들을 터득하게 됨

Positioning

- DIY-MD를 통한 데이터의 확보는 진행 중인 프로젝트에 대한 주인의식과 사회적 실천에 대한 책무를 느끼게 함.

Extensionality

- DIY-MD의 개발 경험을 통해 학생들은 다른 주제에 대해서도 DIY-MD를 활용하여 전문적인 측정 활동을 동반한 환경 과학 프로젝트를 수행할 수 있다고 응답함

Conclusion

- DIY-MD의 활용은 학생의 환경 과학 행위성 발현에 긍정적인 효과를 보여주었다.
- DIY-MD는 단순히 기존 측정 기기를 대체 한 것이 아니라 측정 할 수 없었던 영역을 측정할 수 있게 됨으로써 더욱 유능한 행위자로 변모하게 됨
- DIY-MD는 자유로운 변형이 가능하기 때문에, 학생들이 다양한 환경 관련 문제를 다룸에 있어 보편적으로 사용될 수 있음. 단순한 응답을 넘어 실제 학생들의 삶에 DIY-MD가 침투하였는지 확인하기 위해 학생들에 대한 추적 연구가 필요함.
- 3명의 사례만을 연구하여 일반화 시키는데에는 한계가 있음. 다양한 집단, 여러 명의 학생들에 대해 후속 연구가 진행중임.





감사합니다

추가적인 정보를 원하시면...

- 홈페이지: <http://seokhyun.ga>
- Ga, S.H., Cha, H.J., Kim, C.J. (2021). Adapting Internet of Things to Arduino-based Devices for Low-Cost Remote Sensing in School Science Learning Environments. *International Journal of Online and Biomedical Engineering* 17(2), 4-18. <https://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/20089>

Do you have any questions?

