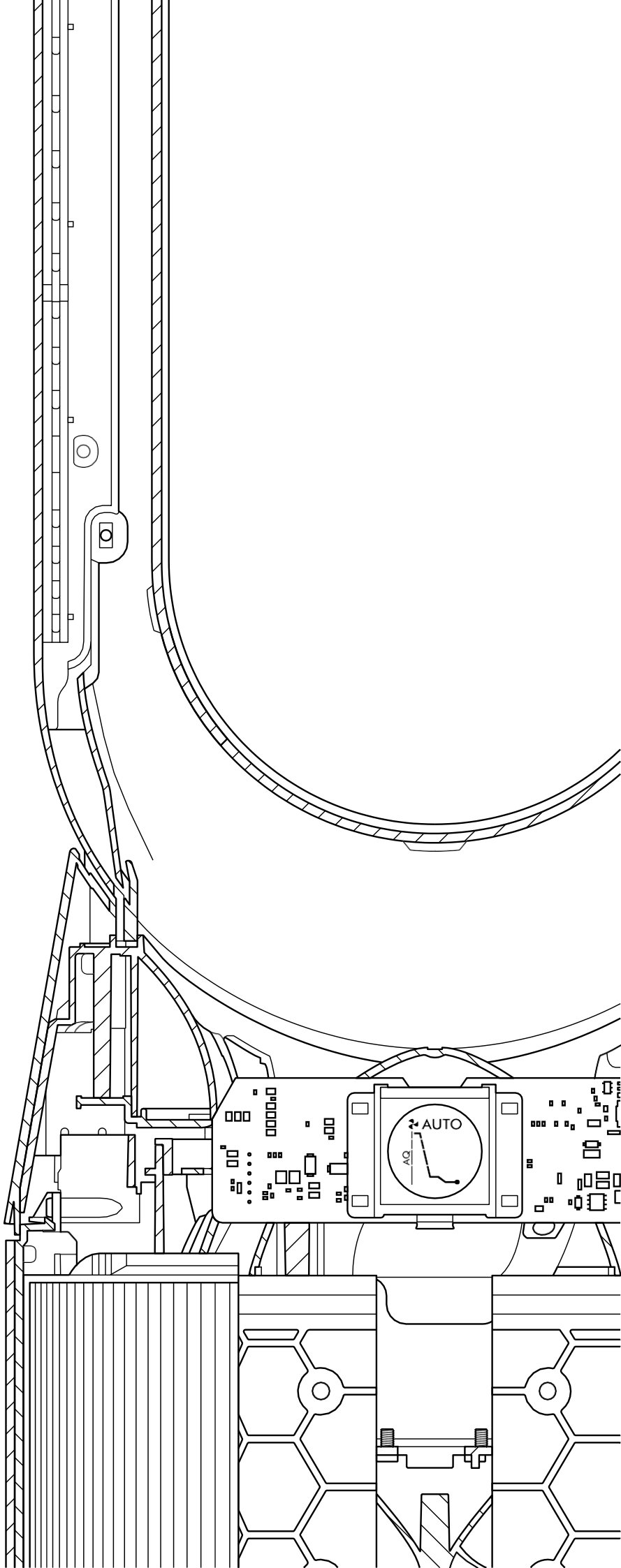
THE JAMES DYSON FOUNDATION

교사

강의 자료

엔지니어링 솔루션:
대기오염



소개

본 교사 강의자료는 학생들에게 엔지니어링을 소개하고 대기오염 문제를 중심으로 엔지니어들이 글로벌 과제를 해결하는 방법을 살펴본다. 학생들은 다섯 차례의 수업에 걸쳐 대기오염의 정의를 비롯해 다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기가 실내 공기 오염을 해결하는 방식을 배울 것이다. 학생들은 대기오염에 직접 노출될 수 있다는 사실을 인지하고 교과 과정에 따라 환경 문제에 대한 솔루션을 찾아가는 활동을 하게 될 것이다. 해당 자료는 학생들의 과학, 디자인 및 기술 교과 과정을 모두 상호 보완할 수 있도록 제작되었다.

해당 수업 계획을 따라가면, 학생들은 다음과 같은 내용을 학습하게 된다:

대기오염 및 대기오염의 글로벌 원인에 대해 학습

대기오염에 직접 노출될 수 있음을 인지

다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기 분석

대기오염 문제에 대한 솔루션을 직접 설계, 제작 및 평가

참고로 각 수업은 1시간 분량이지만 전체 수업 시간표에 맞게 조정할 수 있다. 예를 들어 도입 또는 마무리 활동을 생략하여 각 섹션의 소요 시간을 1시간 미만으로 단축할 수 있다. 시간이 제한되어 있을 경우 각 섹션을 따로 지도하는 것도 가능하다.

동영상과 포스터는 다음 웹사이트에서 확인할 수 있다:
www.jamesdysonfoundation.co.uk

목차

섹션 01: 감지 **06**
대기오염에 대한 이해 07
사례 연구: 브리드 런던(Breathe London) 프로젝트 연구 13
수업 01: 대기오염과 글로벌 원인 15
수업 02A: 공기 질 모니터링 19
수업 02B: 공기 질 모니터링 22

섹션 02: 포착 **26**
제품 분석: 다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기 27
수업 03: 대기오염 물질 포착 32

섹션 03: 솔루션 **35**
대기오염을 해결을 위한 엔지니어링 솔루션 36
수업 04: 대기오염에 대한 솔루션 설계 40
수업 05: 대기오염에 대한 솔루션 제작 42

워크시트 **44**
워크시트 01: 대기오염 물질과 오염원 44
워크시트 02: 학교 주변 공기 질 45
워크시트 03: 공기 질 모니터링 장치 개발 48
워크시트 04: 데이터 수집 49
워크시트 05: 데이터 분석 50
워크시트 06: 필터 설계 53
워크시트 07: 활성 탄소 실험 56

보조 시트 **58**
수업 01: 보조 시트 59
수업 02B: 보조 시트 61
수업 03: 보조 시트 63

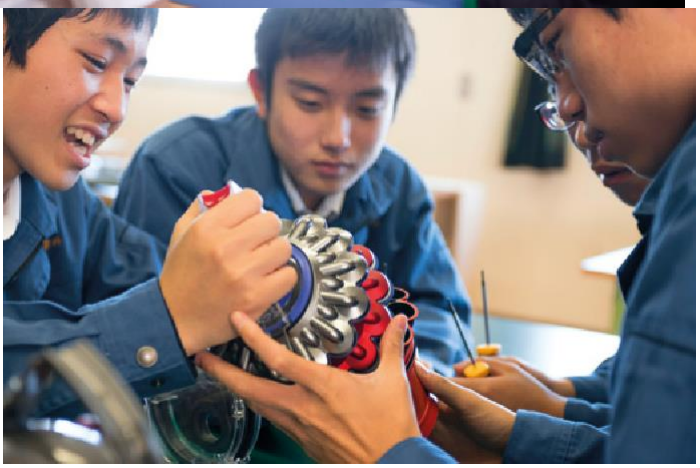
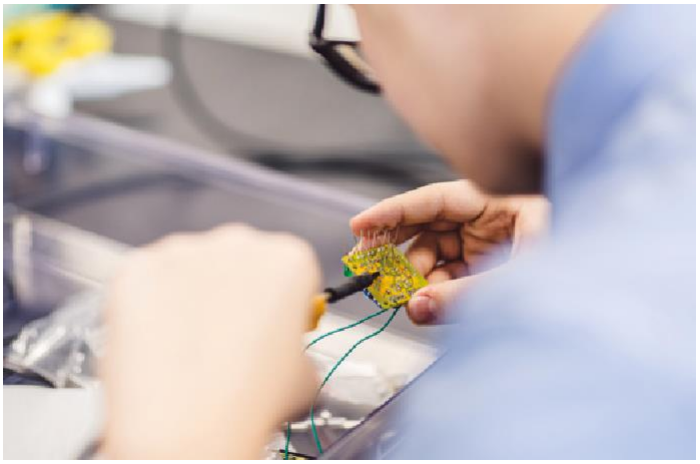
인쇄 전 주의사항

상기 명시되어 있는 수업 계획과 워크시트는 별도 페이지에 포함되어 있으므로 문서 전체를 인쇄할 필요가 없다.

2022년 설립된 다이슨의 위탁자선단체인 제임스 다이슨 재단(James Dyson Foundation)은 교육 자료, 워크숍, 국제 엔지니어링 및 디자인 대회 등을 통해 차세대 엔지니어들에게 영감을 준다.

"젊은 엔지니어들은 세상의 중요한 문제들을 해결할 수 있는 열정과 의지, 그리고 지성으로 가득합니다. 저는 실습과 실험을 통해 차세대 엔지니어들을 육성할 목적으로 제임스 다이슨 재단을 설립하여 이들이 교실에서 학습하는 이론을 현실에서 흥미롭고 중요한 엔지니어링 문제를 해결하는데 적용할 수 있도록 지원하고 있습니다."

James Dyson

섹션 01:
감지

학생들은 대기오염의 정의와 대기오염을 유발하는 전 세계적인 원인이 무엇인지에 대해 학습한다. 센서를 이용해 공기 질을 모니터링할 수 있다는 것을 이해하고 등굣길에 대기오염에 대한 노출을 줄이기 위한 방법에 대해 알아본다.

대기오염에 대한 이해

대기오염

대기오염은 자연과 인간이 만든 다양한 원천에서 비롯된 미세입자와 가스가 공기 중에 쌓이면서 발생한다. 이는 오늘날 전 세계가 안고 있는 주요 문제 중 하나이다. 전 세계 인구의 91%가 세계보건기구(WHO)는 권장하는 공기 질 수준에 미치지 못하는 곳에서 살고 있다.1

가스 오염

우리 주변의 공기는 대부분 가스(기체)로 이루어져 있다. 질소 78%, 산소 21%로 이루어져 있으며 나머지는 아르곤, 이산화탄소 및 기타 소량의 가스로 이루어져 있는데, 우리가 숨을 쉴 때 모두 폐로 들어간다. 산소는 인간의 생존에 필수적이지만, 그 외 오염된 가스는 인체에 해로운 영향을 끼칠 수 있다.

미세입자 오염

공기에는 미세한 입자도 포함되어 있는데 우리는 매일 수백만 개의 입자를 들이마신다. 입자는 100만분의 1미터인 미크론(µm)으로 측정되는 작은 크기의 조각으로, 크기와 모양 및 구성이 제각각이다. 미세입자는 공기 중에 떠다니는 고체와 액체 입자의 혼합물로, 대기오염의 한 형태이다.

등굣길의 대기오염
나이지리아

Pius Utomi Ekpei/AFP, 게티이미지 제공

1세계보건기구, https://www.who.int/airpollution/ambient/en/

대기오염 발생 원인: 자연적 요인

날씨

기온, 강우, 그리고 바람은 모두 대기오염에 영향을 미친다. 예를 들어, 습도가 높고 바람이 잦은 날씨에는 공기 중의 오염물질이 씻겨 나가거나 다른 곳으로 이동하게 되므로 특정 지역의 대기오염이 줄어든다. 반면, 건조하고 바람이 강하지 않은 날씨에는 공기의 흐름이 정체되어 오염물질이 공기 중에 머무를 수 있다. 즉, 산골 마을과 같은 내륙 지방에서는 오염물질이 대기 중에 쌓일 수 있다.

사막 먼지 폭풍

사막 먼지는 사하라 사막, 호주 동부, 고비 사막 등 세계 곳곳의 건조 지대와 반건조 지대의 표면에서 발생한다. 강풍이 불면 지표면에 있던 먼지 입자가 대기 중으로 올라가면서 먼지 폭풍이 발생한다. 먼지 폭풍은 바람에 의해 수천 킬로미터를 이동할 수 있으며 그 과정에서 인공 오염물질과 결합될 수 있다. 이와 같은 방식으로 사막 먼지는 사막이 없는 주변 일부 지역에도 대기오염을 일으킬 수 있다.

화산

화산 폭발이 발생하면 화산재가 대기 중에 방출된다. 화산재는 바람을 타고 화산에서 수천 킬로미터 떨어진 곳까지 운반될 수 있다. 일례로 2010년에 아이슬란드에서 에이야프야틀라이외쿠틀 화산이 폭발했는데, 당시 화산재의 절반가량이 유럽과 북대서양 전역까지 퍼졌다. 그리고 폭발로 인해 피해 지역의 항공 운행이 며칠간 중단되었다.

산불

산불은 전 세계 전역에서 발생하며 엄청난 수준의 공해를 일으킨다. 이러한 화재 사고는 기온과 강수량의 변화로 인해 발생률과 심각성이 전 세계적으로 커지고 있으며, 이로 인해 화재 기간이 길어지고 전소되는 면적도 넓어지고 있다. 산불 연기는 이산화질소(NO2), 일산화탄소(CO), 오존(O3), 휘발성 유기 화합물(VOC)로 이루어진 복합 혼합물인데, 이러한 물질은 나무, 마른 낙엽, 쓰레기, 심지어 지역 주택에 이르기까지 매우 다양한 연료원이 불타면서 발생한다. 이러한 산불은 기후가 건조한 캘리포니아 지역에서 주로 발생하며 해당 지역에서는 번개 등의 자연 현상이나 캠프파이어와 같은 인적 요인에 의한 화재도 발생하기 쉽다. 산불에서 발생하는 연기 역시 바람을 타고 멀리 날아가 인근 지역의 공기를 오염시킨다.

화산 폭발
에이야프야틀라이외쿠틀, 아이슬란드

모래 폭풍

산불

비

꽃가루

산불

바람

건조하고 바람이 강하지 않은 날씨

추운 날씨

대기오염 발생 원인: 인적 요인

도시 공해
상하이

교통

도로 교통은 도시 대기오염의 주요 요인 중 하나이다. 자동차의 배기가스는 독성 물질로 덮인 유독 가스와 매연 입자를 공기 중에 방출한다. 그 중에서도 고농도의 오염 물질을 생성하는 디젤 차량이 특히 유해하다. 대기오염은 도로 표면에서 올라오는 먼지뿐만 아니라 브레이크와 타이어에서 떨어져 나오는 작은 금속 조각과 고무 조각에 의해서도 발생한다. 이러한 조각들은 차량의 움직임으로 공중으로 흩어지기도 한다.

에너지 발전

가정에서 사용하는 전기는 대부분이 석탄, 석유, 가스와 나무를 태우는 발전소에서 나온다. 이러한 과정에서 상당한 양의 유해한 가스 오염물질이 대기 중으로 방출된다.

산업 공정

시멘트, 철, 강철, 유리 및 종이 생산과 같은 산업 공정은 대기오염을 일으킨다. 산업과 공장이 많은 지역은 대기오염 수준이 높다.

도시화

도시 지역, 특히 대도시는 많은 인구와 교통, 산업으로 인해 농촌 지역보다 대부분 대기오염 수준이 높다. 도쿄나 상하이, 델리와 같은 대도시의 경우 대기오염 문제가 심각하다. 오염 물질은 이처럼 인구 밀도가 높은 지역에 쌓이며, 보통 대기 위에 갈색 안개가 낀 것처럼 보인다. 농촌 지역은 대체로 탁 트여 있고 바람이 많이 불기 때문에 오염물질이 흩어지기 쉬우며 따라서, 도시 지역보다 공기 질의 상태가 좋은 편이다.

가정용품

실내 공기 질이 실외 공기 질보다 좋지 않을 수 있다는 연구 결과가 나왔다.[2] 실내 대기 오염 물질은 건축 자재, 청소 용품, 가구, 반려동물, 양초, 식물, 에어로졸 제품 등의 생활용품에서 배출된다. 이 외에도 난방이나 요리 과정에서도 배출된다. 실외 공기 오염 물질도 환풍기와 출입문 및 창문을 통해 실내로 유입된 후 빠져나가지 못하고 갇힐 수 있다.

에너지 발전

산업 공정

배기가스

도시화

무기질 비료 살포

연소되는 양초

요리 시 발생하는 연기

청소 용품과 에어로졸 제품

대기오염의 영향 및 해결이 어려운 이유

건강

대기오염은 코, 눈 또는 목 염증, 기침, 흉부 압박, 호흡 곤란, 폐 기능 저하 또는 천식 발작 등 다양한 형태로 인체에 영향을 끼친다. 어떤 사람들은 대기오염에 영향을 크게 받기도 한다.

환경

대기오염은 산성비, 토양 고갈, 산림과 농작물 피해, 가시성 저하, 건물 손상, 기후변화 등 환경에도 부정적인 영향을 미칠 수 있다.

대기오염은 해결하기 어려운 문제로, 그 이유는 다음과 같다.

대기오염을 유발하는 대부분의 물질은 육안으로 볼 수 없는 매우 작은 입자로 이루어져 있기 때문에 대체로 보이지 않는 문제이다.

현대인들은 화석 연료를 이용해 자동차를 운전하고 가정에서 난방 시스템을 이용하는 등 대기 오염에 일조하는 방식으로 살아가고 있다.

대기 오염은 갖가지 요인에 인해 발생하는 전 세계적인 문제로, 그 규모와 심각성이 지역마다 다양하다.

그러나 엔지니어들은 이 문제를 해결할 수 있는 기술과 지식을 갖고 있다.

베이징의 대기오염
중국

사례 연구:
브리드 런던 프로젝트 연구

다이슨은 2009년부터 공기 질을 감지하는 기술이 적용된 기기를 개발해왔다. 이러한 장치는 공기 질 수준을 측정하여 보이지 않는 대기 오염 물질을 데이터를 통해 보여준다. 다이슨 엔지니어들은 이 기술에 대한 지식을 바탕으로 웨어러블 공기 질 센서를 개발했다. 이 센서는 브리드 런던 프로젝트 연구에서 학생들이 등하굣길에 들이마시는 공기의 질을 모니터링하는 데 사용되었다. 런던 내 5개 초등학교에 걸쳐 250명의 학생이 이 연구에 참여했다.

참여 학생들마다 웨어러블 공기 질 센서와 GPS가 내장되어 있는 배낭을 메고 다녔다. 이 센서는 학생들이 일주일간 등하교하면서 노출된 미세물질과 이산화질소(NO_2) 수준을 측정했다. 그리고 알고리즘이 센서에서 수집된 정보를 처리했다. 킹스 칼리지 런던의 연구원들은 이 데이터를 사용하여 공기 질이 좋은 지역과 나쁜 지역을 식별해 지도를 만들었다.

이러한 방식으로 공기 질을 모니터링하는 것은 일상적으로 노출되는 대기오염에 대한 사람들의 인식을 제고하고 긍정적인 행동 변화를 유도해 오염 물질에 대한 노출을 줄일 수 있다. 일례로 이번 연구에 참여한 학생들은 등굣길에 차량 배기가스에서 나오는 고농도의 오염 물질을 피하기 위해 혼잡한 대로변 대신 갓길로 다녔다.

브리드 런던 프로젝트 연구에 대한 자세한 내용은 다음 웹사이트 참조
www.breathelondon.org

브리드 런던 프로젝트에
사용된 배낭에 탑재된
센서의 모습

브리드 런던 프로젝트 연구에 참여하고
있는 학생들

수업 01
대기오염과 그 요인

수업 시간: 1시간 30분

학습 목표

1. 자연적인 오염원과 인위적인 오염원에 대해 학습한다.
2. 실내 공기 질이 실외 공기 질보다 나쁠 수 있다는 점을 인지한다.
3. 대기오염이 다양한 크기의 입자로 이루어져 있음을 이해한다.
4. 대기오염은 미세 입자와 유해 가스로 구성된다는 점을 인지한다.
5. 대기오염이 건강과 환경에 미치는 영향에 대해 살펴본다.
6. 대기오염 문제를 해결하는 데 따른 몇 가지 과제를 살펴본다.

활동 결과

대기오염의 자연적/인적 요인에 대한 수업 활동
다양한 입자의 유형 및 크기에 대해 알아보는 활동 – 보유한 자료에 따라 두 가지 활동 옵션이 있음
워크시트 01: 대기오염 물질과 오염원
대기오염이 건강과 환경에 미치는 영향을 검토
대기오염이 미치는 영향과 이를 해결하는 데 따른 어려움에 대한 토론

준비물:

필기 도구
종이
칠판

포스터: 대기오염의 요인

포스터: 대기오염 확대 사진

포스터: 대기오염 물질의 크기

워크시트 01: 대기오염 물질과 오염원

수업 01: 보조 시트

[옵션 01일 때] 접착 테이프

[옵션 01일 때] 현미경

[옵션 01일 때] 현미경용 슬라이드 글라스

도입: 15분

대기오염 소개

학습 목표	활동
1	이번 수업에서는 학생들에게 대기오염에 대해 학습한다고 설명한다. 공기가 인간의 삶에 중요한 이유에 대해 학급 토의를 진행한다. 대기오염이 무엇이라고 생각하는지 학급 전체에게 물어본다. 요점을 정리하여 칠판에 적는다. 대기오염은 대기 중에 떠도는 입자와 가스의 혼합물로, 들이마실 경우 인체에 해를 끼칠 수 있다고 설명한다.

본론: 1시간

대기오염의 요인과 유형에 대해 이해하기

학습 목표	활동
1, 2	학생들을 두 그룹으로 나눠 첫 번째 그룹에게는 자연적인 대기오염원을, 두 번째 그룹에게는 인위적인 대기오염원을 생각 나는 대로 가능한 많이 적어보라고 지시한다. 학생들을 다시 모아 각 그룹의 아이디어를 공유한다. 준비된 대기오염원이 정리된 포스터를 보여주며, 학생들이 추리하지 못한 오염원 위주로 강조하여 설명한다. 이에 대해 놀라는 학생들이 있었는가? 실내 공기 질이 실외 공기 질보다 나쁠 수 있다는 점을 언급하며, 학생들에게 왜 그럴 수 있는 이유에 대해 질문한다.
3	이제 대기오염을 구성하는 물질에 대해 자세히 알아볼 것이라고 설명한다. 다음 활동은 사용 가능한 장비에 따라 두 가지 옵션이 있다. 옵션 01: 학생들을 2인 1조로 나누고 각각 현미경 1개와 슬라이드 글라스 2개를 제공한다. 각 학생마다 약 8cm 길이의 접착 테이프를 제공한다. 접착 테이프는 입자 시료를 채취하는 데 사용된다. 접착 테이프를 자신이 입고 있는 옷, 책상, 식물, 먼지가 쌓인 선반 등에 붙이면 시료 채취가 가능하다. 시료 채취를 마치면 각 학생들에게 테이프를 슬라이드 글라스 하단에 붙이라고 지시한다. 2인 1조로 현미경을 사용해 직접 재취한 시료를 확인한다. 학생들에게 자신이 본 여러 가지 입자 유형과 크기에 대해 설명해보라고 지시한다. 옵션 02: 대기오염원이 확대된 포스터 사용 해당 포스터는 현미경으로 보는 것처럼 오염 물질을 확대한 이미지를 나타낸다고 설명한다. 학생들에게 포스터를 통해 확인할 수 있는 여러 가지 입자 유형과 크기에 대해 설명해보라고 한다. 학생들은 다양한 크기의 입자를 기록해야 한다.

4	**포스터: 대기오염 물질의 크기**를 보여준다. 입자의 측정 단위는 마이크론(μm)이며, 이는 1/1,000,000미터를 의미한다고 설명한다. 학생들을 2인 1조로 나눈다. 각 그룹에게 **워크시트 01: 대기오염 물질과 오염원**을 배부한다. 학생들에게 워크시트에 있는 사각형을 따라 모두 절단한 후 각 오염 물질을 해당하는 설명과 오염원에 맞춰 세 줄로 정렬하라고 지시한다. 학생들이 정렬을 마치면 전체 학생과 함께 수업 01: 보조 시트에 정리된 올바른 설명과 각 오염원에 대해 토론한다. 추가 활동: 모든 학생이 오염 물질을 정확하게 정렬했다면 각 사각형을 올바른 순서대로 부착하여 다양한 대기오염 유형에 대한 포스터를 만들 수 있다.

마무리: 15분

대기오염 문제에 대한 이해

학습 목표	활동
5	학생들에게 2인 1조로 대기오염이 건강과 환경에 미칠 수 있는 영향에 대해 기록하라고 지시한다. 전체 학생들에게 피드백을 제공하고 제시된 의견을 칠판에 기록한다.
6	학생들에게 대기오염 문제를 해결하는 데 있어 어려움은 무엇인지 생각해보라고 지시한다. 학생들은 다음과 같은 어려움을 떠올려야 한다. – 눈에 보이지 않는다는 점 – 자동차, 난방 등 대기오염을 유발하는 원인에 의존하는 생활 방식 – 대기오염 문제의 규모 다음 수업은 이처럼 대기오염 문제를 해결하는 과정에서 겪는 어려움을 다루는 시간이 될 것이라고 설명한다.

수업 02
공기 질 모니터링

수업 02는 다음과 같이 두 가지 선택 옵션이 있다.

수업 02A – 학생들은 학교 환경에 존재하는 대기오염원을 찾아내고, 학교에서 수집한 대기오염 데이터를 분석하고, 등굣길에서 대기오염에 대한 노출 수준을 줄일 방법에 대해 알아본다. 이 수업에서는 추가 장비가 필요하지 않다.

수업 02B – 이 수업에서는 학습 계획*에서 언급된 전자 장비가 필요하다. 학생들은 학교 환경에 존재하는 대기오염원을 찾아내고, 공기 질 모니터링 장치를 만들어 학교 주변 대기오염 농도를 측정한다. 이후 데이터를 수집 및 분석하여 어떻게 하면 대기오염을 줄이고 노출 수준을 최소화할 수 있는지 결론을 도출한다.

*이 수업에 필요한 장비는 모두 Cool Components, Robot Shop 같은 지역 전자 장비 공급업체에서 구입 가능하다. 다만, 제임스 다이슨 재단은 이러한 공급업체와 아무런 관련이 없으며, 따라서 Cool Components 또는 Robot Shop에서 구입한 장비에 대해 어떤 책임도 지지 않는다. 각 구성품 역시 다른 공급업체에서 구입 가능하다.

수업 02A
공기 질 모니터링

수업 시간: 1시간 30분

학습 목표

1. 대기오염 센서를 사용해 공기 질을 모니터링할 수 있다는 점을 인지한다.
2. 대기오염에 대한 데이터를 분석한다.
3. 학교 환경에 존재하는 대기오염원에 대해 알아본다.
4. 등굣길에서 노출되는 대기오염에 대해 알아본다.
5. 학교 환경과 등굣길에서 대기오염을 비롯한 노출을 줄일 수 있는 방법에 대해 알아본다.

활동 결과

학교 환경에 존재하는 대기오염원 인지
워크시트 02: 학교 주변 공기 질 작성
대기오염 노출을 알 수 있는 등굣길 지도
학교와 등굣길에서 대기오염에 대한 노출을 줄일 수 있는 방법에 대해 검토

준비물:

필기 도구
종이
칠판

워크시트 02: 학교 주변 공기 질
[선택 사항] 조사용 컴퓨터

도입: 15분

보이지 않는 것을 보이게 하기

학습 목표	활동
1	대기오염은 눈에 보이지 않기 때문에 우리가 노출되었을 때 그것을 인지하기 어렵다는 것을 설명한다. 학급 전체와 다음 내용을 토론한다. – 공기 질 모니터링 장치로 무엇을 할 수 있는가? – 모니터링 장치가 중요한 이유는 무엇인가? 학생들은 공기 질 모니터링 장치가 대기오염에 대한 데이터를 수집하여 눈에 보이지 않던 문제를 보이게 한다는 점을 이해해야 한다. 수집된 데이터를 통해 대기오염을 '눈에 보이게' 함으로써 문제 해결을 위한 대책을 세울 수 있다.

본론: 1시간

공기 질 모니터링

학습 목표	활동
2	학생들에게 학교에서 수집한 공기 질 데이터를 분석할 것이라고 설명한다. 다이슨 엔지니어들이 공기 질 모니터링 장치를 사용해 교내 6곳에서 대기오염 농도를 모니터링했다고 설명하며, 대기오염 농도를 측정한 다음 장소를 칠판에 기록한다. – 교실 – 교내 식당 – 운동장 – 교문(도로 근처) – 주차장 – 과학실 학생들에게 공기 질이 가장 좋다고 생각하는 순서대로, 그리고 가장 나쁘다고 생각하는 순서대로 6곳의 순위를 매기라고 지시한다.
2	각 학생에게 워크시트 02: 학교 주변 공기 질을 배부한다. 학생들에게 제공된 대기오염 데이터를 사용해 워크시트를 작성하라고 한다. 학생들에게 오염 농도가 가장 높은 곳과 가장 낮은 곳이 어디인지 질문한다. 수업 시작 시 작성한 장소 목록과 비교한다. 차이가 있는가? 학생들이 비교 결과를 보고 놀라는가?
3	수업 01: 대기오염과 오염원에서 학습한 내용과 위의 활동을 토대로 학생들에게 학교에서 발생할 수 있는 잠재적 대기오염원에 대해 생각해보라고 질문한 후 학생들의 대답을 칠판에 기록한다. 학생들이 다음과 같은 오염원에 대해 생각하도록 유도할 수 있다. – 먼지 – 조리 음식에서 발생하는 휘발성 유기 화합물(VOC) – 토스터, 프라이팬, 그릴 등에서 방출되는 음식물 입자 – 꽃가루 – 주변 도로에서 발생하는 자동차 배기 가스 – 화학 약품을 사용하는 과학 실험 – 목재, 접착제와 같은 기술가정 수업이 이루어지는 교실 내 자재 – 도로에서 자동차로 인해 발생하는 부유 물질 – 세척 제품 – 탈취제 같은 에어로졸

4	이제 본인의 등굣길에서 노출되는 대기오염에 대해 고민해보게 될 것이라고 학생들에게 설명한다. 학생들에게 종이에 등굣길 지도를 그리라고 지시한다. 이후, 학생들에게 대기오염에 노출될 수 있는 곳을 표시하라고 한다. 전체 학급과 결과에 대해 토론하면서 학생들이 등굣길에서 공통적으로 가장 많이 노출된 오염원(자동차 배기 가스, 나무의 꽃가루, 도로 먼지 등) 3가지를 기록한다. 연장 활동: 컴퓨터에서 breezometer.com, waqi.info 등과 같은 공기 질 모니터링 웹사이트를 사용해 본인이 등굣길에서 노출된 대기오염의 농도를 확인할 수 있다.

마무리: 15분

행동하기

학습 목표	활동
5	학생들을 두 그룹으로 나눈다. 한 그룹은 두 명씩 한조로 학교에서 대기오염 노출을 줄이기 위해 실천할 수 있는 방법을 기록하도록 지시한다. 필요시, 다음과 같은 방법을 생각하도록 유도한다. – 부모들의 교문 밖 자동차 공회전 금지하기 – 나무 심기 – 창문 열기 나머지 한 그룹은 두 명씩 한조로 나눠 등굣길에서 대기오염에 대한 노출을 줄일 수 있는 변화에 대해 생각해 보도록 지시한다. 필요시, 다음과 같은 생각을 하도록 유도한다. – 교통 수단 – 경로 선택 각 학생들에게 나머지 학생들에게 피드백을 주고 칠판에 행동 목록을 적도록 지시한다. 작은 활동이라도 대기오염에 대한 노출을 줄이는 데 도움을 줄 수 있다고 설명한다.

수업 02B
공기 질 모니터링 장치 만들기

수업 시간: 1시간 30분

이 수업에서는 학생들이 공기 질 모니터링 장치를 만들어 학교 주변 공기 질을 측정한다. 다만 필요한 구성품이 많기 때문에 수업에 앞서 최소 이틀 전에 준비해야 한다. 자세한 내용은 수업 02B: 보조 시트에 나와 있다. 또한 수업 전에 공기 질 모니터링 장치 만들기 튜토리얼 영상을 시청하는 것이 좋다. 필요에 따라 이 수업을 둘로 나누어 본론을 마칠 때까지 시간을 더 할애할 수도 있다.

학습 목표

1. 대기오염 센서를 사용해 공기 질을 모니터링할 수 있다는 점을 인지한다.
2. 학교 환경에 존재하는 대기오염원에 대해 알아본다.
3. 공기 질 모니터링 장치를 만든다.
4. 학교 환경의 공기 질 데이터를 수집한다.
5. 대기오염에 대한 데이터를 분석한다.
6. 학교 환경과 등굣길에서 대기오염을 비롯한 노출을 줄일 수 있는 방법에 대해 알아본다.

활동 결과

학교 환경에 존재하는 실내 공기 오염원 인지
공기 질 모니터링 장치 제작
모니터링 장치를 사용해 공기 질 데이터 수집
워크시트 04: 데이터 수집 작성
워크시트 05: 데이터 분석 작성
학교 환경에서 대기오염을 비롯한 노출을 줄일 수 있는 방법 고찰

준비물:

필기 도구
종이
칠판

[수업 전 준비물] 수업 02B: 보조 시트

[수업 전 준비물] 공기 질 모니터링 장치 제작 튜토리얼 영상

워크시트 03: 공기 질 모니터링 장치 제작

가스 오염원: 에어로졸(탈취제, 세척 제품) 및/또는 마커 펜
입자 오염원: 드라이 샴푸, 티백, 탤컴 파우더, 먼지

워크시트 04: 데이터 수집

워크시트 05: 데이터 분석

공기 질 모니터링 장치를 1개를 제작하는데 필요한 구성품은 다음 페이지의 표에 자세히 나와 있다. 5인 1조로 각 그룹마다 장치를 1개씩 만드는 것을 추천한다.

장치 1개에 필요한 구성품 목록	수량
아두이노 우노(Arduino Uno)	1
아두이노 우노 그로브 베이스 실드	1
그로브 유니버설 4핀 버클 케이블(20cm)	4
그로브 RGB LED 스틱(10라이트)	2
아두이노용 그로브 레이저 PM2.5 공기 질 센서(HM3301)*	1
아두이노용 그로브 VOC 및 eCO2 가스 센서(SGP30)**	1
리튬 이온 배터리 3.7V 2000mAh 배터리	1
LiPo 라이더 플러스 충전기/부스터 - 5V/2.4A USB C 타입	1
USB 케이블 A-C 타입	1
USB 케이블 A-B 타입	1

* 입자 센서로 사람의 머리카락보다 약 25배 얇은 2.5마이크론 크기의 입자성 오염 물질을 측정할 수 있다.

** 가스 센서로 휘발성 유기 화합물(VOC) 및 유해 가스의 농도를 측정할 수 있다.

도입: 5분

보이지 않는 것을 보이게 하기

학습 목표	활동
1	대기오염은 눈에 보이지 않기 때문에 노출되어도 알아차리기 어렵다고 설명한다. 학급과 다음 내용에 대해 토론한다. – 공기 질 모니터링 장치로 무엇을 할 수 있는가? – 공기 질 모니터링 장치가 중요한 이유는 무엇인가? 학생들은 공기 질 모니터링 장치가 대기오염에 대한 데이터를 수집하여 눈에 보이지 않던 문제를 보이게 한다는 점을 이해해야 한다. 수집된 데이터를 통해 대기오염을 '눈에 보이게' 함으로써 문제 해결을 위한 대책을 세울 수 있다.

본론: 1시간 15분(이번 섹션은 시간이 부족하다면 여러 수업으로 나눠서 진행되어도 무방하다)

공기 질 모니터링

학습 목표	활동
2	학생들에게 공기 질 모니터링 장치를 만들어 학교 주변 공기 질을 측정할 것이라고 설명한다. 지난 수업에 학습한 내용을 토대로 학생들에게 학교에서 발생할 수 있는 잠재적 대기오염원에 대해 생각해보라고 지시한다. 학생들의 대답을 칠판에 기록한다. 가지고 있는 장치 수에 따라 학생들을 그룹으로 나눈 후 각 그룹에게 학교 주변에서 공기 질을 측정할 장소 6곳(실내 3곳, 실외 3곳)을 기록하라고 지시한다. 공기 질을 측정할 장소의 예시는 다음과 같다. – 교실 – 교내 식당 – 과학실/기술가정 교실 – 운동장 – 교문(도로 근처) – 주차장 – 각 그룹에게 공기 질이 가장 좋다고 생각하는 순서대로, 그리고 가장 나쁘다고 생각하는 순서대로 6곳의 순위를 매기라고 지시한다.
3	각 그룹에게 워크시트 03: 공기 질 모니터링 장치 만들기를 배부한다. 학생들에게 워크시트 지침에 따라 각 그룹마다 공기 질 모니터링 장치를 완성하라고 지시한다. 연장 활동: 장치 만들기를 빠르게 마친 학생이 있거나 수업 시간이 남은 경우 사용 편리성을 높이기 위해 장치를 보관할 별도의 상자를 제작할 것을 학생들에게 제안한다.

4	학생들이 공기 질 모니터링 장치를 완성하였다면 이제 가스 오염원과 입자 오염원을 통해 센서가 오염된 공기 질에 어떻게 반응하는지 알아볼 수 있다. 켜지는 LED 전구가 많을수록 대기오염 농도가 높은 것이라고 설명한다. 각 그룹마다 워크시트 04: 데이터 수집을 배포한다. 각 그룹을 선택한 장소로 차례로 보낸다. 각 장소마다 입자 및 가스 오염 정도를 가리키는 LED 전구가 몇 개 켜지는지 워크시트에 기록하라고 지시한다. 참고: 공기 질 모니터링 장치는 공기 질을 과학적으로 신뢰할 수 있을 정도로 정확하게 측정한다기 보다는 측정된 공기 질에 대한 지표를 제공할 뿐이다. 따라서 측정 수치는 장치마다 상이할 수 있다.
5	학생들이 교실로 돌아오면 워크시트 05: 데이터 분석을 배포한다. 학생들은 질문에 대답하기에 앞서 본인이 측정한 결과를 그래프로 그려야 한다. 학급 전체와 분석 결과를 비롯해 학교 주변 여러 공간에서 공기 질이 좋거나 나쁘게 측정된 원인에 대해 토론한다. 분석 결과에서 공기 질의 차이가 크지 않다면 이러한 원인에 대해서도 토론할 수 있다. 가능한 원인은 다음과 같다. – 바람이 많이 부는 환경 – 창문을 여는 등 효과적인 환기 – 이동 또는 공회전 차량의 부재 – 시골 지역 연장 활동: 원한다면 학생들이 등굣길과 하굣길에서 공기 질 모니터링 장치를 사용해 공기 질을 측정한 후 다음 수업에서 학급 전체에게 피드백을 제공할 수 있다. 공기 질 측정이 가능한 장소는 다음과 같다. – 학교 주차장 – 학교 버스 정거장 – 교문 – 자동차 안 – 교통량이 많은 도로 주변 도보

마무리: 10분

행동하기

학습 목표	활동
6	학생들을 두 그룹으로 나눈다. 한 그룹은 두 명씩 나눠 학교에서 실외 대기오염에 대한 노출을 줄이기 위해 실천할 수 있는 방법을 기록한다. 필요하다면, 다음과 같은 방법을 생각하도록 유도한다. – 부모들의 교문 밖 자동차 공회전 금지 – 나무 식수 나머지 한 그룹은 두 명씩 나눠 학교에서 실내 공기 오염에 대한 노출을 줄이기 위해 실천할 수 있는 방법을 기록한다. 필요하다면, 다음과 같은 방법을 생각하도록 유도한다. – 과학실에서/교내 식당에서/청소할 때 휘발성 유기 화합물 함량이 낮은 제품 사용 – 창문 열기 나머지 학생들에게 피드백을 제공하라고 지시한 후 실천할 수 있는 방법들을 화이트보드에 기록한다. 학생들을 두 그룹으로 나눈다. 한 그룹은 두 명씩 한조로 학교에서 실외 대기오염 노출을 줄이기 위해 실천할 수 있는 방법을 작성하도록 지시한다. 필요시, 다음과 같은 방법을 생각하도록 유도한다. – 부모들의 교문 밖 자동차 공회전 금지하기 – 나무 심기 나머지 한 그룹은 두 명씩 학교에서 실내 대기오염 노출을 줄이기 위해 실천할 수 있는 방법을 작성하도록 지시한다. 필요시, 다음과 같은 방법을 생각하도록 유도한다. – 과학실이나 교내 식당, 혹은 청소를 할 때 휘발성 유기 화합물 배출양이 낮은 제품을 사용 – 창문 열기 각 학생들에게 나머지 학생들에게 피드백을 제시해주고 칠판에 행동조치 목록을 적도록 지시한다.

섹션 02: 포착

학생들은 다이슨 엔지니어들이 실내 공기 오염 문제를 해결하기 위해 다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기를 개발하게 된 과정과 필터가 대기 오염 물질을 포착하는 방식, 그리고 반복 설계 과정에 대해 배우게 된다. 또한 필터레이션 기술을 중심으로 해당 제품이 공기 중 오염물질을 감지 및 포착하는 과정에 대해서도 배우게 된다.

제품 분석: 다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기

다이슨 엔지니어들은 실내 공기 오염 문제를 해결하기 위해 다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기를 개발했다. 이 제품을 개발할 때, 다이슨 엔지니어들은 공기청정기가 갖춰야 할 세 가지 주요 기능을 정립했다.

1. 공기 질 모니터링

2. 대기오염 물질 포착

3. 깨끗한 공기 분사

공기 질 모니터링

다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기는 입자 및 가스 센서를 사용하여 대기오염을 자동으로 감지한다. 이러한 센서에서 수집된 데이터는 제품을 가동하고 실내 오염 수준을 낮게 유지하는 데 사용된다.

입자 센서

입자 센서는 공기를 작은 챔버로 끌어당긴 후 레이저를 사용해 공기 중에 존재하는 입자상 물질의 농도를 감지한다. 입자 센서는 공기를 작은 방으로 끌어들이고 레이저를 사용해 공기 중의 미세물질 농도를 감지한다. 이 센서는 사람의 머리카락 너비보다 작은 최소 PM0.3 크기의 미세한 입자까지 감지할 수 있다.

가스 센서

가스 센서는 공기 중의 이산화질소(NO2)와 같은 휘발성 유기 화합물(VOC)과 가스를 감지한다.

다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기에 탑재된 공기 질 센서

제품 분석: 공기 질 전달

다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기의 센서를 통해 수집되는 정보는 공기청정기의 LCD 화면과 스마트폰에서 다운로드할 수 있는 다이슨 링크 앱으로도 전송된다. 사용자는 화면과 앱에 표시된 대기오염의 유형과 농도를 보고 실내 공기 질을 모니터링할 수 있다. 또한, 앱으로 공기청정기의 가동 시간을 설정할 수 있으며 필터의 수명을 모니터링 할 수 있다.

다이슨 링크 앱

제품 분석: 오염 물질 포착

글라스 헤파(HEPA) 필터

헤파 필터는 꽃가루를 비롯해, 연기 또는 먼지를 포착하는 필터이다. 이 필터에는 9미터 길이의 사각 붕규산 유리 마이크로파이버가 내장되어 있다.

마이크로파이버는 세 가지 방식인 충돌, 차단, 확산을 통해 최소 PM0.1 크기의 미세한 입자를 99.95%까지 포착할 수 있다. 세 가지 개념은 **포스터: 대기오염 필터레이션**에 시각화 되어 있다.

직접 차단

공기청정기를 작동시키면 임펠러를 통해 공기가 기계 내부로 흡입되어 필터를 통과한다.

이때 공기는 필터의 고상 파이버를 직접 통과하지 못하기 때문에 파이버 가장자리를 따라 유입된다. 미세입자는 이러한 기류를 따라 이동하다 파이버에 충분히 근접했을 때 포착된다.

관성 충돌

비교적 무거운 미세입자는 특히 고속으로 이동 시 방향을 바꾸려면 하늘을 나는 포탄처럼 더욱 많은 힘이 필요로 한다. 이러한 미세입자가 방향을 바꿔 마이크로파이버를 중심으로 이동할 만큼 기류가 강력하지 않기 때문에 미세입자는 직선 이동을 유지하다 마이크로파이버에 직접 충돌하여 포착된다.

브라운 확산

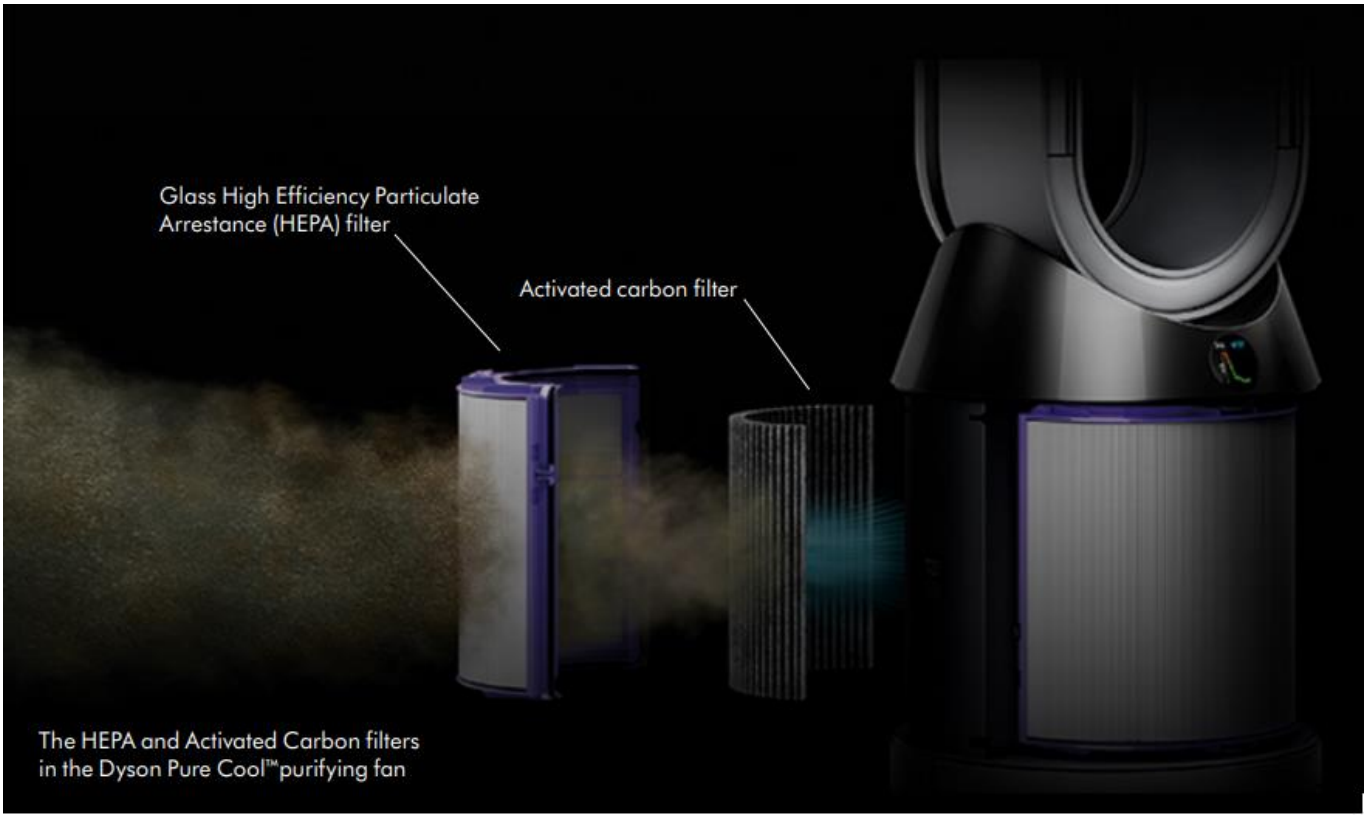
초미세입자들은 너무 작다 보니 기류를 통해 포착하는 데 어려움이 있다. 이러한 미세입자들은 매우 빠르게 이동하다 다른 입자와 부딪혀 자주 방향을 바꾼다. 이렇게 충돌로 인한 임의 운동을 브라운(Brownian) 운동이라고 한다. 초미세입자들은 임의 운동으로 인해 곧 필터의 마이크로파이버 중 하나에 부딪혀 포착될 가능성이 높다.

활성 탄소 필터

헤파 필터는 미세입자를 포착하지만 포름알데히드, 벤젠, 이산화질소 등과 같은 휘발성 유기 화합물은 그냥 통과한다. 다이슨 공기청정기는 헤파 필터에 내장된 활성 탄소 필터를 사용해 이러한 잠재적 유해 가스를 포착한다.

활성 탄소에는 수많은 미세한 크기의 구멍이 있다. 따라서 부피 대비 표면적 비율이 매우 높다. 이로 인해 활성 탄소를 통과하는 휘발성 유기 화합물은 미세한 크기의 구멍에 포착된다.

활성 탄소 1g에는 미세한 크기의 구멍으로 이루어진 내부 망이 있으며, 내부 망의 표면적은 1,000m²에 이른다. 이는 테니스 코트 4개에 해당하는 크기이다. 다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기에 내장된 활성 탄소 필터의 표면적은 축구장 40개에 맞먹는다.



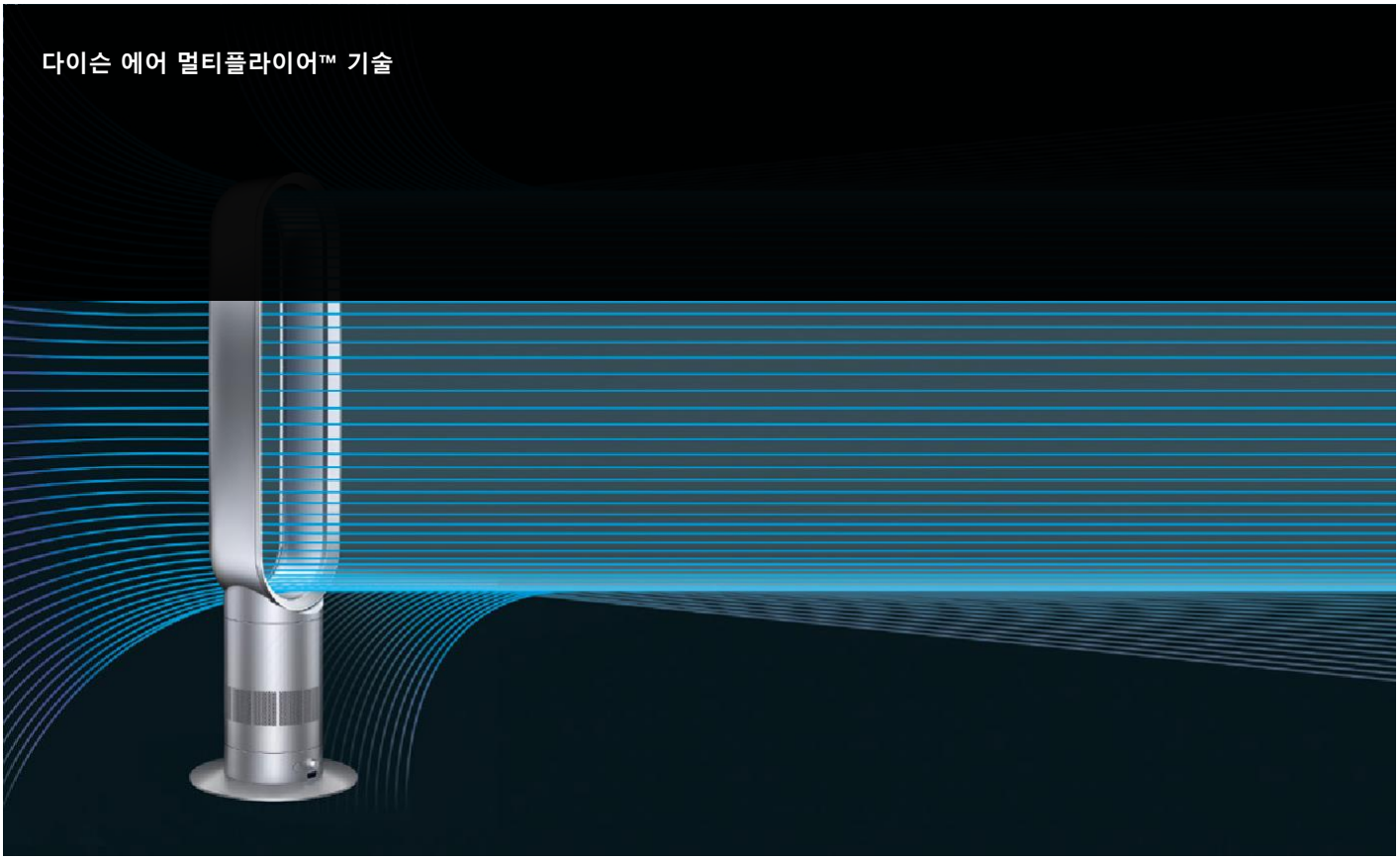
다이슨 크립토믹™ 기술

헤파 필터와 활성 탄소 필터 모두
수명이 있다. 결과적으로 두 필터 모두 미세한
크기의 오염 물질과 가스로 포화되어 언젠가는
교체해야 한다. 헤파 필터의 경우 사용
기간(공기청정기 작동 시)이 6개월 지나면
교체해야 한다. 활성 탄소 필터의 교체 주기는
일반적으로 6~12개월이다.
필터는 교체하면 되기 때문에 별 문제가 아니지만
다이슨 엔지니어들은 여기에 만족하지 않았다.
엔지니어들은 공기청정기 수명에 따라 지속
가능한 솔루션을 찾아나서기 시작했다. 그렇게
개발된 것이 다이슨의 크립토믹™ 기술이다. 이는
크립토멜라인(Cryptomelane)이라고 하는
촉매를 사용한 필터를 칭한다.

크립토멜라인은 포름알데히드와 반응하여
포름알데히드를 물과 이산화탄소로 분해한다.
크립토멜라인은 헤파 필터나 활성 탄소 필터와
다르게 '소모'되지 않는다.
실제로 영구적으로 촉매 역할을 하기 때문에
크립토믹 필터는 제품 사용 기간 도중 별도로
교체할 필요가 없다. 하지만 해당 필터는 공기
중의 포름알데히드 입자만
제거할 수 있기 때문에 제한적이다.

제품 분석: 다이슨 에어 멀티플라이어™ 기술

공기 중의 오염물질을 제거할 방법을 찾아낸 다이슨 엔지니어들은 정화된 공기를 방 안으로 다시 분사할 방법을 찾아야 했다. 그러던 중 이전에 개발했던 다이슨 에어 멀티플라이어™ 기술을 적용하기로 했다. 다이슨 데스크 선풍기는 초당 최대 370리터의 공기를 전달할 수 있는데, 이는 탄산음료 1,121캔과 맞먹는 양이다. 다이슨 엔지니어들은 이 기술을 다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기에 적용하여 깨끗한 공기를 방안 곳곳에 효율적으로 분사했다.



수업 03

대기오염 포착

수업 시간: 1시간 30분

학습 목표

1. 엔지니어들이 다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기를 개발할 때 설계 과정에서 어떤 결정을 내렸는지 알아본다.
2. 직접 차단, 관성 충돌, 브라운 확산을 포함해 다양한 미세 먼지 필터레이션 메커니즘에 대해 학습한다.
3. 표면적이 필터 성능에 미치는 영향에 대해 이해한다.
4. 활성 탄소 필터의 작동 원리를 시연한다.
5. 반복적인 설계 프로세스의 중요성을 이해한다.

활동 결과

다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기에 대한 전체 토론
워크시트 06: 필터 설계 작성
[선택 사항] 워크시트 07: 활성 탄소 실험 작성

준비물:

펜, 연필, 종이

동영상: 연기 상자

동영상: 다이슨 정화 기술 – 작동 원리

동영상: 활성 탄소 실험

[선택 사항] 동영상: 다이슨 크립토믹™ 기술

포스터: 대기오염 필터레이션

포스터: 공기 오염 이동

수업 03: 보조 시트

워크시트 06: 필터 설계
– A4 용지
– 자
– 계산기

[선택 사항] 워크시트 07: 활성 탄소 실험

아래는 그룹마다 실험을 완료하는 데 필요한 장비 목록이다.
– 유리 비커 2개
– 소형 유리 깔때기
– 원형 여과지
– 활성 탄소 알갱이
– 클램프 스탠드
– 식품 색소

도입: 25분

다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기 소개

학습 목표	활동
1	학급 전체가 **동영상: 연기 상자**를 시청한다. 학생들에게 박스 안의 연기가 어떻게 될지 생각해 보라고 지시한다. 이번 수업에서는 다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기가 필터를 사용해 어떻게 공기중 오염 물질을 제거하는지 알아볼 것이라고 학생들에게 설명한다.

1	학급 전체가 **동영상: 다이슨 정화 기술 - 작동 원리**를 시청한다. 전체 학급을 5개 그룹으로 나누고 각 그룹에게 아래 질문을 하나씩 배정한다. 각 그룹은 종이에 응답을 기록하여 나중에 전체 학급과 공유해야 한다. 그룹 1: 다이슨 엔지니어들은 공기청정기를 개발할 때 어디에서 아이디어를 얻었는가? 설계 프로세스가 쉬웠는가? 그룹 2: 공기청정기에 사용되는 두 센서는 무엇인가? 두 센서를 사용한 이유는 무엇인가? 그룹 3: 필터가 2개 이상 사용되는 이유가 무엇인지 생각해 보자. 필터의 결합 방식에 대해 어떤 점이 눈에 띄는가? 이렇게 결합된 이유가 무엇이라고 생각하는가? 그룹 4: 다이슨 엔지니어들이 공기청정기를 설계할 때 고려해야 했던 주요 요건은 무엇이었을까? 필요시, 다음과 같은 내용을 생각하도록 유도한다. – 크기 – 소음 – 디자인 – 제품의 수명 – 재료 – 사용 편의성 그룹 5: LCD 화면의 이점은 무엇인가? 앱을 함께 제공하는 목적은 무엇인가? 앱이 사용자에게 유용한가? 이유는 무엇인가? 앱에서 할 수 있지만 하지 않는 것은 무엇인가? 각 그룹의 리더 1명에게 관찰 결과를 나머지 그룹과 공유하라고 지시한다.

본론: 1시간

필터레이션에 대한 이해

학습 목표	활동
2	공기 오염 필터레이션 포스터와 공기 오염 이동 포스터를 게시한다. 학생들에게 다양한 크기의 미세 입자는 여러가지 방식으로 이동한다고 설명하며, 공기 오염 이동 포스터에 표시된 4가지 방식마다 각각 이동할 가능성이 높은 미세입자의 크기가 무엇인지 생각해보라고 지시한다.

3	학생들에게 헤파 필터가 주름 잡힌 모양인 이유에 대해 질문한다. 학생들은 한 명씩, 혹은 두 명씩 나눠 워크시트 06: 필터 설계를 작성할 수 있다. 이후 전체 학급과 각 결과에 대해 토론한다. 수업 03: 보조 시트를 사용해 토론 진행을 돕는다.
4	헤파 필터는 PM0.1 수준의 미세한 크기의 입자까지 99.95% 포착하지만 휘발성 유기 화합물은 그냥 통과한다고 설명하며, 다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기는 이러한 휘발성 유기 화합물을 포착할 목적으로 활성 탄소를 사용한다고 설명한다. 선택 사항: 학생들은 활성 탄소의 원리를 이해하기 위해 워크시트 07에 따라 활성 탄소 실험을 실행할 수 있다. 학생들은 활성 탄소가 물에서 일부 식품 색소를 제거한다는 사실을 알아차릴 것이다. 식품 색소 입자는 활성 탄소와 결합하여 물에서 포착 및 제거되어 물을 깨끗하게 만든다. 이러한 원리가 다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기의 활성 탄소 필터에도 적용되어 휘발성 유기 화합물을 공기 중에서 제거한다. 시간이 부족하거나 실험에 필요한 장비를 준비하지 못한 경우에는 학생들이 활성 탄소 실험 영상을 보면서 원리를 알아보는 방법으로 대체할 수 있다.

5	학생들에게 헤파 필터와 활성 탄소 필터는 시간이 지나면서 미세 오염 물질과 가스로 포화된다고 설명한다. 포화된 필터는 공기 중에서 오염 물질을 제거하지 못해 교체가 필요하다. 다이슨 엔지니어들은 공기청정기를 개발하면서 제품 수명이 다할 때까지 지속되는 필터를 장착하기로 결정했다. 이렇게 개발된 것이 크립토믹™ 필터는 공기 중에서 포름알데히드를 제거할 뿐만 아니라 소모되지 않는다고 학생들에게 설명한다. 학급 전체와 크립토믹™ 필터의 이점과 한계에 대해 알아본다. 학생들은 해당 필터가 제품 수명이 다할 때까지 지속되지만 포름알데히드만을 포착할 뿐 다른 유해 가스, 휘발성 유기 화합물, 미세 먼지 등은 포착하지 못한다는 점을 알아야 한다. 이러한 제품을 개발하는 것을 반복 설계 프로세스라고 부르며, 엔지니어들은 이를 통해 기존 제품을 개선할 수 있다고 설명한다. 학생들에게 이전에 반복 설계 프로세스를 접한 경험이 있는지 질문한다. 학생들은 다이슨 공기청정 선풍기 역시 다이슨 에어 멀티플라이어™ 기술이 적용된다는 점에서 반복 설계에 해당한다는 사실을 알아야 한다. 연장 활동: 다이슨 크립토믹™ 영상을 시청하여 필터의 작동 원리를 자세하게 이해할 수 있다.

마무리: 5분

다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기 분석

학습 목표	활동
5	전체 학생들과 다음 질문에 대해 토론하며 수업을 마친다. – 공기청정기의 이점은 무엇인가? – 공기청정기로 해결할 수 있는 문제는 무엇인가? – 공기청정기의 한계는 무엇인가?

섹션 03: 솔루션

학생들은 대기오염이 왜 전 세계적인 문제이고, 전 세계의 엔지니어들이 이를 해결하기 위해 어떤 노력을 기울이고 있는지를 배우고 평가하는 시간을 갖게 된다. 또한 학생들은 다이슨 엔지니어들이 설계 과정에 따라 학교 및 주거 환경의 대기오염 문제에 대한 솔루션을 직접 설계하고 시제품을 만들게 된다

대기오염 해결을 위한 엔지니어링 솔루션

2050년이면 세계 인구는 100억 명에 이를 것으로 추정되며, 이 가운데 도심에 거주하는 인구가 거의 70%에 이른다. 이러한 인구 증가가 대기 오염 수준을 악화시키지 않도록 하기 위해서는 지속 가능한 미래를 보장하기 위한 조치를 취해야 한다. 과학적 지식을 갖춘 엔지니어들은 유용한 기술을 개발할 수 있는 능력을 갖추고 있다.

이들은 문제 해결사이다. 연구와 개발을 통해 새로운 제품을 만들고 기존의 기술의 개선할 방안을 고민한다. 문제에서 출발하여 이를 해결할 방법을 고민한다. 이를 설계 과정이라고 한다. 설계 과정은 설계, 제작, 테스트의 세 가지 주요 단계로 진행된다.

설계 – 이 단계에서 엔지니어는 해결하고자 하는 문제를 파악하고 실현 가능한 솔루션을 검토한다. 먼저 제품이 갖춰야 할 조건과 기능의 목록인 사양서를 작성한다. 그런 다음 솔루션의 형태에 관한 설계를 스케치한다.

제작 – 엔지니어는 이 스케치를 바탕으로 하드보드지 같은 단순한 모형 재료, 또는 3D 프린트 부품과 같은 고급 재료를 사용해 시제품을 제작한다. 시제품은 다른 버전이 개발된 제품의 첫 번째 버전이다.

테스트 – 엔지니어는 시제품이 제대로 작동하고 문제를 효과적으로 해결하는지 확인하기 위해 이를 테스트해야 한다.

이는 엔지니어가 다음 시제품을 제작할 때 문제를 더욱 효과적으로 해결할 수 있도록 현 시제품의 약점과 결함을 파악하는 순환적 과정이다. 이러한 순환 과정은 문제를 완벽히 해결하는 완제품이 탄생할 때까지 계속된다. 다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기의 경우, 다이슨 엔지니어들은 2,065개의 시제품을 설계, 제작 및 테스트했다.

Dyson engineers

대기오염에 대한 엔지니어링 솔루션 사례

카엘리, 제임스 다이슨 어워드 국제전 우승 후보작 2019(인도)

델리는 세계에서 세 번째로 대기 오염이 심한 도시이다. 도시의 공기 질이 특히 나쁠 때는 병원에 입원하는 천식 환자가 늘어난다. 카엘리는 공기 질이 나쁠 때 환자들이 건강을 유지하고 삶의 질을 개선할 수 있도록 돕기 위해 개발된 제품으로, 6겹의 필터와 원심 송풍기를 통해 공기를 걸러내는 오염 방지 마스크이다.
이 마스크를 통해 정화된 공기를 계속 들이마실 수 있다. 또한 이 마스크에는 공기 질을 모니터링하는 센서가 들어 있는데, 앱과 약물 관리자에게 데이터를 전송하므로 필요 시, 약을 복용할 수 있다.

포토신세티카(영국)

포토신세티카는 대기 중의 이산화탄소(CO_2)를 포착하여 저장하는 도시의 커튼이다. 하루에 이산화탄소 약 1킬로그램을 저장할 수 있는데, 이는 큰 나무 20그루의 이산화탄소 저장 능력과 맞먹는다. 포토신세티카는 건물 외벽에 부착할 수 있는 대형 모듈로 구성되어 있다. 공기가 모듈 바닥을 통해 유입되어 이산화탄소를 가두는 특수한 유형으로 해조류를 포함한 수분이 많은 매질을 통과하면서 이산화탄소가 제거된다.

스모그 프리 타워(중국)

스모그 프리 타워는 도시의 스모그 농도를 줄이기 위해 설계된 100미터 높이의 공기 정화 타워이다. 이 타워는 7미터 높이이며 공기 중의 미세물질을 제거하기 위해 이온화된 은판과 필터를 사용한다.

스모그 프리 자전거(중국)

스모그 프리 자전거는 오염된 공기를 여과 시스템으로 빨아들인다. 이렇게 공기 중의 오염 물질이 제거되고 여과된 공기가 자전거를 타는 사람에게 분사된다.

스폰지 마운틴(이탈리아)

스폰지 마운틴은 토리노와 리옹을 연결하는 철도 터널 건설 과정에서 굴착된 흙을 활용해 90m 높이의 흙무더기를 만드는 프로젝트이다. 흙무더기는 공기 중의 이산화탄소를 흡수하면서 유럽에서 가장 오염이 심한 도시 중 하나인 토리노의 대기오염 수준을 낮추는 데 일조한다.

전기 도로(스웨덴)

스웨덴의 이로드알란다(eRoadArlanda)는 세계 최초로 전기 도로를 개발했다. 이 도로는 스케일렉트릭(Scalextric) 트랙과 유사한 전도성 기술을 사용해 전기차가 주행하는 동안 배터리를 충전한다. 전도성 레일은 도로를 따라 깔려 있으며 차량 바닥에 부착된 암(arm)을 통해 전기를 전달한다.

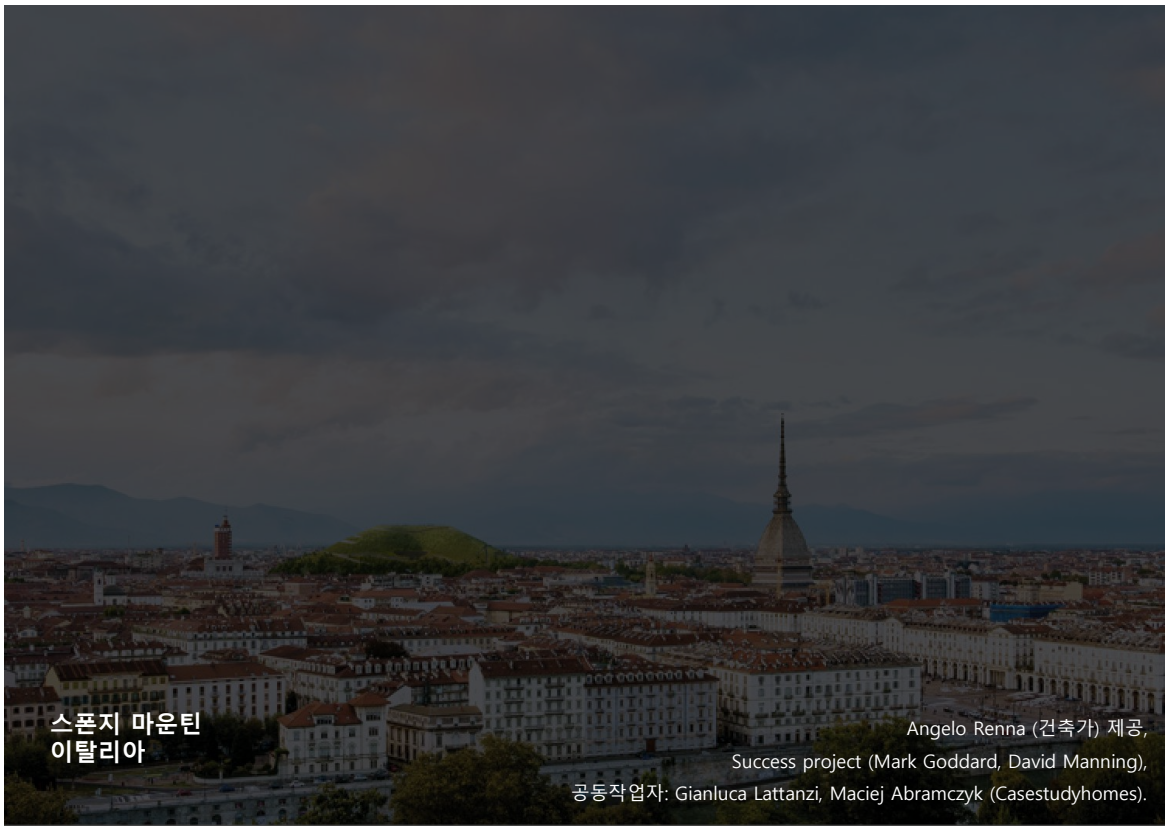
수직 숲(이탈리아)

수직 숲은 지속 가능한 주거 건물을 위한 모델이다. 이 건물에는 나무 800그루, 관목 4,500그루와 식물 15,000그루가 있는데, 이는 20,000제곱미터의 숲과 맞먹는다. 수직 숲은 이산화탄소와 먼지 입자를 흡수하고 산소를 내뿜는 미기후를 형성한다.

스모그 프리 자전거
중국
Studio Roosegaarde 제공

전기 도로
스웨덴

Elways, eRoadArlanda 제공



스폰지 마운틴
이탈리아

Angelo Renna (건축가) 제공,
Success project (Mark Goddard, David Manning),
공동작업자: Gianluca Lattanzi, Maciej Abramczyk (Casestudyhomes).

Studio Roosegaarde 제공

수업 04
대기오염 솔루션 설계

수업 시간: 1시간 30분

학습 목표

1. 엔지니어들이 대기오염 솔루션 개발에 어떤 도움을 주는지 이해한다.
2. 대기오염 해결을 위한 기존 엔지니어링 솔루션을 평가한다.
3. 엔지니어들이 대기오염 같은 문제 해결을 위해 새로운 기술을 개발할 때 사용하는 설계 프로세스에 대해 알아본다.
4. 스케치를 이용해 대기오염 솔루션을 설계한다.

활동 결과

대기오염을 해결할 수 있는 기존 엔지니어링 솔루션에 대한 조사 완료
스케치 및 부품 목록 작성 완료

준비물:

필기 도구
A3 용지

포스터: 설계 과정

조사용 컴퓨터

대기오염에 대한 엔지니어링 솔루션 사례 (37~39 페이지)

도입: 5분

대기오염 엔지니어링 솔루션

학습 목표	활동
1	엔지니어들은 전세계적인 대기오염 문제를 해결하는데 도움을 주는 기술을 개발할 수 있다고 설명한다. 학생들에게 오늘 자신이 엔지니어가 되어 등굣길의 대기오염 문제를 해결할 솔루션을 직접 설계하는 시간을 갖는다고 설명한다. 먼저, 대기오염 문제 해결을 위한 기존 엔지니어링 솔루션에 대한 조사부터 시작한다.

본론: 1시간 15분

대기오염 솔루션 설계

학습 목표	활동
2	학급을 세 그룹으로 나누어 **본 교육 자료 세 페이지 앞에서 소개된 대기오염에 대한 엔지니어링 솔루션 사례 중 하나를 각 그룹에게 배정하여 조사를 하라고 지시한다.** 원한다면, 배정받은 솔루션 외에 직접 검색하여 다른 솔루션에 대해 조사해도 무방하다. 각 그룹은 다음 질문에 대한 답변을 조사해야 한다. – 어떤 솔루션인가? – 어떻게 작동하는가? – 이는 대기오염에 대한 효과적인 솔루션인가? 그렇게 생각하는 이유는 무엇인가? 조사한 내용을 전체 학급에게 공유한 후, 각 솔루션의 장점과 단점에 대해 토론한다.
3	설계 프로세스가 정리된 포스터를 게시한 후 엔지니어들은 문제 해결을 위한 간략한 개요를 전달받는다고 설명한다. 설계 엔지니어들은 전달받은 개요를 바탕으로 제품을 통해 해결해야 할 문제가 무엇인지 이해하고, 제품의 크기나 특정 기능 수행 여부 등 작업해야 하는 매개변수를 설정하게 된다. 설계 엔지니어들은 디자인, 제작, 테스트와 같이 3단계로 구성된 설계 프로세스를 따라 개요에 대한 작업을 진행한다고 설명한다. 엔지니어들은 제품 하나를 개발할 때 설계 프로세스를 수없이 반복하기 때문에, 이를 순환 또는 반복되는 프로세스라고 칭한다. 학생들에게 반복하는 프로세스가 중요한 이유가 무엇이라고 생각하는지 질문한다. 학생들은 테스트를 통해 발견한 시제품의 문제는 다음 설계 프로세스 주기에서 해결할 수 있다는 사실에 도달해야 한다.

4	학생들은 3인 1조로 엔지니어처럼 생각하며 대기오염에 대한 솔루션을 직접 구상하고, 시제품을 개발할 예정이라고 설명한다. 이번 수업에서는 설계 프로세스의 첫 단계인 디자인을 시작한다. 학생들에게 이번 프로젝트의 개요에 대해 설명한다. 이번 프로젝트 개요는 학교나 집, 혹은 등굣길에서 대기오염 문제를 해결할 수 있는 제품을 디자인하는 것이다. 학생들에게 30분을 주고 각자 가능한 솔루션에 대해 생각한 후 이를 스케치하라고 지시한다. 또한 다음과 같은 기준과 제약 조건도 고려하라고 안내한다. – 사용자 – 기능 – 재료 – 안전성 – 디자인 – 비용 학생들에게 시제품 제작 시 사용할 수 있는 재료에 대해 알려주고, 이를 디자인할 때 고려해야 한다고 강조한다. 학생들에게 자신의 아이디어를 나머지 그룹 구성원에게 발표하라고 지시한다. 학생들이 그룹 단위로 서로의 아이디어에 대해 질문하고, 이후 최종 솔루션에 동의할 수 있도록 유도한다.

마무리: 10분

시제품 제작 준비하기

학습 목표	활동
4	학생들에게 다음 수업에서는 설계 과정의 두 번째 단계를 완성할 것이라고 설명한다. 각 그룹에게 제공된 목록 중에서 설계의 시제품을 제작하는 데 필요한 재료와 장비가 무엇인지 파악하도록 지시한다. 이후 다음 수업에서 역할과 책임을 배정하여 시제품의 제작 계획을 세울 수 있다.

수업 05
대기오염에 대한 솔루션 제작

수업 시간: 1시간 30분

학습 목표

1. 지난 수업에서 간략하게 들었던 개요에 따라 대략적인 시제품을 제작한다.
2. 팀워크 역량을 기른다.
3. 실질적인 역량을 기른다.
4. 설계 프로세스에서 테스트의 중요성을 이해한다.
5. 프레젠테이션 및 자체 평가 역량을 기른다.

활동 결과

대기오염 솔루션을 위한 시제품 제작
나머지 학생들에게 시제품 발표

준비물:

시제품을 만들기 위한 다양한 재료
부품을 결합하기 위한 다양한 접착제
재료를 자르고 시제품을 만들기 위한 다양한

도입: 10분

시제품 제작

학습 목표	활동
1	학생들에게 이번 수업에서는 이전 수업에서 나눈 그룹으로 활동하면서 디자인한 시제품 초안을 제작할 예정이라고 설명한다. 지난 수업에서 준비한 재료와 장비 목록을 사용하여 학생들에게 시제품을 제작하는 데 필요한 물품을 모으도록 지시한다.

본론: 1시간

시제품 제작

학습 목표	활동
2	학생들에게 각 그룹마다 대표 엔지니어를 임명하라고 지시한다. 대표 엔지니어는 누가 어떤 부품을 제작할지 업무를 위임하여 치수 및 품질의 일관성을 유지하고, 제품 디자인 및 부품 목록에서 추가되거나 조정된 사항을 모두 기록해야 한다. 또한 각 그룹의 대표 엔지니어는 이번 수업이 끝날 때까지 시제품을 완성될 수 있도록 해야 한다.
3,4	각 그룹에게 협동심을 발휘하여 제공된 재료와 장비를 사용해 설계의 시제품을 제작하도록 지시한다. 그룹이 작업을 진행하면서 제품을 테스트하고,

	사용자가 제품과 어떻게 상호 작용하게 되는지 이해하며 설계 결함을 파악하도록 독려한다. 설계 과정은 반복되는 주기라는 점을 다시 한번 알려준다. 난관에 부딪히면 함께 협업하여 설계를 수정하고 개선하도록 독려한다.

마무리: 20분

평가

학습 목표	활동
4, 5	각 그룹에게 학급 내 나머지 학생들을 대상으로 시제품에 대해 발표하도록 하고 발표 시 다음 사항에 대해 이야기할 수 있도록 알려준다. – 문제 – 솔루션 – 작동 원리 – 사용 대상 각 그룹에게 설계 과정에서 변경된 내용을 되돌아보고 시제품을 개선하기 위해 추가로 변경할 수 있는 사항을 고려하도록 요청한다. 참고: 학생 발표의 대안으로, 다른 학생들과 교사들이 방문할 수 있는 디자인 전시회를 여는 방법이 있다. 학생 그룹은 시제품을 전시하고 제품을 홍보할 수 있다. 행사가 좀 더 흥미롭게 구성되도록 , 지역 엔지니어를 초청하여 학생들과 만남의 시간을 갖고 우수 시제품을 심사하도록 요청해볼 수도 있다.

워크시트 01:
대기오염 물질과 오염원

본 워크시트에는 각 오염 물질의 명칭과 이에 대한 설명 및 오염원이 나열되어 있다.
아래 사각형에 따라 박스를 오려내어 각 오염 물질에 해당하는 설명 및 오염원을 맞춰 정렬하라

PM10	직경 10마이크론(µm) 이하이며, 일반적으로 코털이나 콧물에서 걸러질 정도로 입자의 크기가 크기 때문에 기침이나 재채기를 통해 채내에서 배출된다. 하지만 일부는 호흡에 영향을 미쳐 장기적으로 건강 문제를 야기할 수 있다.	오염원: – 검은 연기 – 토양 – 도로나 공사장에서 발생하는 먼지 – 꽃가루 – 곰팡이 포자
PM2.5	직경 2.5마이크론(µm) 이하의 미세한 크기로 전자 현미경을 통해서만 볼 수 있으며, 인체의 자연 방벽을 우회하여 폐까지 도달할 수 있다.	오염원: – 박테리아 – 곰팡이 – 석탄, 가스 및 석유 기반 산업에서 배출되는 가스
PM0.1	직경 0.1마이크론(µm) 이하인 초미세입자로, 크기가 너무 작다 보니 폐조직을 지나 혈류까지 침투할 수 있다.	오염원: – 자동차 배기 가스 – 산불 연기 – 담배 연기
휘발성 유기 화합물(VOC)	가스 또는 공기 중에 존재하는 수분 입자로 유해성을 지녔을 가능성도 있다	오염원: – 담배 – 페인트 – 세척 제품 – 향초 – 가구 광택제
포름알데히드	가연성은 물론이고 특유의 지독한 냄새로 잘 알려져 있다.	오염원: – 대량 생산되는 목재 제품 – 광택제 – 페인트 – 접착제

이산화질소 - NO2	스모그와 산성 비의 원인이 되는 적갈색 가스로 냄새도 자극적이다.	오염원: – 경유차의 배기 가스 – 화재 – 석탄 공장 – 주택 난방
일산화탄소 - CO	무취, 무미, 무색 가스이다.	오염원: – 비효율적인 가스 연료 연소, 화목 난로
이산화황 - SO2	화산에서 배출되는 독성 가스로 냄새도 자극적이다.	오염원: – 화석 연료 연소 – 화산 – 산불
오존 - O3	대기 상층부에서 자외선을 막아주는 천연 가스층과 달리 지표면 바로 위에 형성되는 고자극성 무색 가스이다.	오염원: – 이산화질소(NO2)가 휘발성 유기 화합물(VOC) 및 햇빛과 반응했을 때 형성된다.

워크시트 02: 학교 주변 공기 질

다이슨 엔지니어들은 학교 주변 6곳에서 공기 질 모니터링 장치를 사용해 가스 및 미세입자 오염 농도를 측정했다.

1. 공기 질 지표를 참조하여 각 장소마다 미세입자 오염 농도 측정 결과를 그래프 1에 표시한다.

2. 공기 질 지표를 참조하여 각 장소마다 가스 오염 농도 측정 결과를 그래프 2에 표시한다.

학교 주변 공기 질 측정 수치

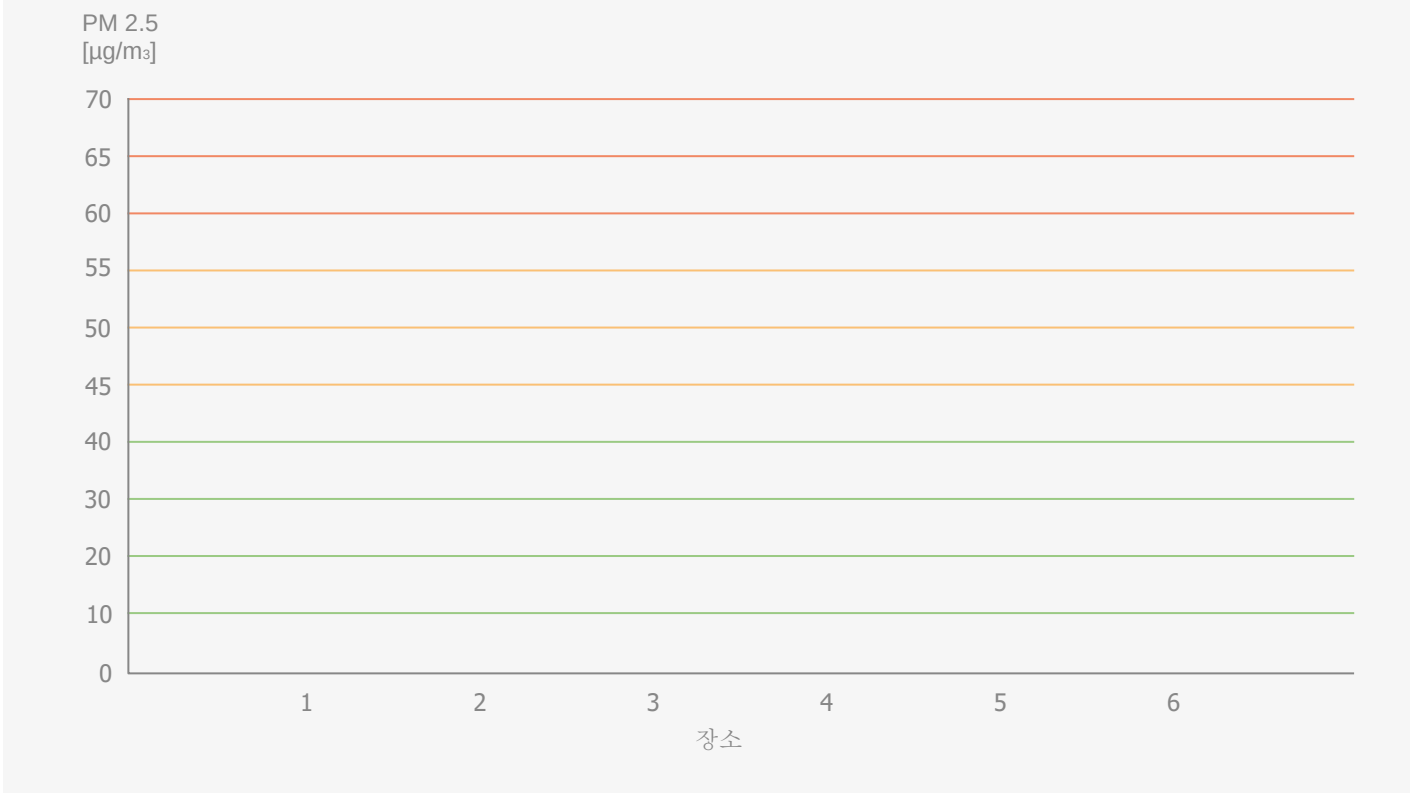
장소	입자 센서(LED 전구 수)	가스 센서(LED 전구 수)
1. 교실	4	2
2. 교내 식당	6	6
3. 운동장	3	4
4. 교문	5	7
5. 주차장	3	5
6. 과학실	4	6

공기 질 지표

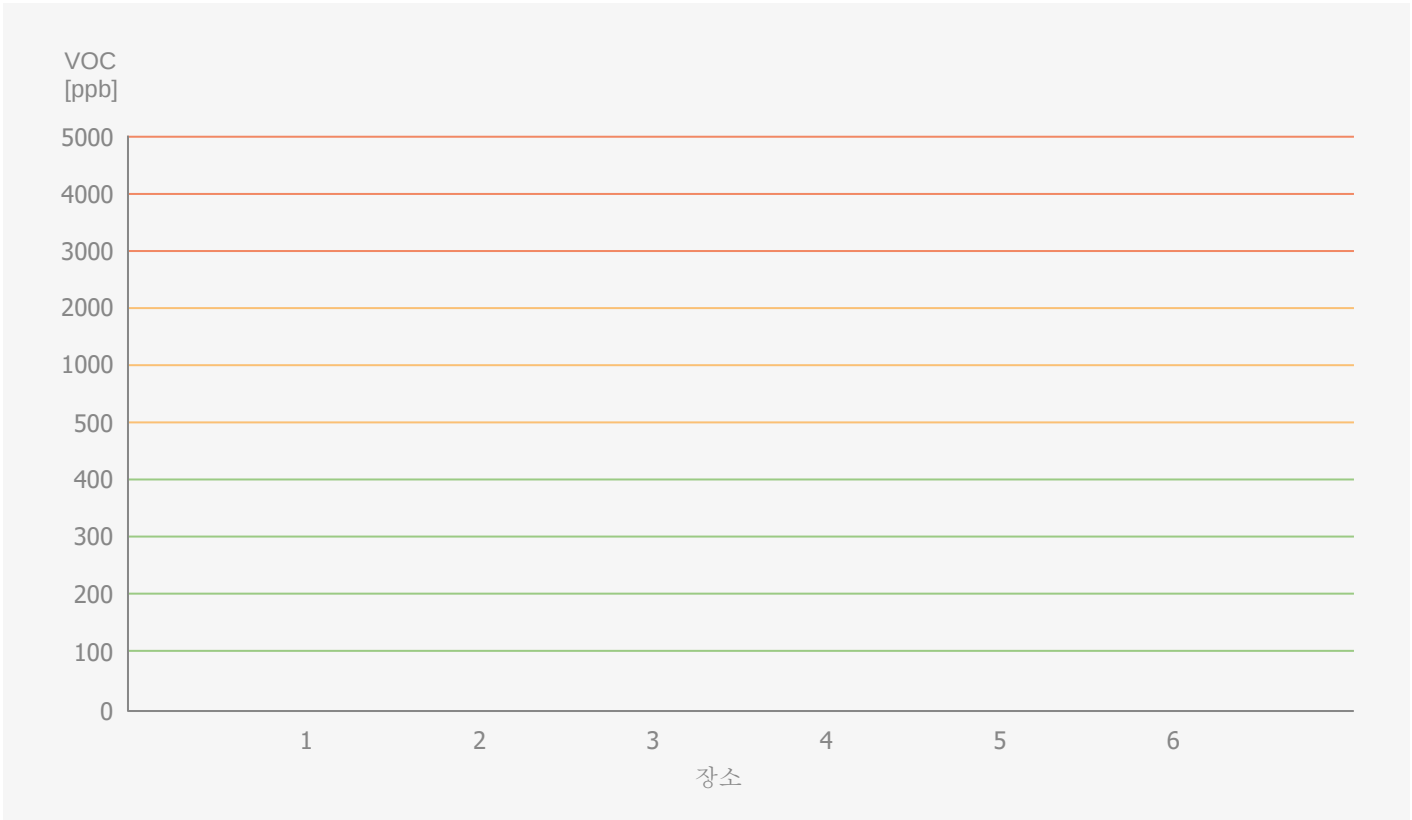
공기 질	LED 전구 수	미세입자(µg/m3)*	가스(ppb)**
매우 나쁨	10	70	5000
	09	65	4000
	08	60	3000
	07	55	2000
보통	06	50	1000
	05	45	500
좋음	04	40	400
	03	30	300
매우 좋음	02	20	200
	01	10	100

* (µg/m$_3$) = 공기 세제곱미터 당 마이크로그램의 미세입자 오염 농도를 나타내는 단위
** (ppb) = 10억분의 1의 가스 오염 농도를 나타내는 단위

그래프 01 – 미세입자 오염 농도 측정 결과



그래프 02 – 가스 오염 측정 결과



3. 그래프를 사용해 다음 질문에 답변한다.

대기오염이 가장 심각한 장소는 어디인가?

대기오염이 가장 심각한 장소에서 가스와 미세입자 중 더욱 심각한 오염 유형은 무엇인가?

이러한 오염을 발생시키는 원인은 무엇이라고 생각하는가?

실내와 실외의 대기오염 농도는 얼마나 차이가 있었는가?

예상치 못한 결과가 있었는가?

워크시트 03:
공기 질 모니터링 장치 만들기

해당 가이드를 사용해 공기 질 모니터링 장치를 제작한다. 모니터링 장치를 사용해 학교 주변 곳곳에서 오염 농도를 측정할 수 있다.

장치 1개에 필요한 구성품 목록	수량
아두이노	1
베이스 실드	1
케이블	4
LED 스틱	2
입자 센서 *	1
가스 센서 **	1
배터리	1
부스터	1
USB 케이블	1

* 입자 센서는 사람의 머리카락보다 약 25배 얇은 2.5마이크론 크기의 입자까지 측정할 수 있다.
** 가스 센서는 휘발성 유기 화합물(VOC) 및 유해 가스의 농도를 측정할 수 있다.

가이드

1. 핀을 사용해 베이스 실드를 아두이노에 장착한다.

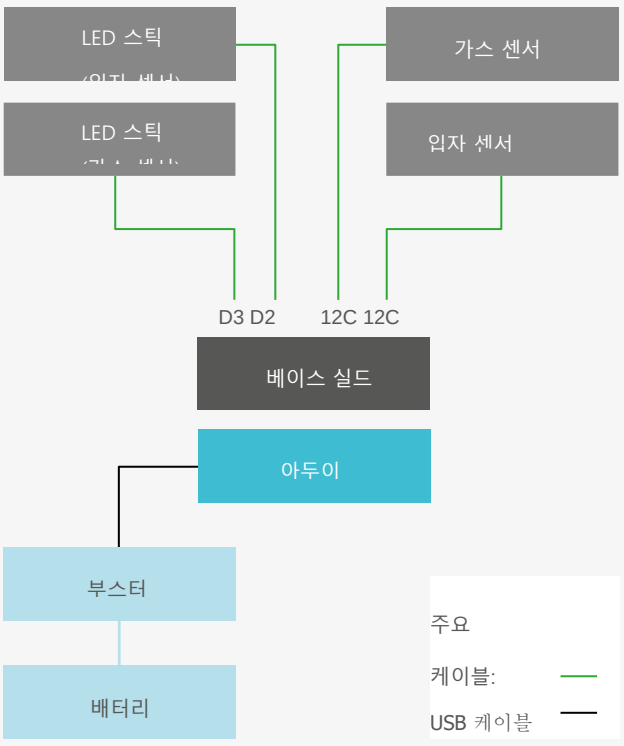
2. 케이블 한쪽 끝을 입자 센서에, 그리고 다른 한쪽 끝을 베이스 실드의 I2C 슬롯에 연결한다.

3. 다른 케이블 한쪽 끝을 가스 센서에, 그리고 다른 한쪽 끝을 베이스 실드의 나머지 I2C 슬롯에 연결한다.

4. 다른 케이블 한쪽 끝을 LED 스틱에, 그리고 나머지 한쪽 끝을 베이스 실드의 D2 슬롯에 연결한다.
이는 미세먼지 오염 농도를 가리키는 데 사용된다.

5. 마지막 케이블 한쪽 끝을 나머지 LED 스틱에, 그리고 다른 한쪽 끝을 베이스 실드의 D3 슬롯에 연결한다. 이는 가스 오염 농도를 가리키는 데 사용된다.

장치 설치 다이어그램·



6. 배터리를 부스터에 연결한다.

7. USB 케이블을 사용해 부스터를 아두이노에 연결한다.

8. 부스터 스위치를 ON으로 설정하여 장치 전원을 켠다.

9. LED 스틱에 있는 파란색 막대가 사라지면 장치를 사용할 수 있다.

10. 장치 전원을 끄려면 부스터 스위치를 OFF로 설정한다.

워크시트 04: 데이터 수집

공기 질 모니터링 장치를 사용해 학교 주변 6곳에서 공기 질 데이터를 수집한다.

가이드

1. 공기 질 모니터링 장치의 전원이 켜져 있는지 확인한다.

2. 측정할 장소로 장치를 가져간다.

3. 센서 수치가 안정화* 될 때까지 최소 1분정도 기다린다.

*각 스틱에 표시된 LED 전구 수가 동일하게 유지되어야 한다.

4. 각 스틱에 표시된 LED 전구 수를 아래 데이터 수집 표에 기록한다.

5. 모든 장소에서 측정을 마칠 때까지 2~4 단계를 반복한다.

공기 질	LED 전구 수
매우 나쁨	10
	09
나쁨	08
	07
보통	
	05
좋음	04
	02
매우 좋음	01

데이터 수집

장소	입자 센서(LED 전구 수)	가스 센서(LED 전구 수)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		

워크시트 05: 데이터 분석

1. 공기 질 지표를 참조하여 각 장소마다 미세입자 오염 농도를 그래프 1에 표시한다.

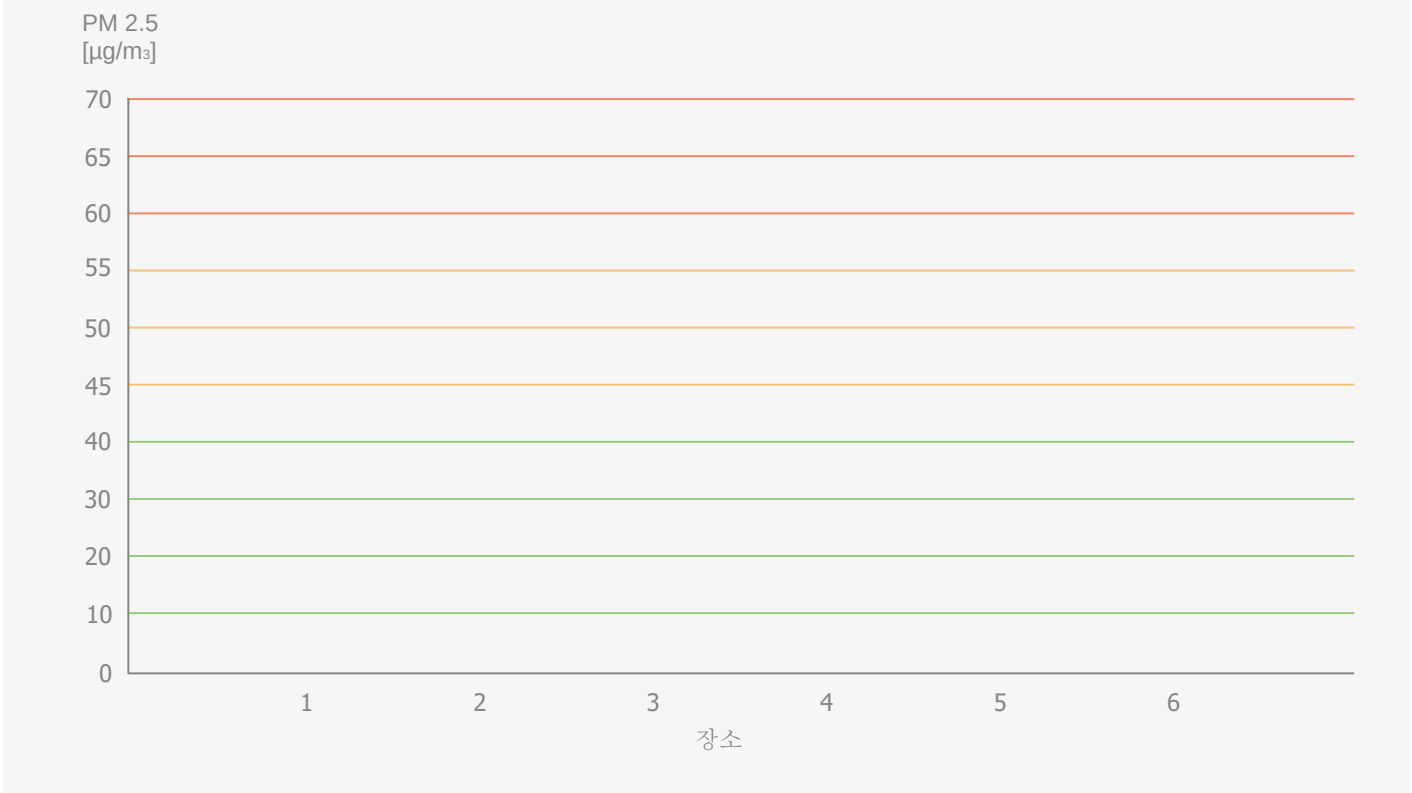
2. 공기 질 지표를 참조하여 각 장소마다 가스 오염 농도를 그래프 2에 표시한다.

공기 질 지표

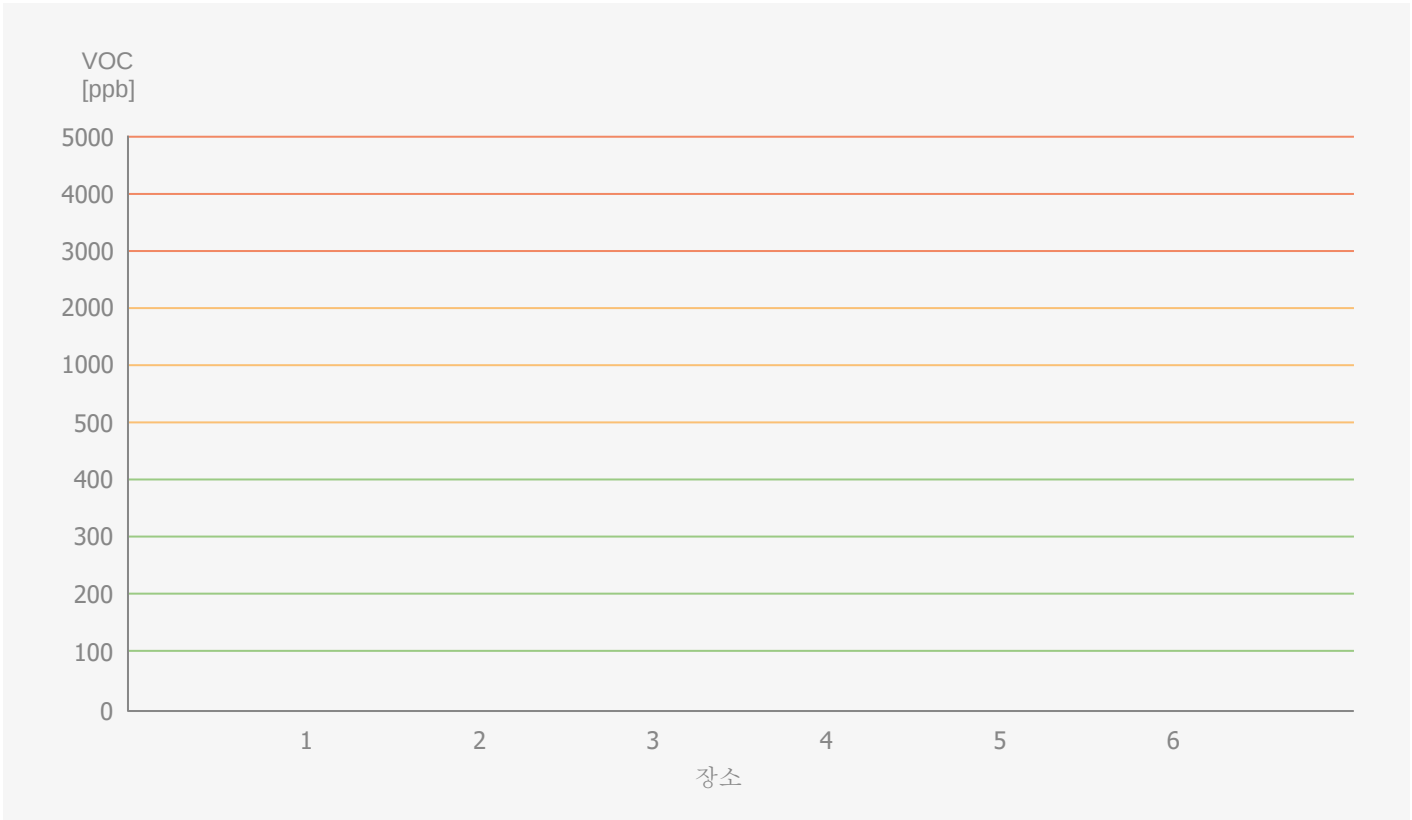
공기 질	LED 전구 수	미세입자(µg/m3)*)	가스(ppb)**
매우 나쁨	10	70	5000
	09	65	4000
	08	60	3000
	07	55	2000
보통	06	50	1000
	05	45	500
좋음	04	40	400
	03	30	300
매우 좋음	02	20	200
	01	10	100

* (µg/m3) = 세제곱미터 당 마이크로그램의 미세입자 오염 농도를 나타내는 단위
** (ppb) = 10억분의 1의 가스 오염 농도를 나타내는 단위

그래프 01 – 미세입자 오염 농도 측정 결과



그래프 02 – 가스 오염 농도 측정 결과



4. 그래프를 사용해 다음 질문에 대답한다.

대기오염이 가장 심각한 장소는 어디인가?

대기오염이 가장 심각한 장소에서 가스와 미세입자 중 더욱 심각한 오염 유형은 무엇인가?

이러한 오염을 발생시키는 원인은 무엇이라고 생각하는가?

실내와 실외의 대기오염 농도는 얼마나 차이가 있었는가?

예상치 못한 결과가 있었는가?

워크시트 06: 필터 설계

엔지니어들은 크기, 비용, 성능 같은 요소에 대해 자세한 사양을 전달받는 경우가 대다수이다. 아래 활동을 통해 이러한 사양이 다이슨 퓨어쿨™ 공기청정기에 사용되는 필터 설계에 어떤 영향을 미치는지 알아본다. 다음 두 페이지에서 아래 질문에 대한 답변을 기록할 수 있다.

1. A4 용지를 앞에 있는 책상 위에 평평하게 놓은 후, 해당 용지의 표면적을 계산한다.
L은 길이이고, W는 너비이다. 오른쪽 그림 01을 참조한다.

2. 이제 용지를 가로로 놓고 20mm 간격으로 접어 주름을 만든다. 두 번째 A4 용지는 50mm 간격으로 접어 주름을 만든다.

a. 평평한 용지와 비교했을 때 주름이 접힌 두 용지의 크기에서 무엇을 알게 되었는가?

b. 표면적이 어떻게 되었는가?

c. 이것이 중요한 이유는 무엇인가?

그림 01: 표면적 = W x L

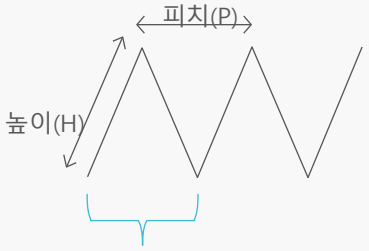
3. 주름이 접힌 용지의 표면적 역시 다음 공식을 사용해 계산할 수 있다. 여기에서 N은 주름 수를 나타낸다.

표면적 = N((W x H) x 2)

a. 예를 들어 주름 높이가 20mm이고, 주름이 접힌 부분 사이의 간격을 나타내는 피치가 10mm일 때, 210mm x 300mm 공간에서 구할 수 있는 최대 표면적은 몇인가?

힌트: 그림 02를 참조하여 먼저 구할 수 있는 총 주름 수가 몇 개인지 계산한다

그림 02: 표면적 = N((W x H) x 2)



b. 이를 위해 총 몇 장의 A4 용지가 필요한가?

c. 엔지니어들이 필터 표면적을 극대화하려고 하는 이유가 무엇이라고 생각하는가?

d. 공간 외에 필터의 최대 표면적을 제한할 수 있는 것은 무엇인가? 이것이 중요한 이유는 무엇인가?

2a. 평평한 용지와 비교했을 때 주름이 접힌 두 용지의 크기에서 무엇을 알게 되었는가?

2b. 표면적이 어떻게 되었는가?

2c. 이것이 중요한 이유는 무엇인가?

3a. 예를 들어 주름 높이가 20mm이고, 피치가 10mm일 때, 210mm x 300mm 공간에서 구할 수 있는 최대 표면적은 몇인가?

3b. 이를 위해 총 몇 장의 A4 용지가 필요한가?

3c. 엔지니어들이 필터 표면적을 극대화하려고 하는 이유가 무엇이라고 생각하는가?

3d. 공간 외에 필터의 최대 표면적을 제한할 수 있는 것은 무엇인가? 이것이 중요한 이유는 무엇인가?

워크시트 07: 활성 탄소 실험

워크시트 지침에 따라 활성 탄소가 물과 식품 색소에 어떤 영향을 미치는지 관찰한다.

준비물
유리 비커 2개
소형 유리 깔때기
원형 여과지
활성 탄소 알갱이
클램프 스탠드식품 색소

절차
1. 각 비커에 A와 B라는 라벨을 부착한다.
2. 비커 A에 물 100ml를 채운다.
3. 비커 A에 식품 색소를 다섯 방울 떨어뜨린다. 비커에 담긴 물의 색상을 아래 기록한다.
4. 원형 여과지를 반으로 접은 후 한 번 더 반으로 접는다. 여과지의 한쪽 측면을 펴서 깔때기의 형태로 만들어 유리 깔때기 안에 넣는다.
5. 유리 깔때기를 비커 B 위에 있는 클램프 스탠드에 장착한다.
6. 활성 탄소 알갱이의 무게를 재어 10g(약 3 티스푼)을 깔때기에 넣는다.
7. 비커 A의 색소를 탄 물을 깔때기에 부어서 해당 용액이 활성 탄소 알갱이를 통과해 비커 B에 담기도록 한다.
8. 다음 페이지에서 실험에 대한 질문에 대답한다.

1. 활성 탄소 입자에 닿기 전 비커 A의 색소를 탄 용액의 색상을 설명하라.

2. 활성 탄소 알갱이를 통과한 후 비커 B의 색소를 탄 용액의 색상을 설명하라.

3. 실험 결과를 설명하라.

4. 어떻게 이러한 실험 결과를 얻게 되었다고 생각하는가?

보조 시트

수업 01 보조 시트

이 보조 시트에는 **워크시트 01: 대기오염 물질과 오염원**에 있는 대기오염 물질 및 이에 대한 설명과 오염원이 올바른 순서로 정렬되어 있다.

PM10	직경 10마이크론(µm) 이하이며, 일반적으로 코털이나 콧물에서 걸러질 정도로 입자의 크기가 크기 때문에 기침이나 재채기를 통해 채내에서 배출된다. 하지만 일부는 호흡에 영향을 미쳐 장기적으로 건강 문제를 야기할 수 있다.	오염원: – 검은 연기 – 토양 – 도로나 공사장에서 발생하는 먼지 – 꽃가루 – 곰팡이 포자
PM2.5	직경 2.5마이크론(µm) 이하의 미세한 크기로 전자 현미경을 통해서만 볼 수 있으며, 인체의 자연 방벽을 우회하여 폐까지 도달할 수 있다.	오염원: – 박테리아 – 곰팡이 – 석탄, 가스 및 석유 기반 산업에서 배출되는 가스
PM0.1	직경 0.1마이크론(µm) 이하인 초미세입자로, 크기가 너무 작다 보니 폐조직을 지나 혈류까지 침투할 수 있다.	오염원: – 자동차 배기 가스 – 산불 연기 – 담배 연기
휘발성 유기 화합물(VOC)	가스 또는 공기 중에 존재하는 수분 입자로 유해성을 지녔을 가능성도 있다	오염원: – 담배 – 페인트 – 세척 제품 – 향초 – 가구 광택제
포름알데히드	가연성은 물론이고 특유의 지독한 냄새로 잘 알려져 있다.	오염원: – 대량 생산되는 목재 제품 – 광택제 – 페인트 – 접착제

이산화질소 - NO2	스모그와 산성 비의 원인이 되는 적갈색 가스로 냄새도 자극적이다.	오염원: – 경유차의 배기 가스 – 화재 – 석탄 공장 – 주택 난방
일산화탄소 - CO	무취, 무미, 무색 가스이다.	오염원: – 비효율적인 가스 연료 연소, 화목 난로
이산화황 - SO2	화산에서 배출되는 독성 가스로 냄새도 자극적이다.	오염원: – 화석 연료 연소 – 화산 – 산불
오존 - O3	대기 상층부에서 자외선을 막아주는 천연 가스층과 달리 지표면 바로 위에 형성되는 고자극성 무색 가스이다.	오염원: – 이산화질소(NO2)가 휘발성 유기 화합물(VOC) 및 햇빛과 반응했을 때 형성된다.

수업 02B 보조 시트

이 보조 시트는 수업 02B 공기 질 모니터링 장치 만들기 활동에 필요한 장비를 준비하는 데 유용하다. 또한 **공기 질 모니터링 장치 만들기 튜토리얼 영상**을 시청하는 것도 도움이 된다.

적어도 수업을 진행하기 이틀 전에 다음 작업을 마쳐야 한다.

아두이노 프로그래밍
가스 센서 준비*
각 장치에 사용할 배터리 충전

*신뢰할 수 있는 측정 결과를 원한다면 센서 소자의 화학적 변화를 위해 적어도 사용하기 12시간 전에 가스 센서의 전원을 켜 두어야 한다. 센서 소자의 화학적 변화는 영구적이므로 본 작업은 한 번만 수행하면 된다.

아두이노 프로그래밍에 필요한 장비:

USB 포트가 장착되고, 인터넷이 연결된 컴퓨터

아두이노 IDE 소프트웨어:
https://www.아두이노.cc/en/main/software

아두이노 코드 (제임스 다이슨 재단 웹사이트에서 제공)

프로그래밍이 필요한 아두이노 우노

USB 케이블 A-B 타입

아두이노 프로그래밍 방법:

1. 아두이노 IDE 소프트웨어를 설치한다. 이때 IT 팀이나 전문가에게 지원을 요청해야 할 수도 있다.
2. 바탕 화면에 jdf_aqi라는 명칭의 폴더를 생성한다.
3. 제임스 다이슨 재단 웹사이트 내 Engineering solutions: Air pollution 페이지에서 Download Arduino code를 클릭하면 jdf_aqi.ino 명칭을 가진 코드 파일이 다운로드 된다.
4. 다운로드가 완료되면 해당 코드 파일을 바탕 화면에 생성했던 폴더에 저장한 후 클릭한다. 그러면 해당 파일은 아두이노 IDE에서 열린다.
5. 아두이노 환경에서 도구와 라이브러리 관리를 차례로 클릭한다.
6. HM3301을 검색하여 Seeed Studio의 Grove – Laser PM2.5 Sensor HM3301을 찾은 후 드롭다운 메뉴에서 버전 1.0.0을 선택하여 설치한다.
7. SGP30을 검색하여 Adafruit의 Adafruit SGP30 Sensor를 찾은 후 버전 1.0.5을 설치한다.
8. NeoPixel을 검색하여 Adafruit의 Adafruit NeoPixel을 찾은 후 버전 1.3.2을 설치한다.
9. 도구, 포트, COM(Arduino/Genuino Uno)을 차례대로 클릭한다. 그러면 연결된 아두이노가 자동으로 표시되어야 한다. 참고로 /dev/tty/arduinouno로 표시될 수도 있다.
10. 스케치와 업로드를 차례대로 클릭한다 (또는 도구 모음에서 오른쪽 화살표).
11. 창 하단에 있는 상태 표시줄에 업로드 완료가 표시될 때까지 기다린다.
12. USB 케이블을 아두이노에서 분리한다.
13. 모든 아두이노에 7~12단계를 반복한다.

수업 02B 보조 시트

가스 센서 준비 및 배터리 충전 필요한 장비:

USB 포트가 장착된

컴퓨터

USB 허브 (선택 사항)

프로그래밍을 마친

아두이노 우노

아두이노 우노용 그로브 베이스 실드

그로브 유니버설 4핀 버클 케이블(20cm) - 아두이노당 1개

USB 케이블 A-C 타입 - 아두이노당 1개

리튬 이온 배터리 3.7V 2000mAh 배터리 - 아두이노당 1개

LiPo 라이더 플러스 충전기/부스터 - 5V/2.4A USB C 타입 - 아두이노당 1개

USB 케이블 A-B 타입 - 아두이노당 1개

가스 센서 준비 및 배터리 충전 방법:

1. 베이스 실드를 눌러 아두이노에 장착한다.

2. 커넥터를 사용해 가스 센서를 베이스 실드의 I2C 포트에 연결한다.

3. USB A-B 타입 케이블을 사용해 부스터를 아두이노에 연결한다.

4. 배터리를 부스터에 연결한다.

5. USB A-C 타입 케이블을 사용해 부스터를 USB 허브에 연결한다. USB 허브를 사용하지 않는 경우에는 USB A-C 타입 케이블을 컴퓨터의 USB 포트에 연결하는 방법도 있다.

6. LiPo 부스터 스위치를 ON으로 설정한다.

7. 모든 키트에 1~6단계를 반복한다.

8. USB 허브를 사용하는 경우에는 컴퓨터 USB 포트에 연결하여 충전시킨다.

9. 모든 키트를 연결한 채 12시간 이상 충전시킨다. USB 허브를 사용하지 않는 경우에는 가스 센서를 모두 여러 컴퓨터에 연결하여 12시간 동안 준비를 시켜 두는 것이 좋다.

10. 12시간이 지나면 LiPo 부스터 스위치를 모두 OFF로 설정하고 모든 키트를 분리한다. 이제 배터리가 충전되었고 가스 센서도 사용될 준비가 되었다.

수업 03 보조 시트

이 보조 시트를 참고하여 워크시트 06: 필터 설계에 대한 수업을 진행한다.

질문		보조 노트
2a	평평한 용지와 비교했을 때 주름이 접힌 두 용지의 크기에서 무엇을 알게 되었는가?	학생들은 용지마다 다른 높이와 길이에 대해, 그리고 이러한 차이가 용지가 차지하는 공간에 어떤 영향을 미치는지 다뤄야한다.
2b	표면적이 어떻게 되었는가?	표면적은 동일하다. 학생들에게 각 용지를 원래 A4 용지의 크기로 다시 평평하게 펴라고 지시하여 왜 표면적이 동일한 지에 대해 자세하게 설명한다.
2c	이것이 중요한 이유는 무엇인가?	엔지니어들은 필터를 설계할 때 주름 수, 주름 피치 및 주름 깊이를 필터의 공간 제약에 맞춰 최적화해야 한다. 용지가 평평하면 완성된 제품이 차지하는 면적이 매우 넓을 수 있다는 것을 의미한다. 용지에 주름이 있으면 깊이를 늘려야 하지만 제품이 차지하는 면적은 줄일 수 있다. 필터레이션 팀은 모터 엔지니어, 전자 부품 엔지니어, 설계 엔지니어 등 여러 팀과 협력하여 서로 다른 요소들이 어떻게 하면 조화를 이루어 잘 작동하면서도 미적으로 만족스러운 제품에 이를 수 있는지 이해해야 한다. 참고: 표면적이 넓어질수록 필터의 압력강하와 면속도가 줄어들기 때문에 필요 시 더욱 정교하게 만들 수 있다.
3c	엔지니어들이 필터 표면적을 극대화하려고 하는 이유가 무엇이라고 생각하는가?	공기청정기로 흡입된 공기는 필터를 거쳐 다시 모터에 의해 방으로 분사된다. **공기를 필터로 흡입할 때는 에너지가 소모된다. 특히 필터가 미세한 크기의 입자로 막히면 동일한 양의 공기를 필터로 흡입하는 데 더욱 많은 양의 에너지를 필요로 한다.** 이로 인해 모터 소음은 물론이고 에너지 소모량까지 증가한다. 필터 내에 최대한 많은 표면적을 확보하면 각 필터레이션 미디어를 통과하는 미세입자의 수가 줄어든다. 따라서 에너지 소모량과 소음을 줄여 더욱 깨끗한 공기를 방으로 공급할 뿐만 아니라 모터와 필터의 수명까지 연장한다.
3d	공간 외에 필터의 최대 표면적을 제한할 수 있는 것은 무엇인가?	주름과 주름 사이의 공간을 줄이면 필터레이션 미디어의 표면적이 더욱 커진다. **하지만 필터레이션 미디어의 비용은 만만치 않다.** 따라서 엔지니어는 최종 제품이 높은 성능과 상업성을 모두 만족할 수 있도록 성능과 비용의 균형을 고려해야 한다.