

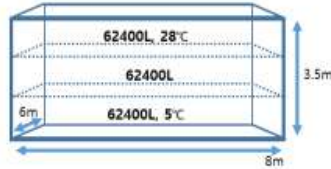
< 연구보고서 요약 >

소속 학교 이름	명덕 고등학교	책임 지도교사 이름	한마음
참여 학생 이름	김준희, 백승우, 서희준, 성용운		
과 제 명	가습 장치 증설을 통한 천장형 난방기의 난방 효율성 향상에 관한 연구		
연구목표	천장형 난방기 주변에 다양한 배치의 가습장치를 설치하여 강제 대류를 일으켜 상하 온도차를 줄이고 건조해짐을 해결하고자 한다		
연구개요 및 내용	<p>1. 연구 개요</p> <p><input type="checkbox"/> 연구 동기 및 배경</p> <p>○ 겨울철, 히터가 틀어져 있음에도 불구하고 다리가 시려워 추위에 떨어진 적이 있다. 이와 관련하여 조사를 해보니 SBS에서 천장형 난방기 사용 교실에서 상부와 하부의 극심한 온도 차이를 근거로 문제점을 지적한 뉴스가 있었다. 이것은 단시간에 교실 전체가 따뜻해지게 할 수 있는 방법에 대해 생각해본 계기가 되었다.</p> <p><input type="checkbox"/> 연구목적</p> <p>○ 현재 설치되어 있는 시스템 히터의 구조를 변경하지 않고 비용이 많이 들지 않는 방법으로 따뜻한 공기에 수분을 가해 밀도가 높아지게 함으로써 히터의 더운 공기를 적은 시간 내에 교실 전체에 전달하여 에너지 효율을 높여 난방비와 에너지 절약을 하고자 한다.</p> <p>2. 연구 주제 선정</p> <p><input type="checkbox"/> 이론적 배경 및 선행 연구 조사</p> <p>○ 선행연구 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> - <분석학교건물용 천장형 인버터냉난방시스템 30(2) 황윤제, 박효순. (2001)> 위는 학교의 냉난방 시스템에 관해 연구한 논문이다. 외부의 온도에 따라 히터가 자동적으로 작동되는 것에 다른 연구로 우리조의 물 분자를 이용한 난방 시스템과는 차이가 존재한다. - <시스템 에어컨 LG전자(박완규)> LG전자에서 루버 각도의 변화에 따른 상하단의 온도차이 개선을 다룬 것이다. 이 역시 에어컨의 분사 각도를 조절했다는 점에서 우리 조와의 문제 해결 방법에서 차이가 있다. 		

연구개요
및 내용

○ 문제의 착안점

- 일반적인 교실(폭 6.5m, 길이 8m, 높이 3.6m)의 밀도를 계산해볼 결과 리터 당 0.105g 의 유체가 공기 중에 더 있어야 한다는 것을 알았다.
- 물 분자를 더운 공기에 추가한다면 밀도가 높아져서 더운 공기가 하강할 것이고 대류가 일어나서 교실 전체가 빠른 시간 내에 따뜻해질 것'이다.



교실 상부의 밀도 : 1.42g/L
교실 하부의 밀도 : 1.315 g/L
상,하부의 밀도 차이 : 0.105g/L

[교실의 공기 부피와 온도 입체도]

3. 연구 과정

□ 주요 활동 일정

활동 내용	시기
가습 장치 구상 및 재료 구입	5/6~6/1
가습 장치 제작 및 실험 준비	6/2~8/15
실험 관찰	8/16~10/23(매주 월,금)
결과 분석 및 결론 도출	10/24~11/2

□ 가습 장치 디자인 및 제작

- 가습장치는 미니 가습기, 미니 선풍기, 배터리로 구성되어 있다.
- 3D 모델링 프로그램을 통하여 직접 디자인을 구상하였다.
- 가습 장치는 공기 중에 수증기를 분사하여 밀도를 높일 목적으로 구상되었다.



[가습 장치 디자인]

□ 연구 방법

- 실험 장소 : 명덕 고등학교 과학관 3층 수학 2실
- 가습 장치의 배치에 따라 실험군을 A, B, C, D로 구분하였다. 대조군은 실험군에서 가습장치를 설치하지 않은 것이다.
- 온도와 습도 측정은 교실을 9 구역으로 나누어 지면으로부터 1m 부분과 2.5m 부분에 각각 설치하여 10분 간격으로 측정한다.



[실험군 A]



[실험군 B]

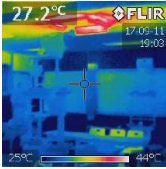
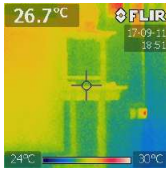
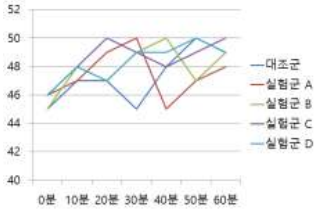


[실험군 C]



[실험군 D]

[가습 장치의 배치에 따른 실험군 구분]

<p>연구성과</p>	<p>□ 시간에 따른 습도 변화 비교</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 실험군 D를 제외하고는 습도가 모두 처음에는 증가하다가 감소하고 다시 증가하는 경향을 보였다. <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>[0분 열화상 카메라 사진]</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>[60분 열화상 카메라 사진]</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>[시간에 따른 습도 변화]</p> </div> </div> <p>5. 연구 결론 및 제언</p> <p>□ 연구 결론</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 강제 대류를 통해 열을 순환시키는 것이 수증기의 기화열로 인한 열의 손실보다 더 우세하다. ○ 또한 가습 장치를 사용함에 따라 교실 내의 습도 증가에 따른 불쾌 유발에 대한 염려와 관계없이 실험군과 대조군은 큰 차이를 보이지 않으며, 불쾌지수 역시 큰 불편함을 못 느낄 정도라는 것을 알 수 있다. ○ 시간 대비 온도 상승률, 습도의 변화의 요인을 고려해 볼 때, 가습 장치를 증설하여 천장형 난방기를 사용하는 것이 가습장치를 사용하지 않을 때 보다 교실 내 전체적인 기온 상승에 있어 더 효율적이다. <p>□ 제언</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 이번 연구를 통해 우리의 힘으로 우리가 겪는 실생활의 불편함 대해서 접근을 하고, 그에 따른 해결 방안을 모색할 수 있다는 자신감을 얻을 수 있었다. ○ 난방의 효율성을 증대하는 것에는 단순 대류뿐만 아니라, 물의 비열, 기화열같은 다양한 요소를 더 추가시켜야 했음을 배울 수 있었다. ○ 단순히 실험 결과만 도출하는 것에서 그칠 것이 아니라, 실험 결과를 바탕으로 실험 결과를 수식적으로 증명하는 것에 대한 필요성을 느꼈다. <p>6. 참고문헌</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ SBS 뉴스 [난방비 월 1000만 원인데...교실은 냉골 왜?] 2013.01.11. 일자 ○ 겨울철 학교 교실의 온열환경 특성 및 쾌적성 평가 연구 ○ 시스템 에어컨 설치 공간의 실내 공기질 특성에 관한 연구 ○ 학교건물용 천장형 인버터냉난방시스템
<p>주요어 (Key words)</p>	<p>강제 대류 / 난방 효율성 증대 / 가습 장치 / 시스템 에어컨 / 천장형 난방기</p>

1. 연구 개요

□ 연구 동기 및 배경

- 우리 학교 자습실뿐만 아니라 넓은 실내 공간에서 천장형 히터가 달려 있는 경우, 실내에서 공기의 순환이 잘 일어나지 않아 다리가 추워지는 경우가 허다하고 이 뿐만 아니라 천장형 히터는 실내의 온도를 데우는데의 시간이 많이 걸리고 공기도 건조해진다.



< 그림 1. 천장형 에어컨/히터 >

- 실제로 학급 교실에서 온도계로 측정해본 결과 난방기 주변(90.8°F-약 32°C)과 바닥 부분(58.1°F-약 14°C)의 온도차는 약 40°F(약 18°C) 차이로 비교적 큰 편이었다.



< 그림2. 2-10 교실에 부착된 천장형 난방기 >



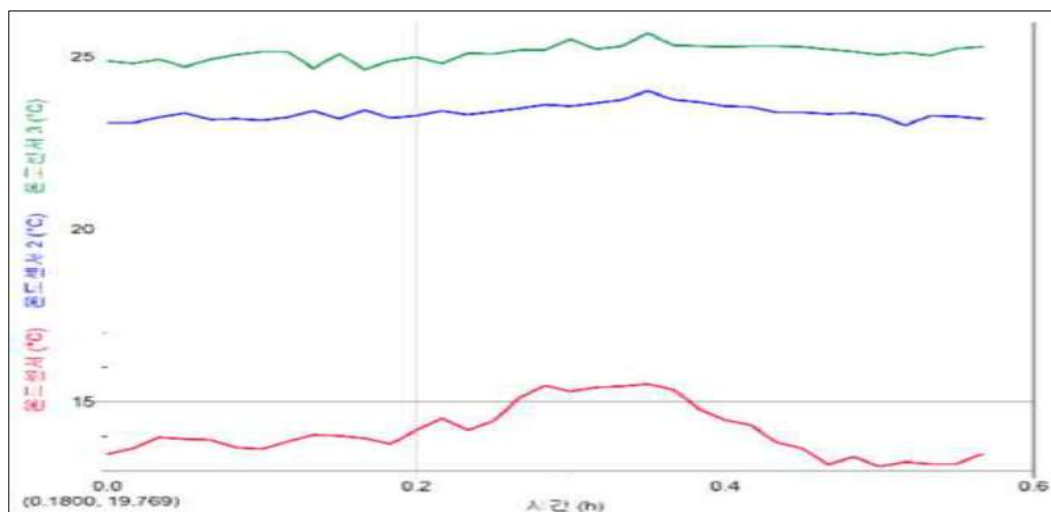
< 그림 3. 2-10 교실 내 난방기 부근 온도 >



< 그림 4. 2-10 교실 내 바닥 부근의 온도 >

○ 천장형 냉난방기의 문제점

- 아래 그래프에서 보이는 것과 같이 교실 내부 온도를 측정한 결과로 천장 쪽은 25 C로 측정되지만 바닥은 15 C로 측정되었고, 열화상 카메라로 측정했을 때에도 15 C이상의 차이가 나왔다.



< 그래프 1. 히터 가동 시 교실 내부의 온도 측정 >

○SBS 뉴스 중 위에서 언급한 천장형 히터의 문제점을 제시한 기사가 존재

<기자>

교실의 실내온도는 11도.

권장 실내온도 18도를 한참 밑돕니다.

하지만 난방기는 계속 돌아가고 있습니다.

[전승연/고등학교 2학년 : 히터가 나와서 상체쪽은 따뜻한데 다리나 발이 시려서 담요를 쓰고 있어요.]

난방을 틀어도 왜 이렇게 추운지, 열화상 카메라로 교실을 촬영해봤습니다.

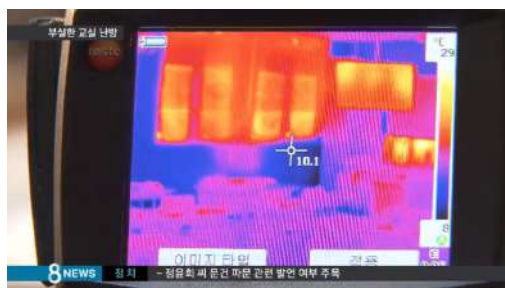
온풍기가 있는 쪽만 20도 이상으로 나타날 뿐, 바닥이나 창문쪽 벽은 5~6도에 불과합니다.

[하성호/노원구청 에너지관리팀장 : 대류현상으로 인해서 상부와 아래 바닥의 온도차가 심하고 건물 특성상 외부로 열손실이 많이 나는 걸로 측정됐습니다.

교사가 워낙 노후하다 보니 단열이 제대로 안 되는 겁니다.

출처 : SBS 뉴스 2013.01.13. 작성

- 열화상 카메라를 이용하여 교실 내부 온도를 측정한 결과 히터 쪽은 20 C로 측정되지만 바닥이나 벽 쪽은 5~6 C로 측정됨.



< 그림5. 열화상 카메라를 통한 교실 내부온도 측정1 >



< 그림6. 열화상 카메라를 통한 교실 내부온도 측정2 >

- 겨울철에 학교뿐만 아니라 천장형 난방기를 사용 중인 실내에서 적은 비용만으로도 히터의 열효율을 높일 수 있는 방법을 생각하게 되었다.
- 천장형 난방기를 사용 중인 실내에서 열효율을 높이기 위해서 **가습 장치를 이용한 공기 순환 활성화**를 고려해 보았다.

□ 연구 목적

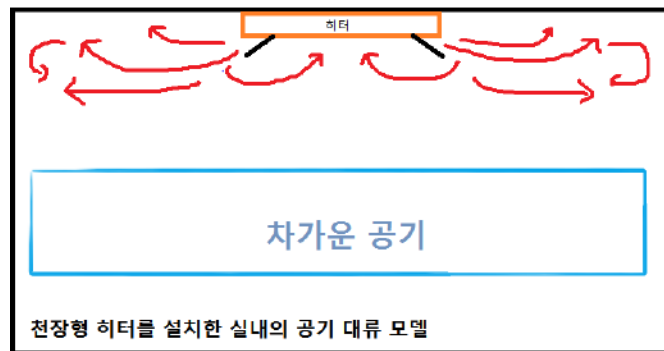
- 강제대류(forced convection)를 일으키는 방법
 - 난방기의 바람 때문이 아닌 촉매제에 의한 강제 대류를 통해 자연대류(natural convection)보다 더욱 빨리 열을 교실전체에 전달하려 한다.
- 강제대류를 일으키는 촉매제(catalyst)의 탐색
 - 대류를 인위적으로 일으키기 위해선 촉매제의 역할이 중요하기 때문에 가설을 세워본 후 직접 실험해본다.
- 온도가 가장 빠르게 오르는 구조 탐색
 - 온도계와 습도계, 열화상 카메라를 이용하여 가습기 분사 장치의 위치를 달리 하여 온도가 가장 빠르게 올라가는 구조를 탐색해 본다.
- 총 절감 가능 비용
 - 교실의 공기 순환을 위한 가습장치 설치 외 다른 방법들에 비해서 얼마나 가습장치 설치가 효율적이고 가성비가 더 우위인지 연구한다.

2. 연구주제 선정

□ 문제의 착안점

○ 극심한 상하 온도차로 인한 열효율 저하

- 문제의 핵심은 위 SBS 뉴스 기사에서 언급한 대류 현상이다. 히터에서 온기를 발산 시 대류가 일어나 천장에서 나오는 온기는 바닥까지 쉽게 도달하지 못한다. 그렇다 보니 다른 모델의 히터에 비해서도 열효율이 뒤떨어진다.



< 그림7. 장형 히터를 사용하는 실내에서의 공기 순환 과정 모식도 >

○ 천장형 에어컨의 사용 비율 증가

- 현재 가전의 인테리어와 학교의 대부분, 관공서나 학원 등에서 천장형 시스템 에어컨의 사용을 늘리는 추세이다. 많은 곳에서 천장형 에어컨이 사용되고 있다는 것은 겨울철 많은 사람들이 천장형 에어컨의 문제점을 겪고 있다는 것이고 이는 많은 사람들이 불편함을 겪는 만큼 빠르게 해결되어야 할 문제이다.

○ 난방비(전기료)/단열재 보강 비용의 부담

- 열효율이 떨어지는 천장형 에어컨이기에 실내를 데우기 위해 요구되는 난방비의 부담은 커져갈 수 밖에 없다. 학교와 같은 큰 건물에서는 수많은 히터를 동시에 가동해야 하기 때문에 난방비 요금은 기하급수적으로 커진다. 또한 건물 자체의 단열재의 문제 때문에 보강 시 필요 되는 금액 또한 만만치 않다. 연구로 통해서 히터의 열효율을 증진시킬 수 있다면 여러 곳에서 필요시 되는 비용의 부담을 덜어 줄 수 있다.

- 위에서 언급한 SBS뉴스 기사 중 또 다른 내용에서도 난방비로 인한 부담 때문에 학교 운영에 어려움을 겪는 학교에 대해 다루고 있다.

<기자>

별 난방효과도 없이 월 난방비만 1000만 원 넘게 나오고 있습니다.

[권세용/○○고교 행정실장 : 가스비용이 전기요금에 비해서 저렴함에도 불구하고 난방비용이 이렇게 1000만원 정도 나오니까 그 부분에서 학교 운영상 어려움이 있습니다.]

특히 전기로 난방하는 학교들은 비상이 걸렸습니다.

교육용 전기요금이 해마다 두 차례씩 오르고 있기 때문입니다.

[윤종순/○○중학교 행정실장 : 지난달 940만 원 정도 (나왔어요.) 보통 한 달에 400~450만 원 정도 전기요금이 나왔는데 2배 이상 나온 것이죠.]

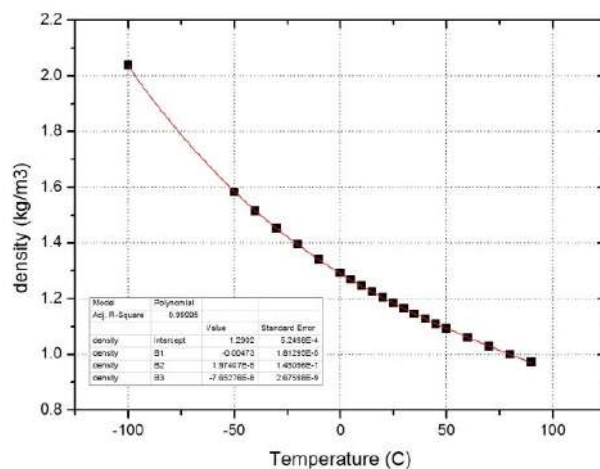
전기 난방기를 사용하는 곳이 전체 학교의 70%를 넘다보니 교육용 전기료 인하 요구가 제기되고 있습니다.

출처 : SBS 뉴스

2013.01.13.

□ 연구주제의 선정 과정

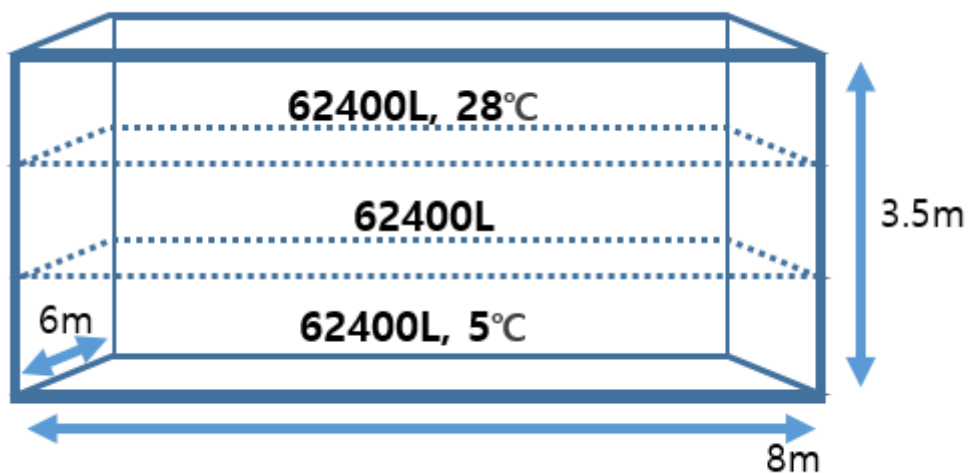
○ 사전에 진행한 이론 연구



< 그래프2. 온도에 따른 공기의 밀도 >

- 이 표를 참고하면 우리가 측정한 교실 상하의 온도에서 공기의 밀도를 보면 교실 바닥에 해당하는 섭씨 5도 일때는 약 1.3 kg/m^3 이다. 히터 가동 시 교실 천장 부근의 온도인 섭씨 25도에서는 약 1.2 kg/m^3 인 것을 볼 수 있다. 여기서 밀도가 0.1 kg/m^3 만큼 차이가 나기 때문에 대류가 일어나지 않는 것이다.

○ 실제 진행한 교실의 부피에 따른 온도 차이



< 그림8. 교실의 공기 부피와 온도 입체도 >

- 일반적인 교실의 크기 : 폭 6.5m, 길이가 8m, 높이 3.6m
- 따라서 교실의 전체 부피 : 187.2 m^3 , 즉 187200 L
- 교실은 상하로 세 부분으로 나눠 각 부분 당 62400 L 를 배정하였다.

○ 실제 교실의 밀도 측정

- 이 공기의 실제 기체 조성 비율을 고려하여 계산한 분자량(28.95g)을 이용해 밀도를 계산해 본 결과,
 교실 상부의 밀도 : 1.42g/L
 교실 하부의 밀도 : 1.315 g/L
 상,하부의 밀도 차이 : 0.105g/L

- 이 밀도차 때문에 대류가 일어나지 않는 것이기 때문에 밀도 차이를 없애 주어야 한다. 즉, 리터 당 0.105g 의 물체가 더 있어야 공기 중에 더 있어야 한다는 것이다.
- 결국 우리가 물 분자를 더운 공기에 추가한다면 밀도가 높아져서 더운 공기가 하강할 것이고 대류가 일어나서 교실 전체가 빠른 시간 내에 따뜻해질 것이라는 가설을 세우게 되었다.

교실의 크기: 6.5(m) X 8.0(m) X 3.6(m)		
폭	길이	높이
약 187.2 m ³		
따라서 기체의 총 부피는 187.2m ³ 즉,		
약 187200 리터이다.		
62400 L 28°C 상		
62400 L 중	교실은 위에서	
62400 L 5°C 하	본 모습	

< 그림 9. 본 실험 전 이론 연구 노트1 >

이 공기를 교실에서 상, 중, 하 3부분으로
나누고 상부 공기의 온도를 28°C (301K)
하부 공기의 온도를 5°C (278K) 라고
설정했을 때 실제 공기의 기체조성비를
고려하면 분자량이 28.95 g 이 나온다
따라서 교실 상부의 밀도는 28.95/20.3g/L
1.42 g/L 이다.
교실 하부의 밀도는 28.95/22 g/L
1.315 g/L 이다.

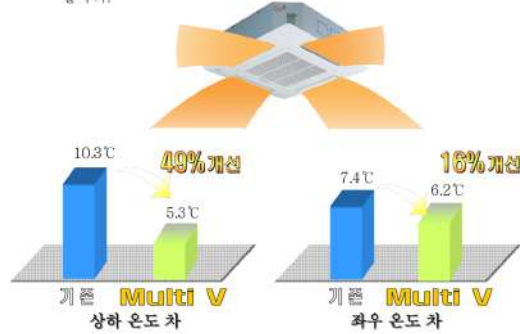
< 그림 10. 본 실험 전 이론 연구 노트2 >

- 연구 주제 선정
 - 실내 가습장치 위치 선정에 따른 실내의 공기 순환 정도 탐색
 - 여러 가지 가습장치 배치 모델 선정
 - 실내의 히터 열효율 증진
 - 가습장치 설치비용이 실내에서의 히터 추가 배치나 히터 온풍 강화 비용 혹은 건물 단열재 보강비용을 대체 가능한지에 여부 연구
- 위 4가지 주제를 고려하여 **‘가습 장치 증설을 통한 천장형 난방기의 난방 효율성 향상에 관한 연구’**로 선정함.

□ 관련 선행연구 조사

- 교실의 온도 분포 및 쾌적성을 탐구한 연구 존재.
 - 겨울철 학교 교실의 온열환경 특성 및 쾌적성 평가 연구
 Characteristics of Thermal Environment and Evaluation of Thermal Comfort in Classrooms in Winter
 안철린, 김좌진, 신병환식별저자, 금종수 식별 저자
 한국생활환경학회지 제10권 제4호, 2003.12, 251-256 (6 pages)
 - 시스템 에어컨 설치 공간의 실내공기질 특성에 관한 연구
 A Study on Characteristics of Indoor-Air-Quality in Interior Space Equipped with System Air-Conditioner
 이상원식별저자, 김종민, 염승원, 조대근, 최재봉 식별저자, 김석우 식별저자
 설비공학논문집 제20권 제5호, 2008.5, 304-313 (10 pages) 인용정보 복사
 (시스템 에어컨이 설치된 실내공간에서의 실내공기질의 질을 규명, 실내 공간의 특정한 곳에 위치한 사람의 쾌적성 및 실내 공기질을 향상시키는 적응적 제어에 대한 연구)
- 대류현상에 대한 선행 연구 존재
 - 시스템 에어컨 LG전자(박완규)
 (LG전자에서 루버 각도를 번갈아 가면서 바람의 방향을 달리 했더니 상하로의 온도차는 49%, 좌우의 온도차는 16%를 개선하였다.)

MULTI V 실내기에 토출되는 루버 각도를 20-61도로 변경하여 가면서 제어하는 제적풍 기능을 추가.

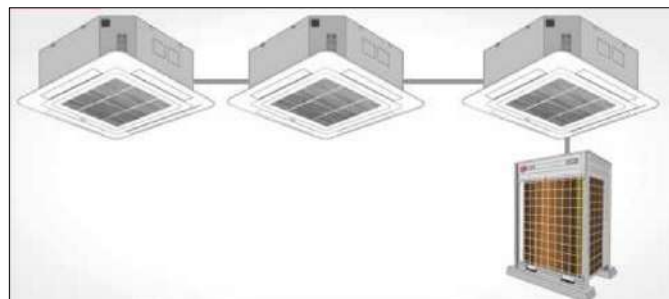


< 그림12. 루버 각도에 따른 개선 >

- 유체기계공업학회 2006 유체기계 연구개발 발표회 논문집, 2006.11, 520-525 (6 pages) 박한영, 이동근, 김한일

○ 천장식 난방기의 효율성 분석

- 최근의 학교의 천장식 난방기는 비용 절감을 위해서 하나의 실외기로 여러 개의 에어컨을 가동하는 시스템 에어컨(system air conditioner)을 이용하지만 아직까지 실내 자체에서 에너지를 줄이는 방안은 존재하지 않았다.



< 그림11. 시스템 에어컨 가동 방식 >

- 학교건물용 천장형 인버터냉난방시스템. 설비저널, 30(2), 43-48. 황윤제, 박효순. (2001).

(위 연구는 학교에 관련하여 냉난방 시스템에 관해 연구한 것이다. 외부 온도에 따라 히터가 자동적으로 작동되는 것을 다룬 연구이다.)

- 습도감지센서에 의해 동작되는 에어컨
(에어케이하이닉스 주식회사)
- 실제로 물 분자를 이용하여 대류시키는 히터가 있는지를 찾아보다가 습도를 감지해서 작동하는 에어컨은 발견하였지만 우리 팀의 연구를 이용한 히터는 없었다.

3. 연구 내용 및 방법

□ 연구내용

- 강제대류를 일으키는 방법
 - 물질의 특성을 이용한 사고실험을 통해 가설을 세워보고, 교실에서 직접 실험해 본다.
- 촉매제로써의 물의 효과
 - 물이 강제대류를 일으키는 촉매제로써의 효과를 측정을 통해 알아본다.
- 교실 내 공기 순환이 원활하게 이루어 질 수 있는 가습 장치의 위치 선정
 - 강제대류를 일으키게 하는 기기의 위치를 다르게 한 총 5개의 모델을 만들어 교실에서 직접 실험해본다.
- 렌더링 만들기
 - 여태까지의 연구를 바탕으로 촉매제와 위치, 그리고 가습의 효과를 포함한 렌더링을 실제로 만들어본다.
- 위치 배치에 따른 효율 차이
 - 총 5개의 렌더링을 토대로 가습기와 습도기를 이용하여 기기의 위치에 따른 온도와 습도의 차이에 따른 효율 비교를 한다.

□ 연구방법 및 절차

○ 실험. 가습 장치의 위치 선정

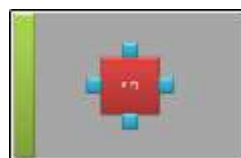
- ① 총 4개의 가습 장치의 배치모형을 고안하고 각 모형을 조작변인으로 둔다.
- ② 물이 촉매제인 가습장치 위치를 달리한 모델들을 명덕고교 과학관 3층 수학교실에서 히터를 29 C로 작동시킨다.
- ③ 20분 간격으로 60분 동안 온습도계를 이용하여 바닥에서 각각 1m, 2.5m 떨어진 곳의 온도를 측정한 후, 아래의 표의 양식에 적는다.
- ④ 습도는 교실 앞/중앙/뒤를 기준으로 종료 시 측정 후 기록한다.
- ⑤ 온도가 가장 빨리 오른 배치 모델을 탐색한다.



[실험군 A]



[실험군 B]



[실험군 C]

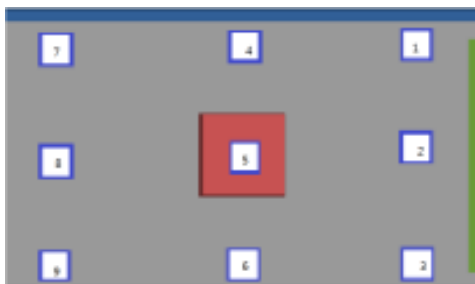


[실험군 D]

< 그림12, 13, 14, 15. 가습 장치의 배치에 따른 실험군 구분 >

□ 연구 진행

- 교실에 지정한 대로 온습도계를 배치하여 1번부터 9번 까지 순서를 매긴다.
- 1M 높이에 설치한 것과 2.5M 높이에 설치한 것을 A와 B로 비교한다.



< 그림16, 17. 온습도계 배치 >

○ 아래의 표의 양식을 이용하여 결과를 기록하도록 한다.

	시간	온도(°C)																	
높이		1.5(m)									2.5(m)								
온도계	번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
대조군	0																		
	10																		
	20																		
	30																		
	40																		
	50																		
	60																		
실험군 A	0																		
	10																		
	20																		
	30																		
	40																		
	50																		
	60																		
실험군 B	0																		
	10																		
	20																		
	30																		
	40																		
	50																		
	60																		
실험군 C	0																		
	10																		
	20																		
	30																		
	40																		
	50																		
	60																		
실험군 D	0																		
	10																		
	20																		
	30																		
	40																		
	50																		
	60																		

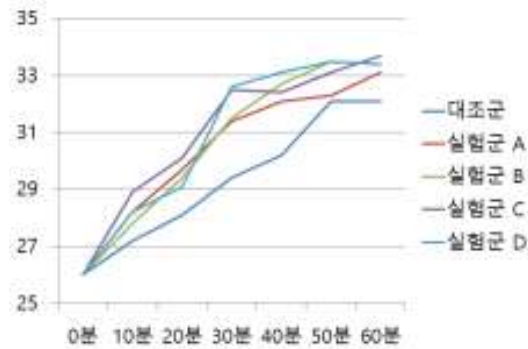
<표1. 시간에 따른 온도 변화 기록표>

□ 연구 결과

	시간	온도(°C)																	
높이		1.5(m)									12.5(m)								
온도계	번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
대조군	0	26.9	27.4	27.8	26.9	27.4	28.5	27.4	27.6	27.6	27	27.4	27.1	26.9	26.9	27.1	27.1	27.3	27.7
	10	28.2	28.8	28.3	29.1	28.2	28.5	28.4	28.8	28.4	27.	27.7	28.9	27.7	28.1	28.3	28.3	28.3	28.3
	20	30.4	30.5	30.9	30.9	30.1	30.9	30.5	30.4	30.4	27	28.6	28.2	31.4	28.4	29.6	29.1	29.4	29.4
	30	31.6	32.1	32.3	32.4	31.9	31.6	31.6	31.4	31.6	27	29.6	29.2	32.1	29.4	31.1	30.1	30.5	30.9
	40	32.3	32.7	32.7	32.4	32.7	32.6	32.8	32.4	32.6	27	30.3	29.8	32.7	30.2	32.3	31.3	30.1	31.6
	50	32.9	32.7	32.8	32.6	32.6	32.8	32.5	32.4	32.9	30.3	30.3	30.1	33.3	30.7	32.3	31.3	30.5	32.9
	60	32.9	32.7	32.7	33.4	33.5	32.6	32.8	32.2	32.9	31.6	31.3	30.1	33.3	31.1	32.4	31.4	31.6	32.9
실험군 A	0	28.1	28.4	27.3	28.8	30.1	27.9	28.3	28.3	28.6	27.7	28.6	28.3	28.8	28.1	28.1	28.0	28.0	28.3
	10	30.8	30.7	29.5	30.9	31.4	29.7	30.1	29.8	30.2	28.5	30.8	29.6	29.9	29.2	29.0	29.8	29.1	29.4
	20	31.5	32.8	31.9	31.8	37.1	31.4	31.3	30.8	31.8	29.6	31.2	30.3	31.1	29.7	30.4	29.4	29.9	30.3
	30	32.8	33.1	32.1	32.8	37.3	32.1	32.1	32.1	33.0	30.9	33.1	31.1	31.1	30.9	31.6	30.9	31.3	31.0
	40	32.6	33.8	32.4	33.1	38.0	32.3	32.5	32.1	33.2	30.9	32.9	32.1	32.3	31.1	31.9	31.0	31.9	31.6
	50	33.6	34.1	32.8	33.7	37.8	32.2	32.5	33.1	33.6	31.3	33.9	32.4	32.4	32.7	32.6	31.8	31.1	31.9
	60	33.5	34.1	32.8	33.7	37.2	32.2	32.5	33.0	33.9	32.0	33.9	32.1	32.5	32.3	32.6	32.1	32.3	32.2
실험군 B	0	28.1	27.3	26.6	28.3	28.2	26.6	27.6	28.1	28.8	27.3	27.0	26.6	27.0	27.4	26.8	27.3	27.1	26.5
	10	28.9	29.0	28.1	31.6	29.9	28.8	28.6	29.8	29.9	28.2	28.8	27.4	28.8	28.4	27.5	28.6	28.5	27.8
	20	30.3	32.3	30.3	33.8	32.6	30.2	30.8	32.1	32.6	29.5	31.0	28.7	30.2	30.8	28.9	29.3	28.8	28.9
	30	31.9	33.6	31.6	35.2	33.5	31.1	31.9	33.1	33.5	30.1	32.9	29.5	30.6	32.9	29.5	30.6	29.6	29.5
	40	32.7	34.8	32.3	36.4	34.5	32.4	33.1	33.1	34.5	31.6	33.2	30.6	32.3	32.7	29.6	31.9	31.8	30.6
	50	33.1	35.1	32.8	36.8	34.8	32.4	33.1	33.7	34.5	31.9	33.4	30.3	32.9	33.0	30.7	31.4	31.8	31.4
	60	33.1	35.1	32.9	36.3	34.8	33.0	32.9	34.0	35.1	31.9	33.9	31.1	33.1	33.8	30.3	32.1	32.4	31.4
실험군 C	0	26.7	26.1	27.1	27.6	27.1	26.6	26.9	27.4	27.1	26.3	26.3	26.1	26.6	26.6	26.1	26.7	27.1	26.5
	10	28.9	29.3	28.3	31.6	29.9	28.8	28.4	29.6	28.9	28.4	28.7	27.4	28.4	28.4	28.4	27.9	27.3	27.8
	20	30.7	32.0	30.7	33.9	33.1	31.1	31.9	31.7	31.1	29.3	31.8	29.3	29.8	30.2	28.9	29.6	29.6	28.9
	30	32.2	33.6	32.3	35.0	33.5	32.4	32.2	33.1	33.2	30.9	32.4	29.8	30.6	31.8	29.5	30.6	31.8	29.5
	40	33.1	34.2	33.2	35.6	34.8	32.4	32.8	33.1	33.5	31.6	33.2	30.3	32.0	32.9	30.5	30.6	32.4	30.1
	50	32.8	33.4	33.5	35.9	34.5	32.4	33.1	33.7	33.3	31.9	33.6	31.4	32.7	33.0	30.7	31.4	32.4	31.4
	60	33.1	33.8	32.9	35.0	34.8	32.4	33.1	33.1	33.1	31.9	33.9	32.1	32.9	33.2	32.1	32.1	32.5	31.4
실험군 D	0	25.3	28.4	28.2	28.0	28.1	28.4	28.4	28.7	28.3	28.1	28.2	27.5	28.1	28.4	28.9	28.4	28.7	28.0
	10	25.3	30.5	29.7	31.6	31.4	30.5	31.1	40.9	30.4	28.9	31.5	29.1	29.5	29.0	39.1	29.4	29.6	29.8
	20	29.9	32.3	31.0	33.6	32.4	32.8	32.4	32.9	32.3	25.3	32.9	30.6	30.4	30.5	30.6	30.2	30.2	30.4
	30	31.9	33.4	31.8	33.6	33.9	32.6	32.9	33.1	32.3	25.3	33.9	31.5	30.3	31.3	31.4	31.9	31.9	30.8
	40	32.5	33.2	32.8	34.2	33.5	33.1	33.5	33.4	33.2	32.3	33.6	31.5	31.9	31.3	31.8	32.9	32.4	32.2
	50	32.8	33.3	32.6	34.5	33.9	32.8	33.5	33.8	33.5	32.9	34.2	32.1	31.9	32.5	31.8	32.9	32.1	31.9
	60	32.8	33.3	32.4	34.5	33.9	32.9	33.5	34.1	33.3	33.2	34.2	33.0	32.8	32.2	32.7	32.9	33.9	32.6

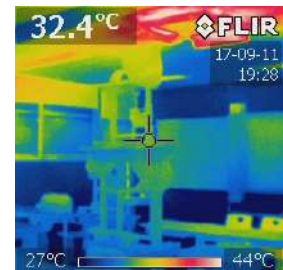
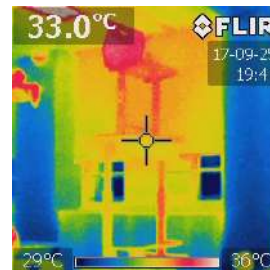
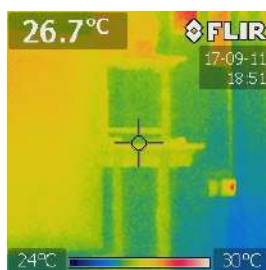
< 표2. 시간에 따른 온도 변화 결과 기록표 >

○ 시간에 따른 온도 변화 비교



< 그래프3. 시간에 따른 온도 변화 >

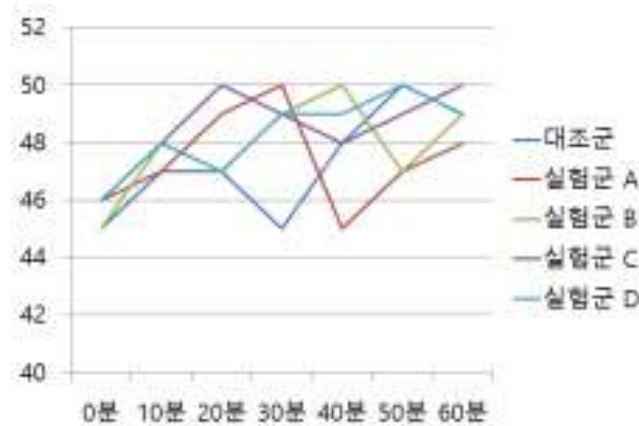
대조군	0분부터 50분 까지 약 섭씨 5도가량 증가하였고, 그 이상은 오르지 못했다.
실험군 A	전반적으로 60분 동안 꾸준히 상승하였다.
실험군 B	약 20분 이전 까지는 가장 늦게 상승하였으나 20분 이후부터는 비교적 높은 상승률을 보였다.
실험군 C	가장 높은 상승률을 보인 실험군으로 30분가량에서 격차를 보였다.
실험군 D	전반적으로 가장 느리게 오르고, 가장 낮게 측정되었다.



< 그림18. 0분 열화상 카메라 사진 >

< 그림19. 60분 열화상 카메라 사진 >

○ 시간에 따른 습도 변화 비교



< 그래프4. 시간에 따른 습도 변화 >

- 실험군 D를 제외하고는 습도가 모두 처음에는 증가하다가 감소하고 다시 증가하는 경향을 보였다.

○ 연구 결론

- 강제 대류를 통해 열을 순환시키는 것이 수증기의 기화열로 인한 열의 손실보다 더 우세하다.
- 또한 가습 장치를 사용함에 따라 교실 내의 습도 증가에 따른 불쾌 유발에 대한 염려와 관계없이 실험군과 대조군은 큰 차이를 보이지 않으며, 불쾌지수 역시 큰 불편함을 못 느낄 정도라는 것을 알 수 있다.
- 시간 대비 온도 상승률, 습도의 변화의 요인을 고려해 볼 때, 가습 장치를 증설하여 천장형 난방기를 사용하는 것이 가습장치를 사용하지 않을 때 보다 교실 내 전체적인 기온 상승에 있어 더 효율적이다.

○ 제언

- 이번 연구를 통해 우리의 힘으로 우리가 겪는 실생활의 불편함 대해서 접근을 하고, 그에 따른 해결 방안을 모색할 수 있다는 자신감을 얻을 수 있었다.
- 난방의 효율성을 증대하는 것에는 단순 대류뿐만 아니라, 물의 비열, 기화열 같은 다양한 요소를 더 추가시켜야 했음을 배울 수 있었다.
- 단순히 실험 결과만 도출하는 것에서 그칠 것이 아니라, 실험 결과를 바탕으로 실험결과를 수식적으로 증명하는 것에 대한 필요성을 느꼈다.

4. 주요 활동 일정

주요 활동	시 기	비 고
가슴기의 원리 및 상세한 구조 파악	5/6~5/17	
가슴 장치 설계 및 원리 고안	5/18~ 5/31	
시제품 제작에 필요한 물품 주문	6/1	
시제품 제작 및 피드백	6/2~6/23	전문가 조언 필요
문제점 착안 및 보완점 탐색	6/24~ 7/12	
새로운 제품 제작 및 피드백	7/13~ 7/31	
교실 내 가슴장치 부착 방식에 따른 렌더링 최종 검토	8/1~ 8/10	
학급별 가슴 장치 부착	8/11~ 8/15	
실험 관찰	8/16~ 8/20	
관찰 결과 분석	8/21~ 8/25	
2차 실험 관찰	8/26~ 8/31	
1차 보고서 작성	9/1~ 9/5	
결과 재분석 및 보고서 검토	9/6~ 9/10	
2차 보고서 작성	9/11~ 9/20	
추가 실험 및 보고서 최종 수정을 통한 대회 준비	9/21~	

5. 기대효과 및 활용

□ 기대효과

- 열효율 증진으로 난방비 절하와 에너지 절약
 - 공기 순환이 효과적으로 이루어진다면 더 이상 히터 바람의 온도나 세기를 올릴 필요 없어져 가습장치 설치비용만으로도 난방 효과와 에너지 절약 효과를 낼 수 있다. 현대 에너지 절약이 이슈화되어지고 있는 만큼 에너지를 아껴서 쓰는 것이 매우 절실한 때이다. 가습장치를 이용하여 난방비를 줄일 수 있다면 에너지 사용에 있어 큰 기여를 할 수 있다.
- 건물의 단열재 보강 혹은 추가 히터 설치로 발생하는 비용 삭감
 - 난방기보다 비용이 더 저렴한 가습장치 설치로 단열재 보강 비용이나 추가로 설치할 히터 비용을 가습장치 설치비용으로 대체 가능하다.
- 공식 기관에서 비용 삭감을 통한 다른 분야에서의 예산 증가
 - 당장 SBS뉴스 기사에서 봤듯이 난방비 때문에 위기를 겪고 있는 학교가 많다. 이 연구를 통하여 전기료를 아낄 수 있다면 학교 예산을 학생들의 복지나 학교 시설 구축 등 다른 분야에서 활용할 수 있다. 학교뿐만 아니라 기업이나 관공서 등에서도 해당된다.

□ 사후 활용 계획

- 가습장치 물 분사각에 따른 효과적인 공기 순환 정도 탐색
- 스마트폰 앱 개발을 통한 가습 장치의 원격 조작 시도
- 제4회 명덕 R&E 발표대회 참가(2017. 8)
- 2017학년도 과학중점학교 학생연구발표대회 참가(2017. 11)
- 교내 축제인 '누리제'(동아리 발표회) 포스터 전시(2017. 11)
- 2017년 명덕과학논문집 수록(2017. 12)

5. 참고문헌

- 겨울철 학교 교실의 온열환경 특성 및 쾌적성 평가 연구
Characteristics of Thermal Environment and Evaluation of Thermal Comfort in Classrooms in Winter
안철린, 김좌진, 신병환식별저자, 금종수 식별 저자
한국생활환경학회지 제10권 제4호, 2003.12, 251-256 (6 pages)
- 시스템 에어컨 설치 공간의 실내공기질 특성에 관한 연구
A Study on Characteristics of Indoor-Air-Quality in Interior Space Equipped with System Air-Conditioner
이상원식별저자, 김종민, 염승원, 조대근, 최재봉식별저자, 김석우식별저자
설비공학논문집 제20권 제5호, 2008.5, 304-313 (10 pages) 인용정보 복사
- 유체기계공업학회 2006 유체기계 연구개발 발표회 논문집,
2006.11, 520-525 (6 pages) 박한영, 이동근, 김한일
- 학교건물용 천장형 인버터냉난방시스템. 설비저널, 30(2),
p 43-48. 황윤제, 박효순. (2001).
- 동절기용 난방기 디자인 개발 전략에 관한 사례연구
오성진(Sung Jin Oh) 한국일러스트아트학회,
<조형미디어학> 9권 2호, 2006 pp.61-70
- SBS 뉴스 [난방비 월 1000만 원인데...교실은 냉골 왜?] 2013.01.11 일자

6. 참여 인력 및 시설 활용

< 참여인력 >

☐ 책임 지도교사(연구책임자)

○ 인적사항

성 명	한 마 음		
소속학교	명덕고	담당교과	생명과학

○ 학력사항

학교명	기 간	전 공	학 위
연세대학교 교육대학원	2001.08~2004.08	공통과학교육	석사

○ 주요활동 사항

활동내용	기간	소속	비고
과학중점부 기획	2013.03~2015.02	명덕고등학교	
명덕고 영재학급 담당	2012.03~2013.02 2015.03~현재	명덕고등학교	
명덕고 영재학급 지도강사	2012.03~현재	명덕고등학교	
2015년 서울시 과학전람회 본선 진출 팀 지도	2014.03~2015.02	명덕고등학교	장려상
STEAM R&E 지도	2014.03~현재	과학교사모임	교육부장관상

☐ 공동 지도교사

○ 인적사항

성 명	김성혜		
소속학교	명덕고등학교	담당교과	공통과학

○ 주요활동 사항

활동내용	기간	소속	비고
명덕고 영재학급 담당	2015.03~현재	명덕고등학교	
명덕고 영재학급 지도강사	2015.03~현재	명덕고등학교	

□ 참여 학생

성 명	학년	과제 참여 동기 및 포부
김준희	2	<p>평상시에 겨울철 수업을 하면서 자주 몸으로 느끼던 문제인 만큼, 우리의 생활의 질을 향상 시킬 수 있다는 것에 큰 의의를 두고 싶다. 특히, 이러한 문제는 단순히 나와 학우들에서 더욱 나아가 천장형 에어컨을 사용하는 곳에서 나타나기 쉬운 문제일 것이다.</p> <p>이러한 문제를 해결하는 방안을 찾는 연구를 통해서 우리의 노력이 조금이라도 주변 사회의 삶의 질을 윤택하게 해주고, 우리의 성과가 조금이라도 주목을 받아서 우리가 생각해낸 방안이 좀 더 개선이 되거나 활용성이 높아져서 널리 쓰인다면, 아주 멋진 일이라고 생각한다. 과학 기술은 사람을 위해서 만들어진 것이다. 이번 연구를 통해 그 참된 의미를 다시 확인하고 싶다.</p>
백승우	2	<p>우리 학교가 작년에 새로 천장식 냉난방기를 설치하고서부터 예전의 난방기보다 늦게 따뜻해지는 감이 없지 않아 있었고, 수족냉증이 있다보니 발과 손이 너무 차갑다보니 난방기에 관심을 가지게 되었고, 이와 같은 주제를 찾게 되었다. 자료조사를 하다 보니 이미 많은 곳에서 천장식 난방기를 설치했고, 많은 에너지가 낭비되고 있다는 것을 알게 되었다. 내가 미래에 식물공장에 관련해서 일을 하고 싶었는데, 식물공장의 최대 단점인 에너지 소비량처럼 천장식 에어컨도 에너지 소비에 중점을 맞추고 있다보니 집중도 잘 돼서 더 많은 자료를 찾을 수 있었던 것 같다.</p>
서희준	2	<p>나는 저번 겨울 방학 때 공부하다가 히터를 작동시켰는데도 불구하고 공기가 따뜻해지지 않아 집에 돌아간 적이 있다. 따라서 어떻게 하면 천장형 히터가 실내 공기를 효과적으로 데울 수 있는지에 관한 연구를 착안하게 되었다. 이 주제를 연구하여 효과적인 해결 방안을 찾는다면 분명 히터를 작동시키고 있지만 따뜻한 공기가 실내 공간 위쪽에만 머무르는 바람에 아주 추웠던 불편함을 해소 할 수 있을 것으로 보이고 더 나아가 학교뿐만 아니라 다른 대형 건물들에도 우리가 연구할 가습 공기 순환 히터를 적용해서 겨울 철 불편함을 해소하고 에너지도 절약할 수 있을 것으로 보인다.</p>
성용운	2	<p>나도 겨울철에 자습실에서 추위에 떨면서 공부해본 경험이 여러 번 있었고 내가 지내는 기숙사는 천장형 에어컨을 사용 중인 데다가 유독 천장이 높은지라 주위 온도에 민감한 체질을 가진 나에게는 큰 불편함이 아닐 수 없었다. 이는 현재 천장형 에어컨의 문제점에 대해서 인식을 갖게 되는 계기가 되었다. 에너지 절약에 큰 관심을 가지고 있는 나에게는 이 주제가 에너지 절약 면에서 큰 의의를 가지고 있다고 다가왔다. 이 연구로 에너지 절약에 조금이라도 변화를 주었음 하는 바람이고 무엇보다 사람들이 에너지 절약에 더 큰 관심을 가져주면 좋겠다는 생각이 든다. 에너지 절약을 위해서는 무엇보다 사람들의 관심과 실천이 중요시되기 때문이다.</p>

□ 연구팀 업무분장

책임 지도교사		<ul style="list-style-type: none"> - STEAM R&E 사업 공모를 위한 연구팀 구성 - STEAM R&E 계획수립 및 연구계획서 제출 - STEAM R&E 진행상황 점검 - 외부 전문가 섭외 및 자문 의뢰 - 과학전시관 오픈 랩 사용 섭외 - STEAM R&E 사업비 정산 및 결과보고서 제출
공동 지도교사		<ul style="list-style-type: none"> - 총괄 지도교사 업무보조 - STEAM R&E 진행상황 점검 - 실험 재료 및 기구 구입 - 박물관 및 연구실, 과학전시관 학생 인솔 - 중간발표회, STEAM R&E Festival 발표연습 지도
참여 학생	김준희	<ul style="list-style-type: none"> - 습도감지센서에 의해 동작되는 에어컨 조사 - 동절기용 난방기 디자인 개발 전략에 관한 사례연구 조사 - 시스템에어컨의 학교건물 설치에 따른 에너지효율의 관한 평가연구 조사 - 교실 배치 3번 렌더링 - 교실 배치 4번 렌더링 - 2학년 10반 학급 온도 측정
	백승우	<ul style="list-style-type: none"> - SBS 뉴스 [난방비 월 1000만 원인데...교실은 냉골 왜?] 조사 - 교실 배치 1번 렌더링 - 교실 배치 2번 렌더링 - 기록 표 양식 1번 제작 - 연구 예정 일지 작성 - 가습 장치 디자인 고안
	서희준	<ul style="list-style-type: none"> - 시스템 에어컨 LG전자 (박완규) 조사 - 유체기계공업학회 2006 유체기계 연구개발 발표회 논문집 조사 - 학교건물용 천장형 인버터냉난방시스템 조사 - 겨울철 학교 교실의 온열환경 특성 및 쾌적성 평가 연구 조사 - 연구 노트 기록 및 관리 - 2학년 10반 학급 온도 측정
	성용운	<ul style="list-style-type: none"> - 시스템 에어컨 설치 공간의 실내공기질 특성에 관한 연구 조사 - 천장형 에어컨 토출각 변화가 실내 열쾌적성에 미치는 영향 조사 - 학교건물의 열.공기환경 특성에 관한 연구 조사 - 기록표 양식 2 제작 - 기록표 양식 3 제작 - 2학년 10반 학급 온도 측정

< 자문역 >

☐ 외부전문가 활용 계획

연구 수행 전반 외부 자문이 필요한 과정/요소	- 가습기의 기계적 요소 라던지 소형 생산을 위한 정보를 위해 해당 부분에 전문적인 기술을 가진 전문가
희망 외부전문가 소속기관 또는 전공분야	- LG 에어컨 산업 부분 기술자 및 설계 담당자 - 가습기 제조업체에서 제품 설계를 맡은 기술자

< 시설 및 기기 활용 >

시설/기기 명	보유기관	활용 내용
2학년 교실	명덕고등학교	실험 실시 공간
열화상 카메라	명덕고등학교	교실 내 온도 분포 및 공기 순환 정도 확인
디지털 온습도계	명덕고등학교	난방시 교실 내 온도 측정
가습기 60개	구매 및 대여 요망	해체 작업을 통한 원리 파악
프라판 2mm	구매	가습 장치의 외골격 형성

7. 사업비 집행 계획

☐ 세부 집행 계획

(단위 : 원)

비 목	항 목	산 출 내 역	금 액
직접비	사업장비·재료비	·기기장비비 및 연구시설비 600,000원 ·재료 및 전산처리 관리비 200,000원	800,000
	사업 활동비	·자료 인쇄비 200,000원 ·전문가 자문수당 100,000원×3회=300,000원 ·참고도서 구입비 100,000원 ·시험·분석·검사·임상시험 기술정보수집비 200,000원	800,000
	사업수당	·책임지도교사 수당 200,000원×7개월=1,400,000원 ·공동지도교사 수당 60,000원×7개월= 420,000원	1,820,000
	사업추진비	·출장교통비 100,000원 ·사무용품, 비품구입비 100,000원 ·회의비 180,000원 ·간식비 200,000원	580,000
합 계			4,000,000

□ 월별 집행 일정

(단위 : 원)

일 정	세부 집행 내용	금 액
5월	<ul style="list-style-type: none"> - 참고도서 구입비 : 100,000 - 기기장비비 및 연구시설비 : 200,000원 - 책임지도교사 수당 지급 : 200,000 - 공동지도교사 수당 지급 : 60,000 - 지도교사 워크숍 참여 출장비 : 20,000 - 간식비 40,000 	6,200,000
6월	<ul style="list-style-type: none"> - 책임지도교사 수당 지급 : 200,000 - 공동지도교사 수당 지급 : 60,000 - 전문가 자문수당 : 100,000원 - 재료 및 전산처리 관리비 : 100,000원 - 출장교통비 : 30,000원 - 간식비 40,000 	5,300,000
7월	<ul style="list-style-type: none"> - 책임지도교사 수당 지급 : 200,000 - 공동지도교사 수당 지급 : 60,000 - 기기장비비 및 연구시설비 : 200,000원 - 자료 인쇄비 : 100,000원 - 전문가 자문수당 : 100,000원 - 간식비 40,000 - 회의비 60,000 	7,600,000
8월	<ul style="list-style-type: none"> - 책임지도교사 수당 지급 : 200,000 - 공동지도교사 수당 지급 : 60,000 - 기기장비비 및 연구시설비 : 200,000원 - 재료 및 전산처리 관리비 100,000원 - 출장교통비 : 20,000원 - 간식비 40,000 	6,200,000
9월	<ul style="list-style-type: none"> - 책임지도교사 수당 지급 : 200,000 - 공동지도교사 수당 지급 : 60,000 - 시험·분석·검사·임상시험 기술정보수집비 : 200,000 - 사무용품, 비품구입비 100,000원 - 회의비 60,000 	6,200,000
10월	<ul style="list-style-type: none"> - 책임지도교사 수당 지급 : 200,000 - 공동지도교사 수당 지급 : 60,000 - 전문가 자문수당 : 100,000원 - 회의비 60,000 	4,200,000
11월	<ul style="list-style-type: none"> - 책임지도교사 수당 지급 : 200,000 - 공동지도교사 수당 지급 : 60,000 - 자료 인쇄비 : 100,000원 - 간식비 40,000 - 출장교통비 : 30,000원 	4,300,000
합 계		40,000,000