

2020 과학교사동아리 연구활동 지원

연구활동 최종보고서

주제 : 라즈베리파이와 카메라 모듈을 활용한
과학 실험 교수학습자료 개발

2020. 11.

인천물리교과연구회

라즈베리파이와 카메라 모듈을 활용한 과학 실험 교수학습자료 개발

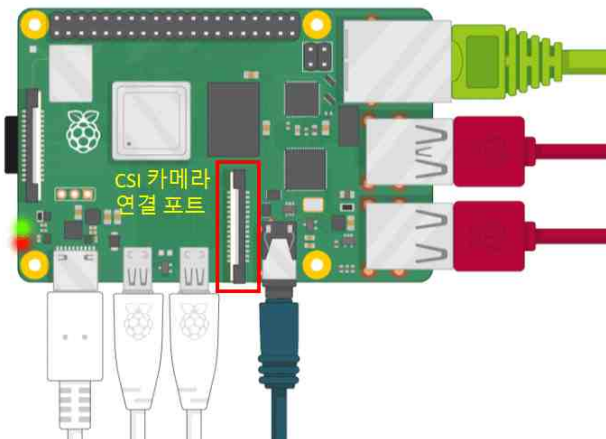
인천물리교과연구회

I. 연구의 필요성 및 목적

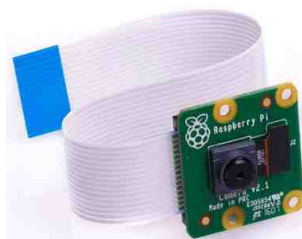
1. 연구의 필요성 및 목적

가. 연구의 필요성

라즈베리파이(Raspberry Pi, RPi)는 영국의 비영리 자선단체인 라즈베리파이 재단에서 2012년부터 보드를 출시하기 시작한 임베디드(Embedded) 교육용 보드로, 전세계의 수많은 개발자와 사용자들에 의해 라즈베리파이를 이용한 다양한 프로젝트가 개발되어왔다. 주로 센서를 연결하여 온도, 습도, 미세먼지 정보 등 주변 환경 정보를 자동으로 모니터링하는 프로젝트에 이용되거나, 코딩교육, 메이커 교육, IoT 시스템 구현 등의 STEAM 프로젝트에 활용하려는 시도는 꾸준히 진행되고 있으나, 과학교육과 연계하여 자연 현상을 탐구하거나 관측 대상의 물리량을 측정하려는 목적으로 이용된 예는 쉽게 찾아볼 수 없었다. 반면 라즈베리파이 보드에는 외부 카메라를 연결할 수 있는 CSI(Camera Serial Interface) 카메라 인터페이스가 있어서 전용 카메라를 보드에 연결하면 간단한 명령어 사용만으로도 카메라로 쉽게 정지 이미지와 동영상을 촬영할 수 있기 때문에 RPi와 카메라 모듈을 활용하면 과학 현상의 관찰이나 측정 등에 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.



[Fig,1] 라즈베리파이 4B



[Fig,2] Pi-Camera v2



[Fig,3] NoIR Camera

특히 NoIR 카메라(NoIR은 No infrared filter 즉, 적외선을 걸러주는 필터가 없는 카메라를 의미함)는 가시광선의 빨간색 바로 바깥 영역의 적외선 영역(약 880nm)의 빛을 감지할 수 있어서 가시광선 범위에서 관찰할 수 없는 자연현상의 관찰에도 활용될 수 있을 것이다.

- 카메라 모듈을 연결하여 정지 이미지와 동영상을 촬영, 분석, 처리를 할 수 있는 환경을 제공하므로 활용 범위가 넓음.
- 데스크탑 컴퓨터나 노트북 컴퓨터에서 할 수 있는 고급 영상처리 기능과 고성능 카메라에서 구현할 수 있는 고급 기능을 갖춘 측정 시스템을 저렴한 가격으로 구현할 수 있다.
- 크기가 작아 휴대성이 우수하므로 다양한 장소의 다양한 탐구 대상을 관측하는 데 활용할 수 있음.
- 라즈베리파이를 활용한 프로젝트들이 대부분 메이커교육, IoT 시스템 구현, 음성/사물 인식 등에 국한된 측면이 있으므로 본 연구를 통해 과학 교구로서 유용하게 활용될 수 있는 가능성을 탐색하고 더 다양한 탐구 주제에 대한 후속 연구를 가능하게 할 것으로 기대됨.

나. 연구 목적

본 연구는 Single Board Computer의 일종이며 리눅스 운영체제를 가진 라즈베리파이와 CSI(Camera Serial Interface) 방식의 Pi 카메라를 활용해 자연현상을 관찰하거나 자동으로 영상을 얻어서 분석하고, 육안으로는 관측할 수 없는 것을 카메라를 통해 관측함으로써 자연 현상에 대한 통찰력을 키울 수 있는 과학 실험 교구로 활용할 수 있기 때문에, 이를 과학 관련 교육활동에 적용하여 **RPI와 카메라를 활용한 과학 교수학습자료를 개발하고 수업에 적용하여 일반화**하는 것을 목표로 한다.

II. 연구의 설계

1. 연구 주제 : 라즈베리파이와 카메라 모듈을 활용한 과학 실험 교수학습자료 개발

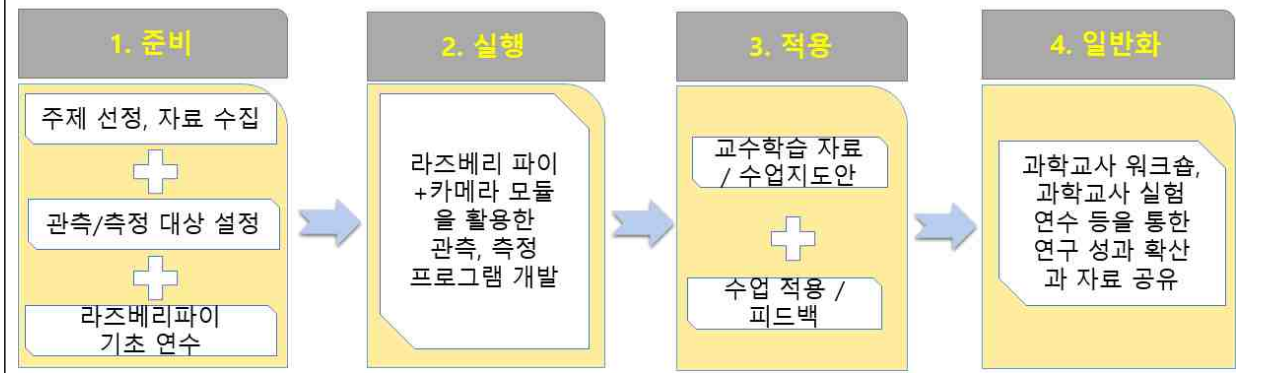
2. 연구 기간 : 2020년 4월-11월

3. 연구대상

중학교 과학, 고등학교 과학(과학탐구 실험, 물리학 I, II)

4. 연구방법

RPi(라즈베리 파이)와 카메라 모듈을 활용한 과학 실험 교수학습자료 개발



가. 연구 계획 수립 : 교육과정 검토, 전문가 자문을 통한 탐구 대상 설정

나. 라즈베리파이와 카메라 활용 기초 연수 : 교재와 전문가 활용

다. 프로그램 개발 협의회 : 오프라인 협의회- 3회 실시(6, 9, 10월), 온라인 협의회 1회 실시(8월)

- 탐구 프로그램 개발 4종

[Theme 1] 가시광선으로는 볼 수 없었던 것
 [Theme 2] 카메라로 측정하면 더 편리하고 정확한 것
 [Theme 3] 긴 시간이 걸려서 볼 수 없었던 것
 [Theme 4] 빨라서 보이지 않던 것

- 교수학습 자료 개발 4종: 테마별 수업지도안, 학생용 활동지

라. 연구활동 추진내용 및 추진할 내용

월	일정	연구 활동 내용
4	주제 및 연구 방향 설정	연구를 위한 주제 설정, 연구개발 방향 설정
5	연구 계획서 작성	연구 계획서 작성
6	선행연구조사	라즈베리파이를 카메라를 활용한 사례 조사
7	자체 연수 및	라즈베리파이 교육, 라즈베리파이 OS 설치, 환경 설정
8	워크숍	파이 카메라를 이용한 자연현상 관찰 및 동영상 촬영 실습
9	교수학습자료 개발	탐구 주제에 대한 수업 설계 및 교수학습 자료 제작
10	수업 적용	수업 적용 및 피드백 / 보완
11	결과보고서 작성	연구 보고서 작성 / 발표
12	일반화	연구 결과, 개발 자료 공유 확산(과학 교사 연수, 워크숍 운영, 지역 네트워크를 통한 자료 보급)

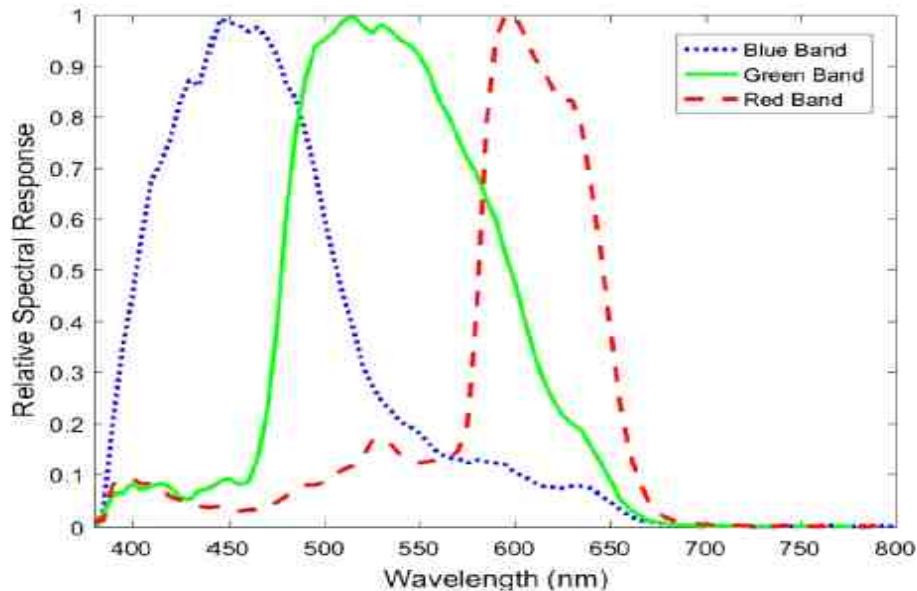
Ⅲ. 연구의 실제

1. 연구 활동 추진 내용

가. 라즈베리파이(RPi)와 NoIR 카메라의 이해

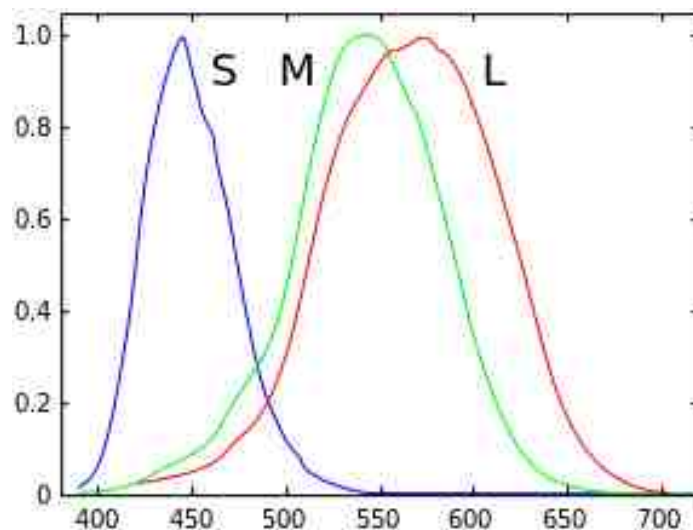
▶ 라즈베리파이 카메라 센서(Pi Camera v2)의 분광 특성

[Fig.4]는 IR cut filter를 가진 Raspberry Pi 카메라의 응답 곡선으로, 적외선을 차단하기 때문에 근적외선(Near IR) 영역과 파장이 긴 적외선 영역에서는 반응을 하지 않는다. 이는 [Fig.5]와 같이 사람의 눈에 있는 시각 세포의 스펙트럼 민감도와 유사함을 알 수 있다.



[Fig,4] Raspberry Pi camera v2 Spectral response.

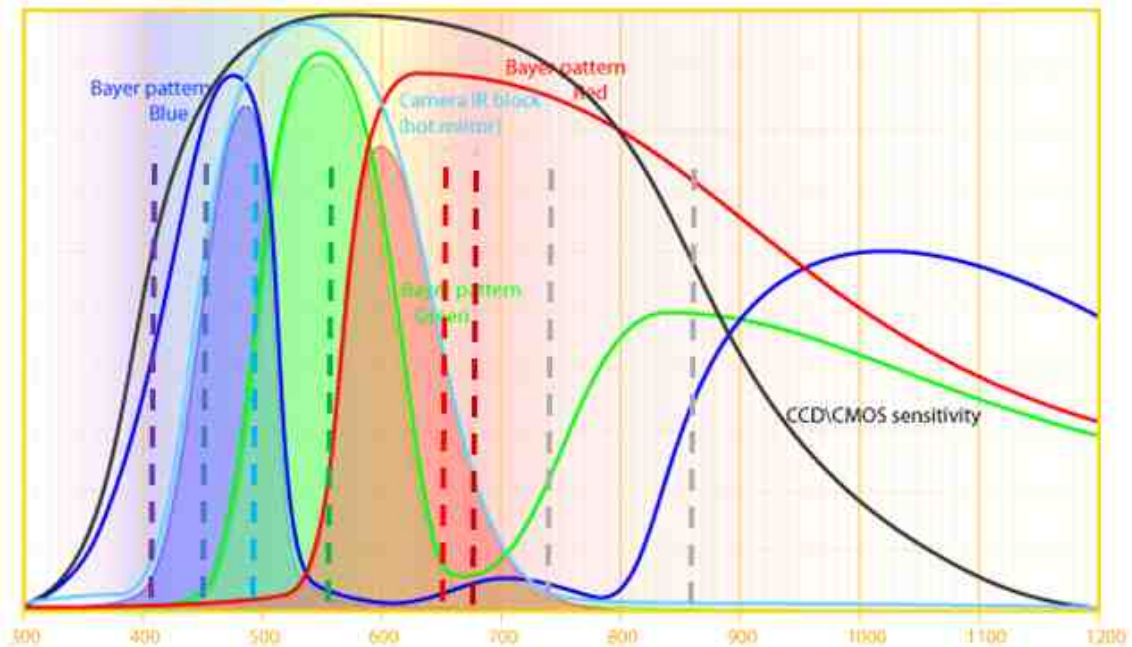
[출처] PagnuttiM. et al., J. Electron. Imaging 26(1), 013014 (2017)



[Fig,5] Spectral sensitivity of human eye cells

[출처] <https://dreamonward.com/2019/10/16/picamera-exploration/>

[Fig.7]의 파장에 따른 반응 곡선을 살펴보면 IR 차단 필터가 있는 일반적인 Pi 카메라는 청록색(Cyan) 선으로 반응이 제한되고, NoIR Pi 카메라는 검정색 선으로 반응이 제한됨을 알 수 있다. NoIR Pi 카메라는 근적외선(Near IR) 영역에서도 반응 감도가 있으므로 사진 촬영 시 일반 카메라에 비해 붉게 나타나게 된다.



[Fig.6] regular Pi Camera(CCD with IR filter)의 반응 제한 곡선(Cyan) & NoIR Pi Camera(No IR filter)의 반응 제한 곡선(Black)

[출처] <https://raspberrypi.stackexchange.com/questions/34747/camera-board-colors-issue>

▶ 카메라 모듈(Camera Module v2(IMX219))의 해상도 및 화각 특성

: 라즈베리파이 카메라는 최대 8M pixel, 3280x2464 크기의 이미지를 얻을 수 있고, 동영상 촬영시 최대 200fps의 고속 영상 촬영이 가능하다.

Mode	Size	Aspect Ratio	Frame rates	FOV	Binning
0	automatic selection				
1	1920x1080	16:9	0.1-30fps	Partial	None
2	3280x2464	4:3	0.1-15fps	Full	None
3	3280x2464	4:3	0.1-15fps	Full	None
4	1640x1232	4:3	0.1-40fps	Full	2x2
5	1640x922	16:9	0.1-40fps	Full	2x2
6	1280x720	16:9	40-90fps	Partial	2x2
7	640x480	4:3	40-200fps	Partial	2x2

▶ 라즈베리파이에서 NoIR 카메라 사용을 위한 명령어 설명

라즈베리파이에 연결된 카메라를 활용하여 사진, 동영상을 촬영하는 방법은 라즈베리파

이 터미널 창에서 명령어를 입력하여 이루어진다. 촬영시 DSLR과 같이 전문적인 카메라에서나 제공하는 기능들을 구현할 수 있는 옵션들을 제공하므로 저렴한 비용으로 전문적인 촬영 기법을 활용할 수 있는 장점이 있다.

정지 사진 촬영

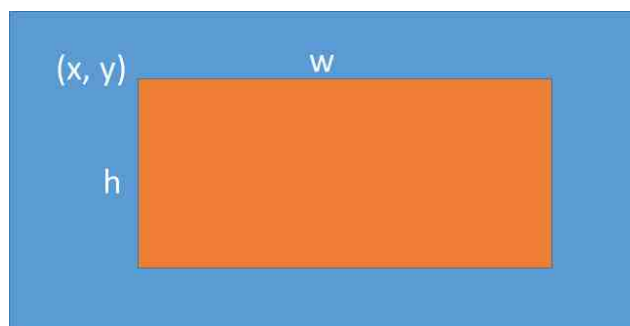
```
pi@raspberrypi:~ $ raspistill -o test.jpg
```

동영상 촬영

```
pi@raspberrypi:~ $ raspivid -o test.h264
```

정지 사진 촬영 옵션

- 프리뷰(Preview)
프리뷰 시작: `raspistill -t 0`
프리뷰 종료: `Cntl + c`
- 사진 저장: `raspistill -o test.jpg`
- 사진 해상도 조절: `raspistill -w 800 -h 600 -o test.jpg`
- 사진 회전: `raspistill -rot 180 -o test.jpg`
- 타임랩스
사진 찍는 총 시간(ms) or delay: `-t`
사진 찍는 주기(ms): `-tl`
파일명에 순차적 번호 넣기: `%04d`
예) `raspistill -t 30000 -tl 2000 -o image%04d.jpg`
- 프리뷰 위치와 크기 지정하기
`p x,y,w,h`: 시작위치(x, y), 화면 넓이와 높이(w, h)
`raspistill -t 0 -p 0,0,1080,1920 -rot 90`
`raspistill -o image.jpg -p 100,100,300,200`



카메라 컨트롤 옵션

- Brightness: `-br 50` ; 1 ~ 100 사이의 값

- Contrast: -co 10 ; -100 ~ 100
- Sharpness: -sh20 ; -100 ~ 100
- Saturation: -sa20 ; -100 ~ 100
- ISO: -ISO 400 ; 100 ~ 800
- EV compensation: -ev 0 ; -10 ~ 10
- Shutter speed(us): -ss 50000 ; upto ~ 10,000,000 us
- Region of interest: -roi 0.5,0.5,0.25,0.25
- Horizontal flip: -hf
- Vertical flip: -vf
- 노출 모드(Exposure mode): -ex
auto, night, nightpreview, backlight, spotlight, sports, snow, beach, verylong(long exposure), fixedfps(for video only), antishake, or fireworks
- 자동 화이트 밸런스(Automatic white balance:AWB): -awb
off, auto, sun, cloud, shade, tungsten, fluorescent, incandescent, flash, or horizon average, spot, backlit, or matrix
- Metering mode: -mm

annotate (주석 달기: 사진에 날짜, 시간, 이름 등 표시)

- -a 4 ; date (08/22/20)
- -a 8 ; time (09:30:33)
- -a 12 ; time + date
- -a 16 ; shutter setting
- -a "NoIR"
- -a 4 -a "NoIR %Y-%m-%d %X"
- 명령어 실행
raspistill -t 0 -a 4 -a "NoIR %Y-%m-%d %X"

카메라 이미지 효과(image effect)

- 옵션: --imxfxor -ifx
none, negative, solarize, posterise, sketch, denoise, emboss, oilpaint, hatch, gpen(graphite sketch effect), pastel, watercolour, film, saturation(coloursaturate the image), colourswap, washedout, colourpoint, colourbalance, cartoon
- raspistill-t 0 -ifxoilpaint

이미지 효과 파이썬 코드

```

from picamera import PiCamera
from time import sleep
camera = PiCamera()
camera.start_preview()
for effect in camera.IMAGE_EFFECTS:
    camera.image_effect= effect
    camera.annotate_text= "Effect: %s" % effect
    sleep(3)
camera.stop_preview()

```

정해진 시간에 사진 촬영 : crontab

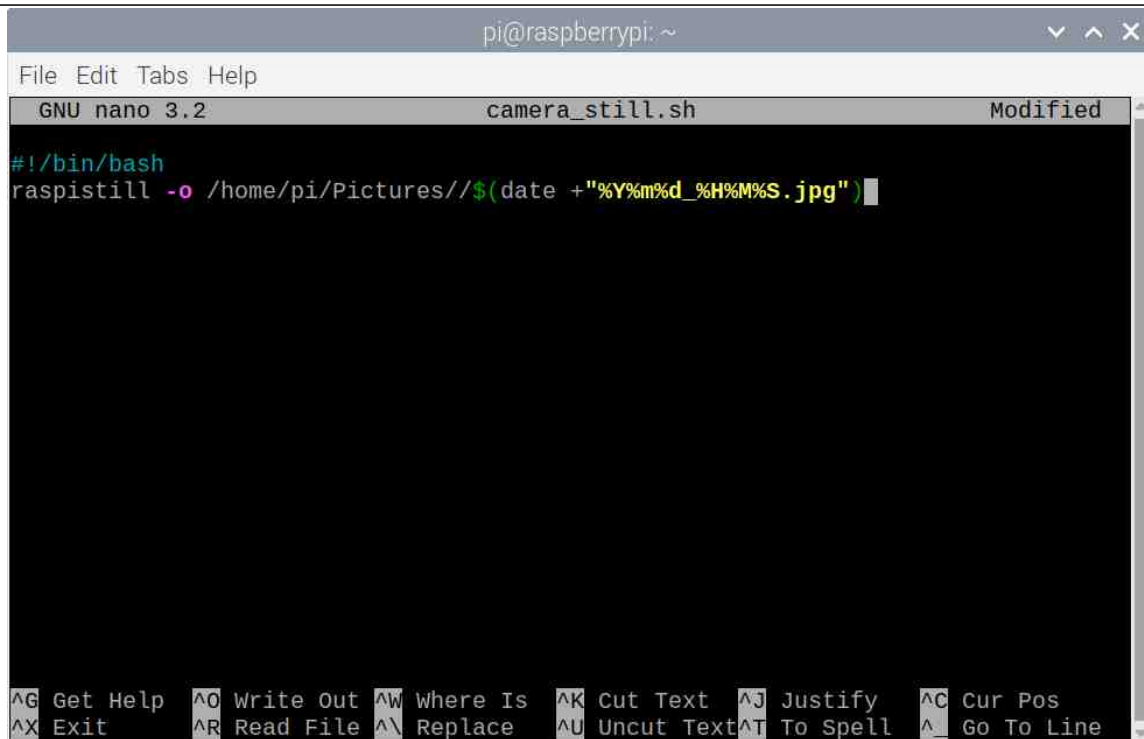
- pi@raspberrypi:~ \$ crontab-l ; 설정 보기
- pi@raspberrypi:~ \$ crontab-e ; 설정하기

```

# * * * * * command to execute
# T T T T T
# | | | | |
# | | | | |
# | | | | | _____ day of week (0 - 7) (0 to 6 are Sunday to
Saturday, or use names; 7 is Sunday, the same as 0)
# | | | | | _____ month (1 - 12)
# | | | | | _____ day of month (1 - 31)
# | | | | | _____ hour (0 - 23)
# | | | | | _____ min (0 - 59)

```

- 0 * * * * ; 매시간 00분에 동작
- */15 * * * * ; 매 시간 15분 간격(0, 15, 30, 45)으로 동작
- pi@raspberrypi:~ \$ nanocamera_still.sh
- pi@raspberrypi:~ \$ ls -al camera_still.sh
- -rw-r--r-- 1 pi pi 74 Aug 18 07:45 camera_still.sh
- pi@raspberrypi:~ \$ chmod+x camera_still.sh
- pi@raspberrypi:~ \$ ls -al camera_still.sh
- -rwxr-xr-x 1 pi pi 74 Aug 18 07:45 camera_still.sh



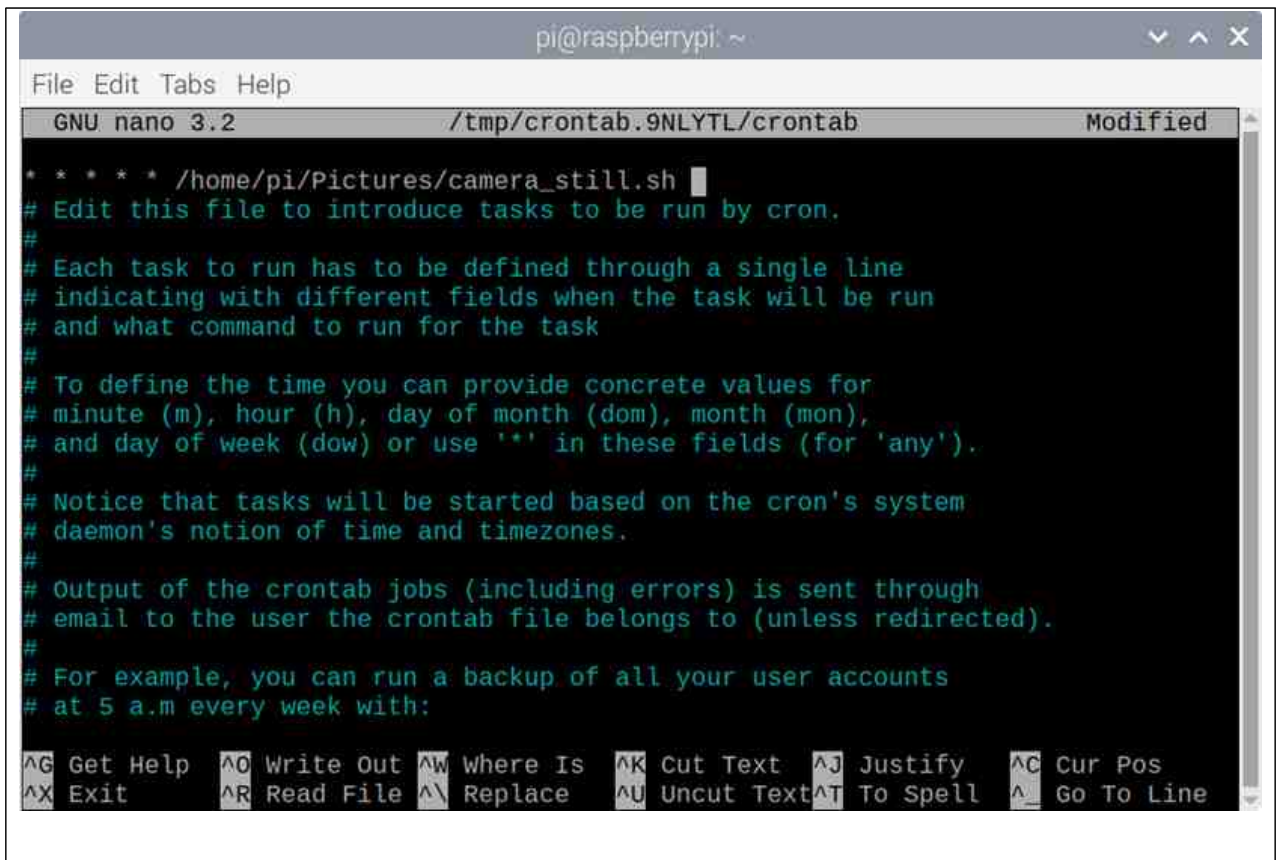
```
pi@raspberrypi:~
File Edit Tabs Help
GNU nano 3.2 camera_still.sh Modified
#!/bin/bash
raspistill -o /home/pi/Pictures//$(date +"%Y%m%d_%H%M%S.jpg")
^G Get Help ^O Write Out ^W Where Is ^K Cut Text ^J Justify ^C Cur Pos
^X Exit ^R Read File ^\ Replace ^U Uncut Text ^T To Spell ^_ Go To Line
```

- pi@raspberrypi:~ \$ crontab-e
no crontab for pi - using an empty one

Select an editor. To change later, run 'select-editor'.

1. /bin/nano <---- easiest
2. /usr/bin/vim.tiny
3. /bin/ed

Choose 1-3 [1]:



```
pi@raspberrypi: ~  
File Edit Tabs Help  
GNU nano 3.2 /tmp/crontab.9NLYTL/crontab Modified  
* * * * * /home/pi/Pictures/camera_still.sh  
# Edit this file to introduce tasks to be run by cron.  
#  
# Each task to run has to be defined through a single line  
# indicating with different fields when the task will be run  
# and what command to run for the task  
#  
# To define the time you can provide concrete values for  
# minute (m), hour (h), day of month (dom), month (mon),  
# and day of week (dow) or use '*' in these fields (for 'any').  
#  
# Notice that tasks will be started based on the cron's system  
# daemon's notion of time and timezones.  
#  
# Output of the crontab jobs (including errors) is sent through  
# email to the user the crontab file belongs to (unless redirected).  
#  
# For example, you can run a backup of all your user accounts  
# at 5 a.m every week with:  
  
^G Get Help ^O Write Out ^W Where Is ^K Cut Text ^J Justify ^C Cur Pos  
^X Exit ^R Read File ^\ Replace ^U Uncut Text ^T To Spell ^_ Go To Line
```

GIF 동영상 만들기

- 터미널 열기
Ctrl + Alt + T
- 명령어 실행하기
sudo apt-get install imagemagick

* ImageMagick 실행하기

- 터미널 열기
- 명령어 실행하기
convert -delay 10 -loop 0 img*.jpg test.gif
#delay: 1/100 sec 단위
#loop: 0 - 계속 반복, 1- 한번

Keypress mode

- 사진을 찍고 싶은 순간에 찍는 모드(-k)
엔터키를칠 때 마다 사진이 찍힘
- 명령어: raspistill -o keypress%04d.jpg -k
- 종료: [x] 키를 누르기

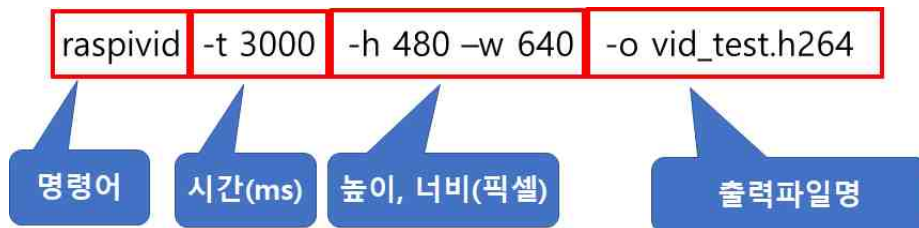
스톱모션 촬영하기

- keypress mode 사용해서 사진 찍기
- imagemagick을 이용해서 gif 동영상 만들기

동영상 촬영하기

- 명령어(기본)

```
raspivid -t 3000 -h 480 -w 640 -o vid_test.h264
```



- 고속영상옵션: -fps

```
raspivid -t 3000 -fps 200 -w 640 -h 480 -o vid_test01.h264
```

고속 동영상 촬영하기

- raspivid -h 480 -w 640 -fps 200 -ISO 800 -ss3000 -o vid_test02.h264
 - h : 동영상 높이 픽셀수
 - w: 동영상 너비 픽셀수
 - fps: frame per second; 초당 프레임 수
 - ISO: 감도
 - ss: shutter speed; 셔터 속도

- ※ 초당 프레임수와 셔터속도 곱한 값이 1초 미만이어야 함.
- ※ 셔터 속도가 높아서 감도를 높이거나 조명이 필요하기도 함.

동영상 파일 형식 변환(h264 → mp4)

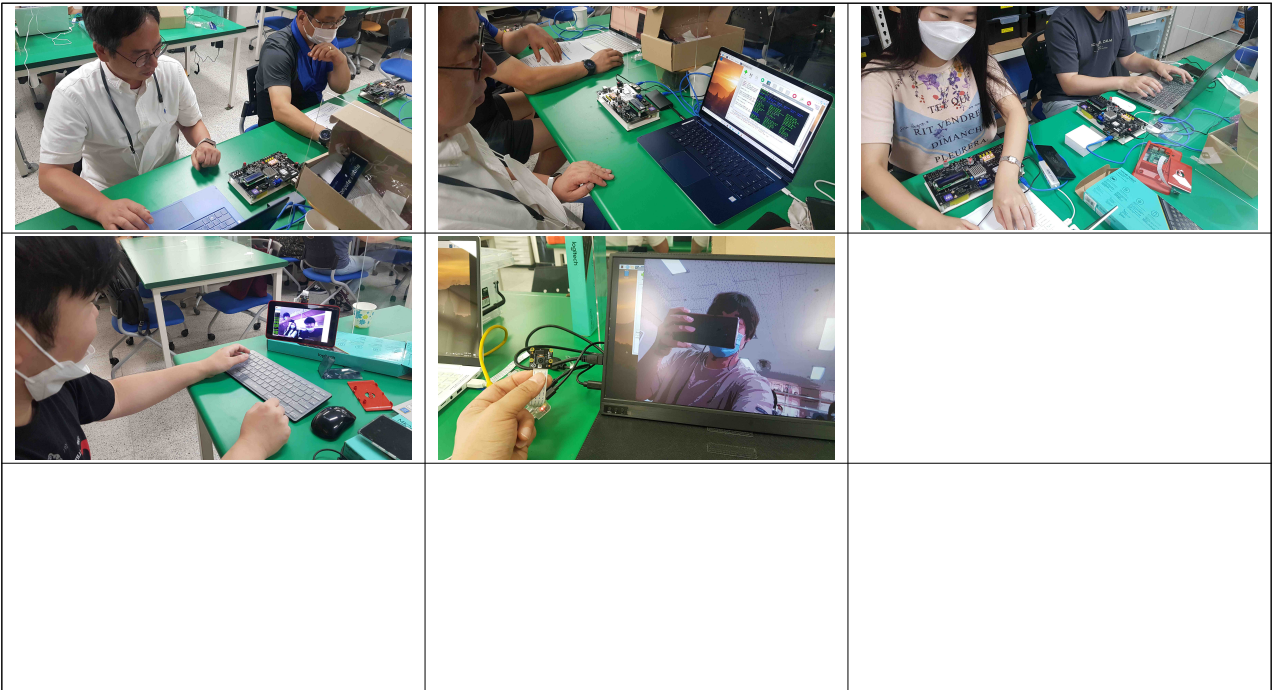
- MP4Box 설치하기
 - 터미널 열기 : Cntl + Alt + T
 - 설치 명령어 실행 : sudo apt-get install gpac
- 변환 명령어 : MP4Box -add vid_test.h264 vid_test.mp4
 - MP4Box : 실행 명령어
 - add : 파일 변환 옵션
 - vid_test.h264 : 변환하려는 h264 파일 이름
 - vid_test.mp4 : mp4 파일로 변환된 파일 이름

화면 캡처(screenshot)

- 빌트인 프로그램 사용(scrot): 전체 화면만 저장 됨
키보드에 [Print Screen] 키를 누르면 홈디렉토리에 png 파일로 저장
scrot명령어 사용:
터미널 창에서 명령어 실행: pi@raspberrypi:~ \$ scrot
딜레이(sec.) 옵션 사용: pi@raspberrypi:~ \$ scrot-d 4
- 화면캡처프로그램 설치: gnome-screenshot
pi@raspberrypi:~ \$ sudo apt update && upgrade
pi@raspberrypi:~ \$ sudo apt install gnome-screenshot
[Pictures] 디렉토리에 저장

나. 라즈베리파이(RPi)와 NoIR 카메라의 활용 연수

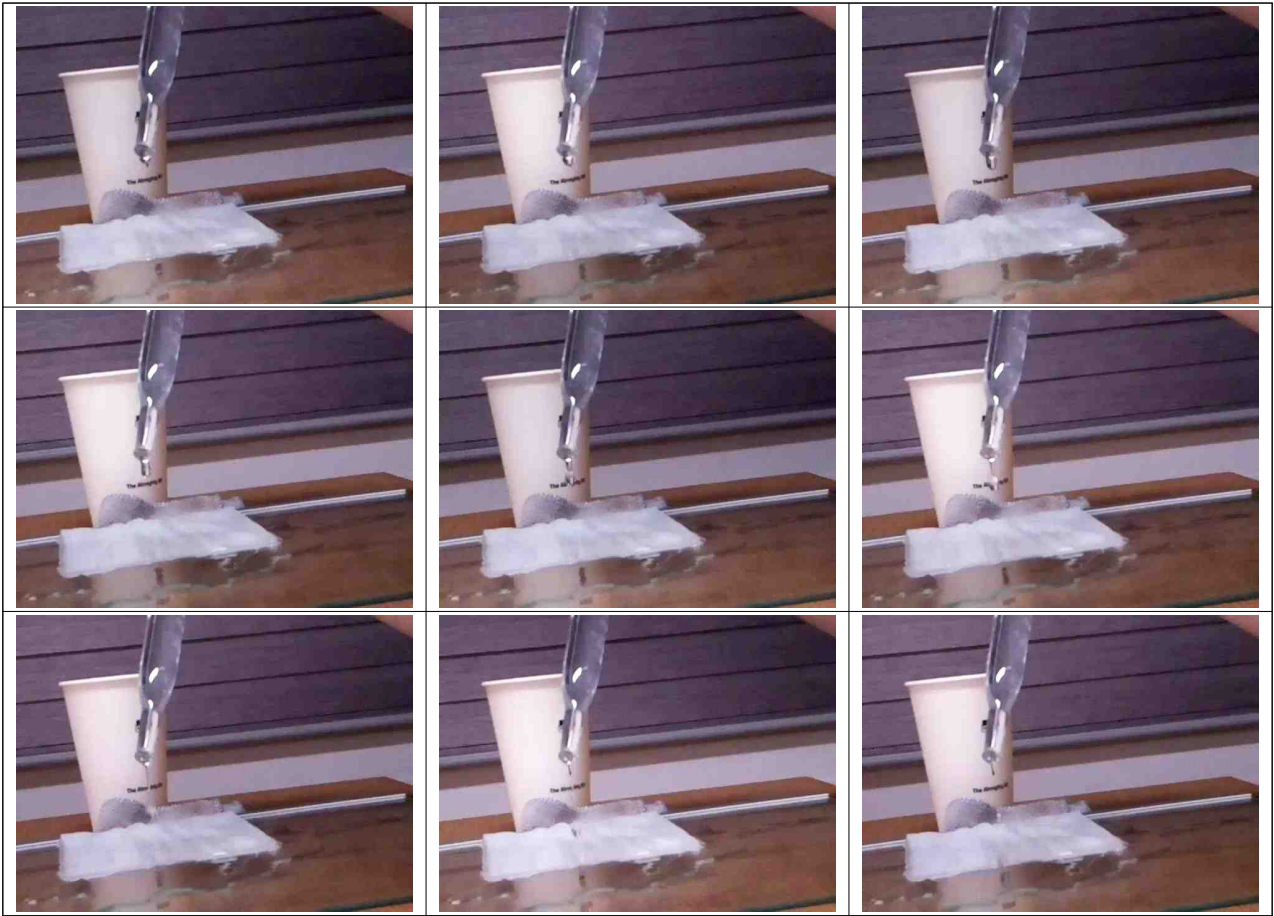
▶ 라즈베리파이 연수(워크숍) 실시



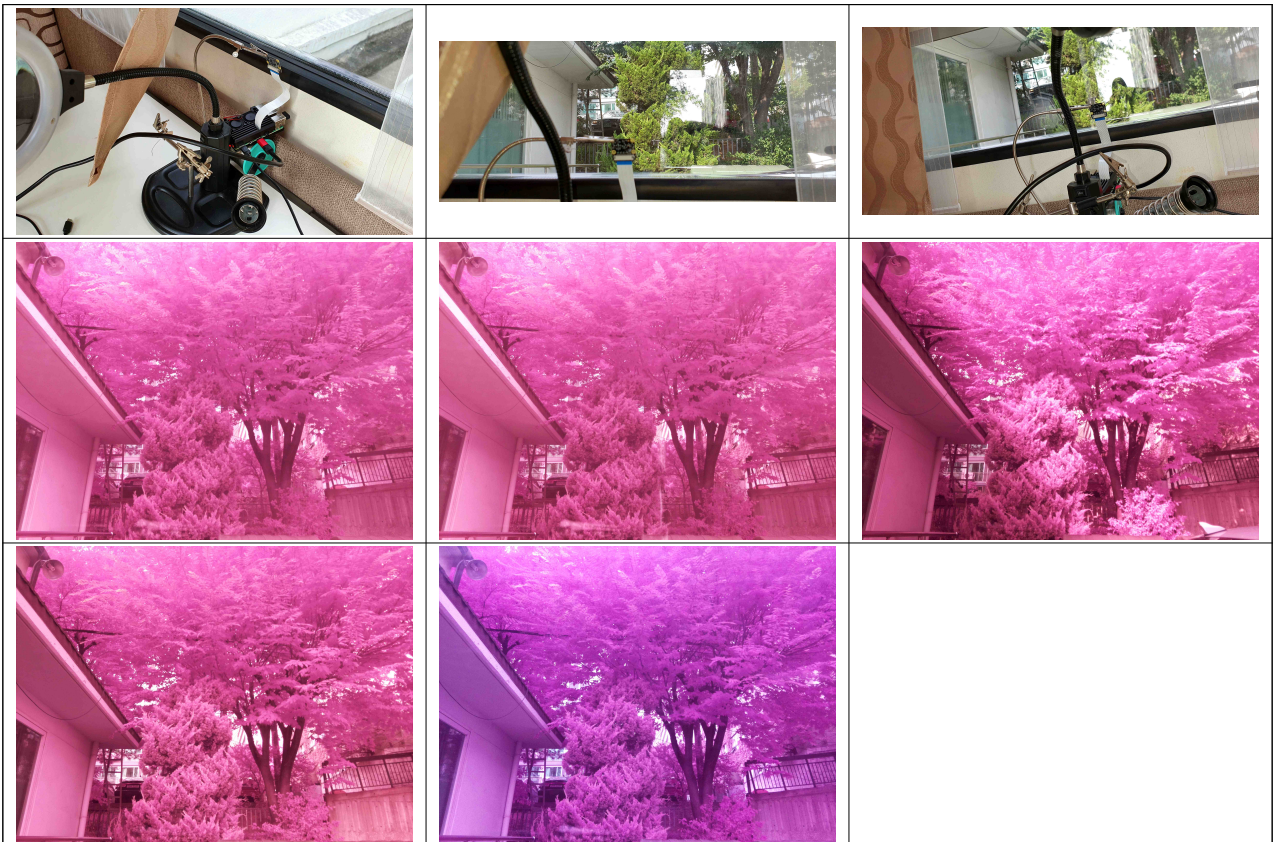
▶ RPi NoIR 카메라를 이용한 촬영 실습

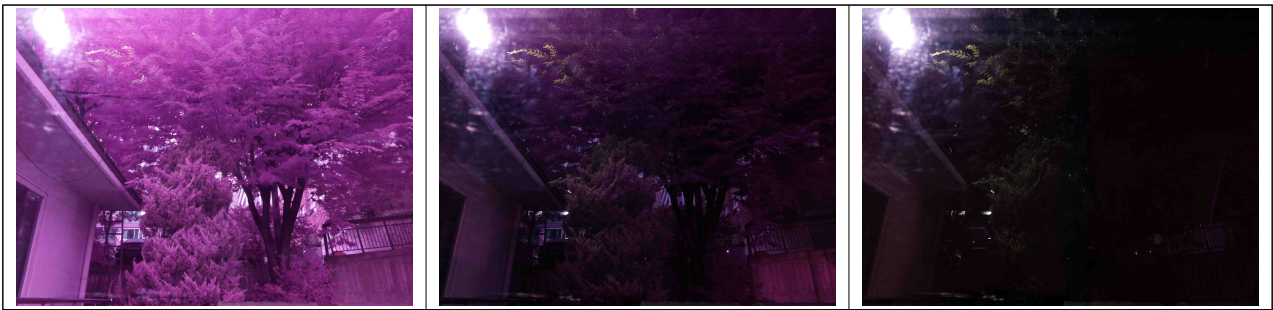
[물방울의 낙하 현상 촬영(고속 촬영:640x480)]





[나무 관찰(Time Lapse 촬영)]





다. RPi와 카메라 모듈을 활용하여 자연현상 관측 또는 물리량 측정 등 과학 교구로서 활용될 수 있는 주제 선정

[Theme 1] 가시광선으로는 볼 수 없었던 것

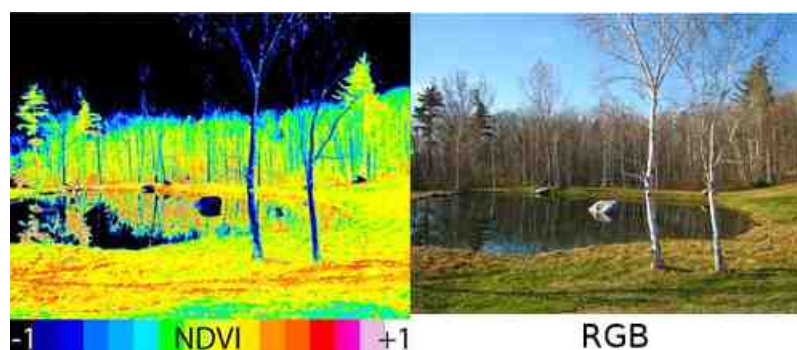
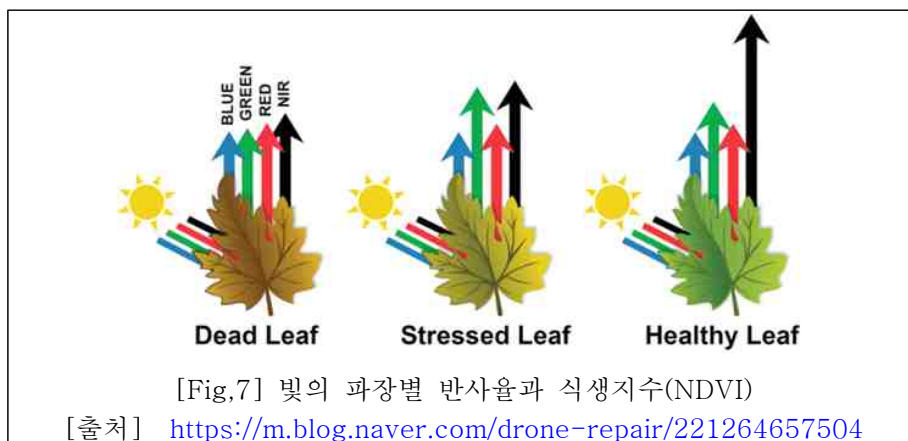
NoIR 카메라를 이용하여 물체를 촬영하면 가시광선으로 볼 수 없었던 세상을 볼 수 있다,

예시) 가시광선 영역의 파장을 이용하는 카메라와 적외선 영역 파장을 이용하는 카메라의 차이는?

예시) 식물의 광합성 효과를 적외선 카메라로 관찰

※ 식생지수(NVDI : Normalized Difference Vegetation Index)의 이해

: 가시광선(특히 적색 영역)과 근적외선 영역에서 녹색 식물의 반사율 차이가 크게 나는 것을 이용하여 두 영역에서 관측된 영상에 일정한 수식을 적용하여 식생의 상태를 나타내는 값



[Theme 2] 카메라로 측정하면 더 편리하고 정확한 것

■ 측정 대상의 물리량을 쉽고 정확하게 측정 가능함 → Tracker 등과 함께 영상 분석 방법 적용

예시) 영상 분석을 통한 진자의 주기 측정, 중력가속도 측정

[Theme 3] 긴 시간이 걸려서 볼 수 없었던 것

■ 관찰에 긴 시간이 필요한 대상의 관찰 → Timelapse 기능 활용한 촬영

예시) 꽃의 개화 과정-꽃이 필 때 꽃잎이 어떤 방식으로 펼쳐질까?

예시) 빵 반죽이 부풀어 오르는 모습의 관찰

[Theme 4] 빨라서 보이지 않던 것

■ 초고속 촬영(High-speed Photography)

slow-motion clip : 초당 프레임 수(frames per second)를 높게 설정하여 고속으로 촬영하고 저속으로 재생하면 슬로우 모션 효과를 얻을 수 있다.

→ 일반적인 영상은 25~29fps이며, 라즈베리 파이의 HQ Camera는 90fps까지 촬영할 수 있음.

예시) 낙하하는 물방울의 모양은 구형일까?

예시) 진동하는 물체의 운동 분석

라. 선정된 탐구 주제를 활용한 교수학습 프로그램/수업지도안 개발

- 테마1~4에 해당하는 교수학습 프로그램(수업지도안, 학생용 활동지) 개발

탐구 주제		과학 교과 연계	
		교과명	관련 개념
[Theme 1]	가시광선으로는 볼 수 없었던 것	물리학 I	전자기파 스펙트럼 (적외선의 이용)
[Theme 2]	카메라로 측정하면 더 편리하고 정확한 것	물리학 II	진동하는 물체의 운동 분석(단진자의 운동)
[Theme 3]	긴 시간이 걸려서 볼 수 없었던 것	과학탐구실험	파스퇴르의 생물 속생설
[Theme 4]	빨라서 보이지 않던 것	과학탐구실험	자유 낙하와 수평으로 던진 물체의 운동 분석하기

IV. 연구의 결과

1. 테마별 교수학습 자료 개발

Theme 1

가시광선으로는 볼 수 없었던 것

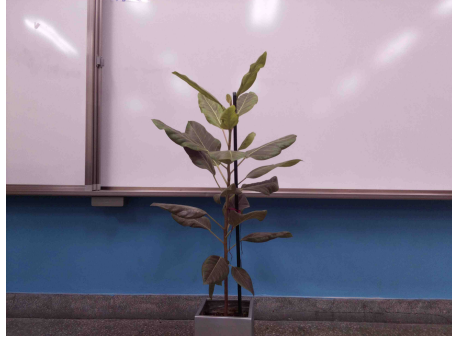
1 수업 개요

교과명	과학(중1) 물리학1	관련단원	(6) 빛과 파동 (3) 파동과 정보통신
학습주제	적외선을 통해 식물의 광합성 관찰하기		
교육과정 성취기준	[9과06-01] 물체를 보는 과정을 빛의 경로를 이용하여 표현할 수 있다. [12물리 I 03-03] 다양한 전자기파를 스펙트럼의 종류에 따라 구분하고, 그 사용 예를 찾아 설명할 수 있다.		
학습 요소	전자기파(가시광선과 적외선), 전자기파 스펙트럼		

수업의 주안점	다양한 전자기파의 이용분야 중 가시광선과 근적외선영역을 이해한다.	
과정 설명 및 활용 방안	건강한 식생에서는 녹색과 근적외선 영역대에서 높은 반사도를 보이므로 육안으로 볼 수 있는 녹색과 NoIR카메라를 통해 감지할 수 있는 근적외선영역의 차이를 이해한다.	식물이 태양광을 받아 광합성을 할수 있을 때와 태양광을 못 받아 광합성을 못할 때 사진촬영이 가능하도록 조명, 커튼 사용이 가능한 공간에서 촬영
	탐구 설계	RPi-카메라 촬영 주안점
	(1) 전자기파의 스펙트럼(가시광선), 색채인식과정(가시광선)을 설명함.	
	 <p>(가) 전자기파 스펙트럼 수업</p>	 <p>(나) 색채인식 수업</p>
	(2) 라즈베리파이의 구동원리설명 및 NoIR카메라 구동	
	 <p>(가) 라즈베리파이 셋팅</p>	 <p>(나) NoIR카메라 구동</p>

과정 설명
및
활용 방안

(3) 형광등에서의 식물사진 확인



(가) 형광등에서의 식물사진

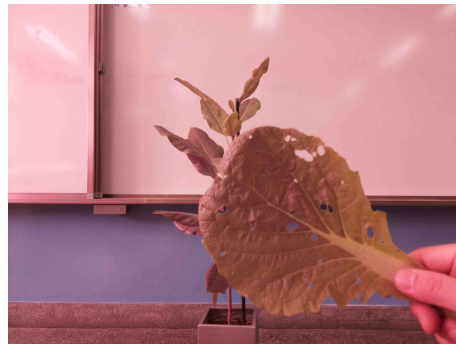


(나) 형광등에서의 배추잎 사진

(4) 태양광에서의 식물사진 확인



(가) 태양광에서의 식물사진



(나) 태양광에서의 배추잎사진

(5) 물질표면의 반사특성을 이용한 지표면 분류 방법 중 육지 표면의 대부분을 차지하는 식생에 대한 정보를 제공하기 위한 다양한 종류의 식생지수들이 개발되어 왔다. 대부분의 식생이 우리 눈에 녹색으로 보이는 것은 식생의 잎에 포함된 엽록소에 의한 녹색 빛이 반사되기 때문이다. 건강한 식생의 경우 PAR(photosynthetically active radiation) 복사영역(적색 파장대 포함) 파장대에서는 낮은 반사도를 보이지만 녹색과 근적외선 영역에서는 상대적으로 높은 반사도를 보인다. 따라서 식생이 강하게 반응하는 파장대와 그렇지 않은 파장대를 조합함으로써 식생에 의한 신호를 강조할 수 있으며, 이를 식생지수라 한다.

(6) 온도와 습도 변화에 민감한 식물을 육안으로 관찰하기 힘든 근적외영역을 통한 관찰으로 보다 효과적인 관리를 통한 스마트팜의 원리를 이해한다.

수업 Tip /
유의점

1. 광합성이 가능하도록 광량이 풍부한 과학실에서 커튼이나 블라인드 사용으로 태양광을 막아줄 수 있는 공간에서 실험
2. 단기적인 촬영보다는 장기적인 식물의 생장 비교하는 장기적인 관찰 프로젝트로 적합

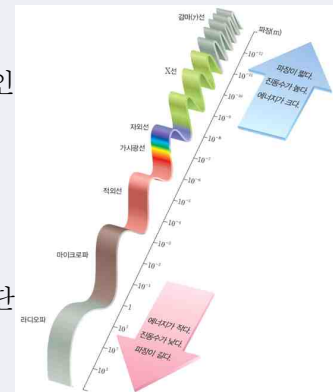
주제	식생지수 이해하기	관련 단원	전자기파 스펙트럼
() 고등학교	학년 ()반 ()번	이름	
성취기준	[12물리 I 03-03] 다양한 전자기파를 스펙트럼의 종류에 따라 구분하고, 그 사용 예를 찾아 설명할 수 있다.		

탐구활동 1

[들어가기]

1. 파장과 진동수에 따른 전자기파의 구분

- ① 가시광선: 파장 380~770nm, 진동수 $7.9 \times 10^{14} \sim 3.9 \times 10^{14}$ Hz 인 전자기파
- ② 자외선 : 가시광선보다 짧은 파장을 가진 전자기파
- ③ 자외선보다 파장이 더 짧은 전자기파는 X선, γ 선
- ④ 적외선 : 가시광선보다 긴 파장을 가진 전자기파
- ⑤ 적외선보다 파장이 더 긴 것을 마이크로파, TV파(극초단파, 초단파), 라디오파(중파, 단파) 등으로 구분한다.

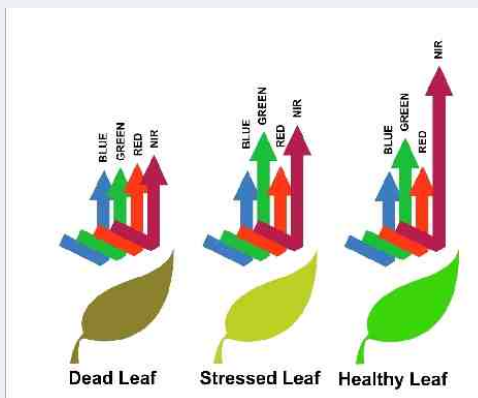


2. 눈에서의 색의 인식

- ① 명암을 감지하는 막대 세포(간상 세포)가 약 1억 2천만 개, 빛의 색을 감지하는 원뿔 세포(원추 세포)가 약 650만 개가 존재한다.
- ② 3가지의 원뿔 세포(R, G, B)만으로도 700만 개의 색을 구별하여 인식할 수 있다.
- ③ 빛의 색 : 파장에 따른 가시 광선의 색(380~770 nm)

3. 식생지수 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

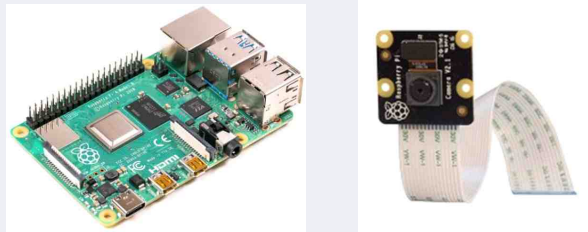
전자기파의 수신율에 따른 식물의 가시광선(특히 적색 영역)과 근적외선 영역에서 식물의 반사율 차이를 이용 두 영역에서 관측 되어진 영상에 일정한 수식을 적용 식생 상태를 파악, 각 파장대 영상 간의 비, 차, 선형 조합으로 구현 상태를 확인 조치를 할 수 있는 영상 카메라로 식생의 상태를 구분하고, 식생에 맞는 조치를 할 수 있는 스마트팜 기술인 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index:식생지수)를 이해한다.



4. 라즈베리 파이

영국에 위치한 라즈베리파이 재단에서 컴퓨터를 사용한 과학 교육의 증진을 위해 만든 싱글 보드 컴퓨터로, 마이크로컴퓨터의 종류 중 하나이다.

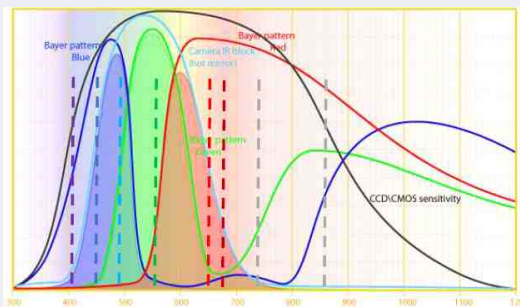
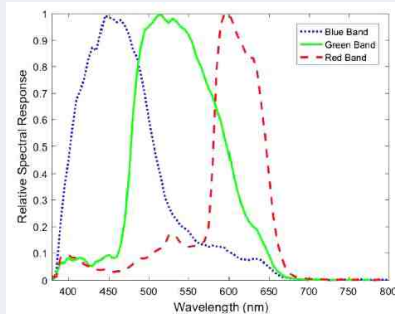
싱글 보드 컴퓨터로 가격이 매우 저렴하지만, 일반 컴퓨터의 기본적인 기능들을 모두 갖추고 있다. 일반 컴퓨터와는 다르게 하드웨어를 직접 제어할 수 있는 다용도 입출력 포트(GPIO) PIN을 가지고 있기 때문에, 추가적인 비용을 투자하지 않고도 손쉽게 하드웨어를 제어할 수 있다.



4. NoIR카메라 사진찍기

- 프리뷰(Preview)
프리뷰 시작: `raspistill -t 0`
프리뷰 종료: `Cntl + c`
- 사진 저장: `raspistill -o test.jpg`

5. NoIR카메라센서의 분광특성



6. NoIR카메라의 자연광과 형광등에서의 영상비교

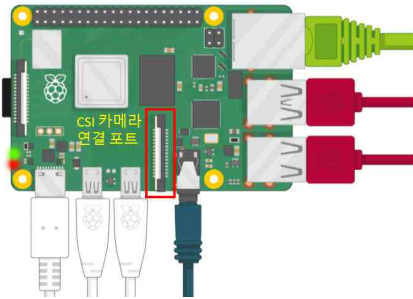
NoIR카메라나 IR필터가 제거된 카메라에서는 가시광선영역을 벗어난 부분에서는 눈에는 검은색으로 보이지만 태양광에서의 근적외선은 식물의 잎에서 많은 양이 반사되어 카메라의 근적외영역에 감지되어 붉은 색으로 표현되고 있어 라즈베리파이의 NoIR카메라 영상에서는 광합성을 하는 식물의 잎은 붉은 색으로 보이게 된다.



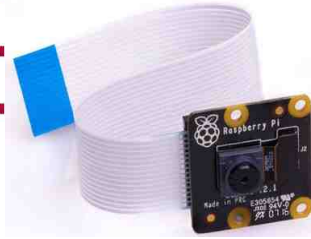
[생각다지기]

1. 다양한 전자기파의 특성을 파장에 따라 구분할수 있다.
2. 전자기파의 다양한 활용분야를 설명할 수 있다.

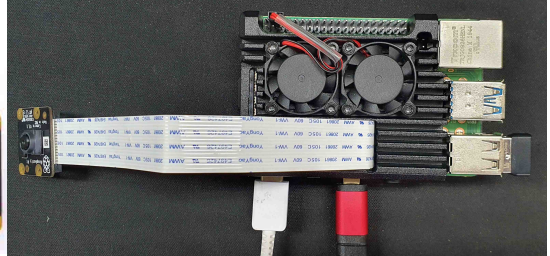
1. 라즈베리파이4의 하드웨어 구성



(가) 라즈베리파이 4B



(나) NoIR Camera



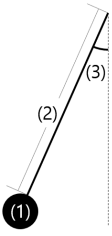
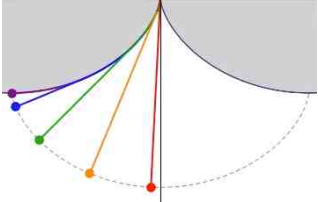

(다) 라즈베리파이 4B와 Camera 연결

2. NoIR 카메라 사용하기(옵션)

- 프리뷰(Preview)
 - 프리뷰 시작: `raspistill -t 0`
 - 프리뷰 종료: `Cntl + c`
- 사진 저장: `raspistill -o test.jpg`
- 사진 해상도 조절: `raspistill -w 800 -h 600 -o test.jpg`
- 사진 회전: `raspistill -rot 180 -o test.jpg`
- 타임랩스
 - 사진 찍는 총 시간(ms) or delay: `-t`
 - 사진 찍는 주기(ms): `-tl`
 - 파일명에 순차적 번호 넣기: `%04d`
 - 예) `raspistill -t 30000 -tl 2000 -o image%04d.jpg`
- 정해진 시간에 사진촬영 : `crontab`
 - `pi@raspberrypi:~ $ crontab-l` ; 설정 보기
 - `pi@raspberrypi:~ $ crontab-e` ; 설정하기

1 수업 개요

교과명	물리학2	관련단원	(1) 힘과 운동
학습주제	진동하는 물체의 운동 분석		
교육과정 성취기준	[12물리Ⅱ01-10] 포물선 운동과 단진자 운동에서 역학적 에너지가 보존됨을 설명할 수 있다.		
학습 요소	단진자 운동, 고속 촬영 기능을 활용한 단진자 주기 측정		
성취 기준 이해	단진자의 주기를 측정하는 실험을 통하여 정량적으로 예측한 것이 현상적으로 일치하는 지를 검증하게 할 수 있다.		

수업의 주안점	1. 단진자의 주기를 측정하는 실험을 통해 조작 변인(질량, 줄의 길이, 진폭)을 다르게 하여 단진자의 주기를 확인한다. 2. RPi-카메라를 이용하여 조작 변인에 대한 실험결과를 확인한다.		
과정 설명 및 활용 방안	 탐구 설계		 RPi-카메라 촬영 주안점
수업 Tip / 유의점	실험준비: -모눈이 그려진 칠판에 또는 영상 촬영에 왜곡이 없는 벽을 찾는다. -실에 쇠구슬을 매달고 모눈이 그려진 칠판 앞에서 RPi-카메라 기기로 촬영 준비한다. (1) 쇠구슬의 질량을 다르게 하여 RPi-카메라로 측정한다. (2) 실의 길이를 다르게 하여 RPi-카메라로 측정한다. (3) 진폭(θ)을 다르게 하여 RPi-카메라로 측정한다.		
	1. 측정시간을 1, 10, 100ms로 각각 설정하여 측정한다. 2. jpg 형식으로 파일을 얻는다.(ex : raspistill -o image_%04d.jpg -tl 100 -t 10000)		

주제	RPi-카메라를 이용한 단진자 주기측정	관련 단원	(1) 힘과 운동
() 고등학교 학년 ()반 ()번		이름	
성취기준	단진자의 주기를 측정하는 실험을 통하여 정량적으로 예측한 것이 일치하는 지를 검증하게 할 수 있다.		
[들어가기] 줄에 매달려 중력에 의하여 왕복운동하는 물체의 가속도는 일정하지 않다. 주기에 영향을 주는 변인을 찾아보자.			
탐구활동 1			
[1] 라즈베리파이에 NoIR카메라를 결합하여 실험촬영을 준비한다. [2] 준비된 기기 앞에 단진자 운동 물체를 설치한다.(<u>질량변화: 1, 3, 6kg</u>) [3] terminal을 열고 촬영하는 물체의 <u>타입랩스</u> 를 설정한다.(ex : 1, 10, 100ms) [4] 수집 된 자료를 분석하여 주기를 계산하다. [5] <u>실의 길이변화: 0.1, 0.2, 0.3m</u> [2]~[4]를 반복한다. [6] <u>진폭 변화: $\theta = 5, 10, 20$</u> [2]~[4]를 반복한다.			
탐구활동 2			
[탐구활동 1]에서 촬영설정을 동영상 촬영 모드로 하여 실험한다. (ex: raspivid -o vid.h264 -t 20000)			
[생각다지기] 1. 진자의 주기를 계산하고, 주기에 영향을 주는 요인에 대해 생각해보자. 2. 파이카메라(NoIR)를 이용하여 실시간 cctv를 만드는 방법을 생각해보자.			

[참고 자료 #01]

1. 진짜 코딩하며 배우는 라즈베리파이 4
2. IoT 사물인터넷을 위한 라즈베리파이 4정석

[참고 자료 #02]

1. remove.bg
2. raspberry pi camera module 사용방법



그림1. 라즈베리파이와 NoIR카메라 결합 Terminal

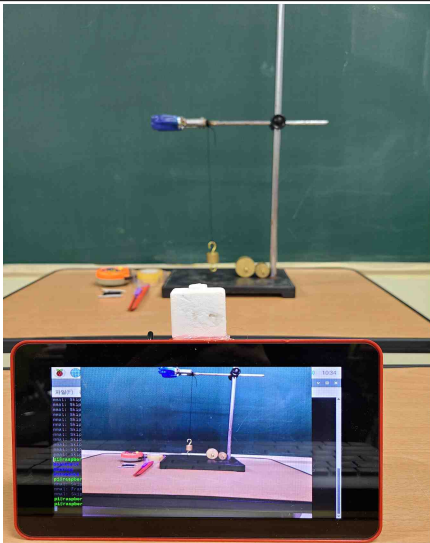




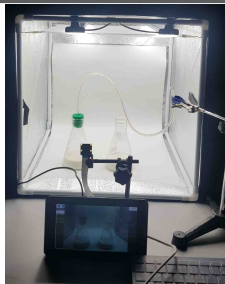
그림2. 단진자 운동 물체



그림3. 학생실험

1 수업 개요

교과명	과학탐구실험	관련단원	(1) 역사 속의 과학 탐구
학습주제	파스퇴르의 생물 속생설 도출 과정 검토하기		
교육과정 성취기준	가설 설정을 포함한 과학사의 대표적인 탐구 실험을 수행하고, 연역적 탐구 방법의 특징을 설명할 수 있다.		
학습 요소	생물 속생설, 파스퇴르 실험, Time-lapse 촬영을 이용한 관찰		
성취 기준 이해	파스퇴르의 실험을 수행하여 연역적 탐구 방법을 이해할 수 있다.		

수업의 주안점	연역적 탐구과정에 따른 파스퇴르의 탐구 과정을 수행한다. 라즈베리파이와 카메라 설치 및 촬영, 실험 결과 정리 등 실험 전반에 걸쳐 역할 분담과 협동하는 모듈별 프로젝트 학습을 통해 협업을 강조하고 이를 통해 올바른 과학적 태도와 최첨단 과학기술을 체험할 수 있도록 한다.		
과정 설명 및 활용 방안			
	라즈베리파이와 카메라 설치	우유가 든 플라스크 가열	타임 랩스 촬영
수업의 Tip	<ol style="list-style-type: none"> 철사를 넣은 실리콘 관을 충분히 S자 모양으로 구부려 플라스크 속 우유를 끓이고 식히는 과정에서 물방울이 고일 수 있도록 한다. 실험 과정 중 우유를 가열하는 과정이 포함되므로 안전사고가 나지 않도록 주의 		

	한다.
	3. 타입 랩스 촬영 과정에서 카메라가 흔들리지 않도록 안정적으로 고정한다.
	4. 두 플라스크에 든 우유 표면에서 변화의 차이를 효과적으로 촬영할 수 있도록 카메라의 시선을 우유 표면보다 위에서 아래로 비스듬히 설정한다.

2

학생 활동지

주제	파스퇴르의 생물 속생설 도출 과정 검토하기	관련 단원	(1) 역사 속의 과학 탐구
() 고등학교 학년 ()반 ()번		이름	
성취기준	[10과탐01-04] 가설 설정을 포함한 과학사의 대표적인 탐구 실험을 수행하고, 연역적 탐구 방법의 특징을 설명할 수 있다.		

탐구활동 1

[들어가기]

※ 자연 발생설 - 생물 속생설 논쟁 과정과 파스퇴르의 생각 살펴보기

1) 니덤은 스파란차니의 주장을 어떤 이유를 들어 반박했는지 정리해보자.

2) 니덤의 주장을 반박하려면 어떤 근거가 필요할지 토의해보자.

3) 파스퇴르의 실험에서 대조군과 실험군, 조작 변인과 통제 변인은 어떻게 설정되었는지 정리해보자.

실험군	대조군	변인 설정	
		조작 변인	통제 변인

4) 실험을 통해 파스퇴르가 반박하고자 하는 내용은 무엇인지 정리해보자.

[생각다지기]

1. 두 삼각 플라스크 속 우유에는 각각 어떤 변화가 있는가?

2. 실험 결과로부터 어떤 결론을 도출할 수 있는가?

3. 파스퇴르의 탐구 과정을 연역적 탐구 방법의 과정에 따라 정리하시오.

문제 인식	가설 설정	탐구 설계 및 수행	결과 분석	결론 도출

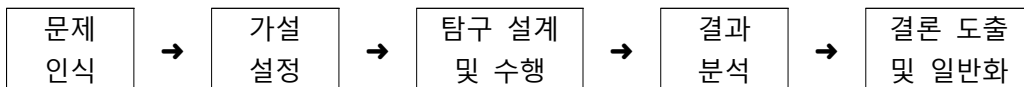
3 교사 참고자료

1. 귀납적 탐구 방법 vs 연역적 탐구 방법

- 귀납적 탐구 방법: 많은 사례를 관찰하고 그 속에서 규칙성을 찾는 탐구 방법



- 연역적 탐구 방법: 발견한 의문을 설명할 수 있는 잠정적인 답(가설)을 정한 다음, 그 답이 옳은지 틀린지를 검증하는 탐구 방법



- 변인: 실험 결과에 영향을 주는 요인
 - ▶ 조작 변인: 가설을 확인하기 위해 변화시키는 요인
 - ▶ 통제 변인: 조작 변인 이외에 일정하게 유지해야 하는 요인

※ 파스퇴르의 탐구과정을 연역적 탐구 방법의 과정에 따라 정리

문제 인식	가설 설정	탐구 설계 및 수행	결과 분석	결론 도출
공기 중에는 눈에 보이지 않는 미생물들이 있고, 공기를 통해 퍼져 나간다.	미생물은 저절로 생겨나는 것이 아니라 기존의 미생물이 증식하여 늘어나는 것이다.	S자(백조 목) 플라스크에 우유를 넣고 충분히 끓인 후, 하나는 그대로 두고 하나는 입구를 분리하여 보관하여 변화를 관찰한다.	S자 플라스크에 보관한 우유는 부패하지 않고 입구를 연 플라스크 속 우유만 부패가 관측된다.	미생물은 저절로 발생하지 않고 기존 미생물이 퍼지고 증식하여 생김.

2. 라즈베리파이와 카메라 모듈을 이용한 Time-lapse 촬영 명령어

- 타임랩스

사진 찍는 총 시간(ms) or delay: -t

사진 찍는 주기(ms): -tl

파일명에 순차적 번호 넣기: %04d

예) raspistill -t 345,600,000 -tl 3600000 -o image%04d.jpg

→ 매 1시간 간격으로 촬영 : $3,600,000(\text{ms}) = 3600\text{s/h} \times 1000\text{ms/s}$

→ 4일간 촬영 : $345,600,000(\text{ms}) = 4\text{일} \times 24\text{h/일} \times 3600\text{s/h} \times 1000\text{ms/s}$

3. 파스퇴르 실험 타임랩스 이미지(4일 동안 1시간 간격으로 촬영)

- 조건 : 22°C~25°C

3일차 (*대조군(입구 열린 플라스크)에서 표면 변화가 눈으로 관측된 시점부터)



67시간



68시간



69시간



70시간



71시간



72시간

4일차



73시간



74시간



75시간



76시간



77시간



78시간



79시간



80시간



81시간



82시간



83시간



84시간



85시간



86시간



87시간



88시간



89시간



90시간



91시간



92시간



93시간



94시간



95시간



96시간



촬영 시작 94시간 후

→ 실리콘 관을 연결한 플라스크 속 우유는 큰 변화가 보이지 않으나, 입구를 개봉하여 보관한 플라스크 속 우유(대조군)는 부패가 진행되어 부유물이 사진으로 확인됨.

→ 미생물이 저절로 발생하지 않고 기존 미생물이 퍼지고 증식하여 생긴다는 생물 속생 설을 확인할 수 있음.

Theme 4

빨라서 보이지 않던 것

1 수업 개요

교과명	과학탐구실험	관련단원	(1) 역사 속의 과학 탐구
학습주제	자유 낙하와 수평으로 던진 물체의 운동 분석하기		
교육과정 성취기준	[10과탐01-01] 과학사에서 패러다임의 전환을 가져온 결정적 실험을 따라해 보고, 과학의 발전 과정에 대해 설명할 수 있다.		
학습 요소	패러다임의 전환을 가져온 결정적 실험(자유낙하와 수평으로 던진 물체의 운동) 동영상을 이용한 운동 분석		

수업의 주안점

실험 활동을 통해 실험수행과 촬영, 실험결과 정리를 분담하고 협동하는 모듈별 프로젝트 학습을 통해 협업을 강조하고 이를 통해 올바른 과학적 태도와 최첨단 과학기술을 체험할 수 있다.

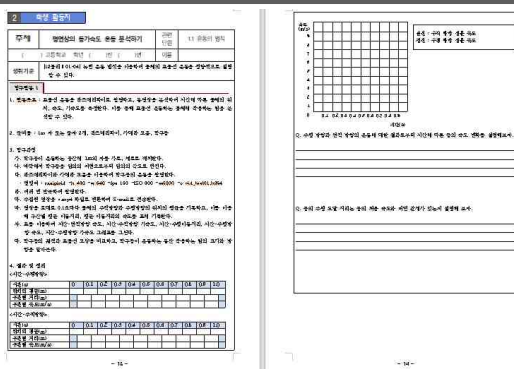
과정 설명 및 활용 방안



라즈베리파이와 카메라 설치(1)



라즈베리파이와 카메라 설치(2)



학습지



라즈베리파이 카메라 모듈을 이용한
촬영 잔상 처리 화면

(1) 활동 목표를 제시한다.

- 포물선 운동을 라즈베리파이로 촬영하고, 동영상을 분석하여 시간에 따른 물체의 위치, 속도, 가속도를 측정한다. 이를 통해 포물선 운동하는 물체에 작용하는 힘을 분석할 수 있다.

- (2) 포물선 운동을 동영상으로 촬영하고, 동영상을 컴퓨터 동영상 재생 프로그램을 통해 관찰한다.
- (3) 물체의 운동을 표에 기록하고 시간에 따른 공의 속도 변화를 그래프로 나타낸다.
- (4) 수평방향과 연직 방향으로 시간에 따른 공의 속도 변화를 설명한다.
- (5) 공의 수평 도달거리는 공의 처음 속도와 어떤 관계가 있는지 설명한다.



라즈베리파이 카메라 설명



실험 과정 설명



프로젝트 학습 활동



수업 ppt

수업의 TIP

1. 실험 수행 중 라즈베리파이 카메라 촬영 외에는 교사의 지도를 최소화하고 학생들이 스스로 생각을 표현할 수 있도록 자신감을 심어주는 것이 중요하다.
2. 모듈별 과제를 수행 해야하므로 조를 다양한 방법으로 구성하는 것이 좋다.
3. 라즈베리파이의 명령어 및 영상을 분석하는 방법은 학생들에게 과한 학습일 수 있으므로, 교사의 개입을 통해 촬영할 수 있도록 한다.
4. fps의 개념을 함께 학습하여 공의 가속도를 구할 때, 0.1초 사이의 시간이 실제로 얼마나 시간이 흐른 것인지 계산에 대한 설명이 필요하다.
 - 활동지에 기록한 명령어는 실제 시간의 $\frac{1}{6}$ 이다.

2 학생 활동지

주제	평면상의 등가속도 운동 분석하기	관련 단원	1.1 운동의 법칙
() 고등학교	학년 ()반 ()번	이름	
성취기준	<ul style="list-style-type: none"> 자유 낙하 운동과 수평 방향으로 던진 물체의 운동을 비교할 수 있다. 		

탐구활동 1

1. 활동목표 : 포물선 운동을 라즈베리파이로 촬영하고, 동영상 분석하여 시간에 따른 물체의 위치, 속도, 가속도를 측정한다. 이를 통해 포물선 운동하는 물체에 작용하는 힘을 분석할 수 있다.
2. 준비물 : 1m 자 또는 줄자 2개, 라즈베리파이, 카메라 모듈, 탁구공
3. 탐구과정
 - 가. 탁구공이 운동하는 공간에 1m의 자를 가로, 세로로 배치한다.
 - 나. 바닥에서 탁구공을 임의의 지면으로부터 임의의 각도로 던진다.
 - 다. 라즈베리파이와 카메라 모듈을 이용하여 탁구공의 운동을 촬영한다.
 - 명령어 : `rasipivid -h 480 -w 640 -fps 150 -ISO 800 -ss5000 -o vid_test01.h264`
 - 라. 여러 번 반복하여 촬영한다.
 - 마. 수집된 영상을 *.mp4 파일로 변환하여 E-mail로 전송한다.
 - 바. 영상을 토대로 0.1초마다 물체의 수직방향과 수평방향의 위치의 평균을 기록하고, 이를 이용해 구간별 평균 이동거리, 평균 이동거리의 속도를 표에 기록한다.
 - 사. 표를 이용하여 시간-연직방향 속도, 시간-수직방향 가속도, 시간-수평이동거리, 시간-수평방향 속도, 시간-수평방향 가속도 그래프를 그린다.
 - 마. 탁구공의 궤적과 포물선 모양을 비교하고, 탁구공이 운동하는 동안 작용하는 힘의 크기와 방향을 알아본다.

4. 결과 및 정리

<시간-수평방향>

시간(s)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
위치의 평균(m)											
구간별 거리(m)											
구간별 속도(m/s)											

<시간-수직방향>

시간(s)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
위치의 평균(m)											
구간별 거리(m)											
구간별 속도(m/s)											

속도
(m/s)

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9

시간(s)

실선 : 수직 방향 성분 속도

점선 : 수평 방향 성분 속도

Q. 수평 방향과 연직 방향의 운동에 대한 결과로부터 시간에 따른 공의 속도 변화를 설명해보자.

Q. 공의 수평 도달 거리는 공의 처음 속도와 어떤 관계가 있는지 설명해 보자.

1. 슬로우 모션 촬영의 이해

슬로 모션(slow motion)은 영상의 효과로, 실제보다 느린 속도로 재생하는 것을 말한다. 영화는 초당 24 프레임, 텔레비전은 30 프레임이지만, 보통의 속도로 촬영 한 것을 천천히 재생하면 움직임이 직선화되고 결점이 있다. 따라서 나중에 슬로 모션으로 재생할 것 이라면, 고속 촬영을 하고 초당 평소보다 많은 매수를 촬영하는 것이 일반적이다. (출처 : 위키 백과)

즉, 슬로우 모션 영상을 촬영하기 위해서는 초당 촬영하는 프레임 수(fps)를 25 이상으로 늘리고, 25fps로 재생시키면, 그 배율만큼 느린 영상이 재생되는 것이다.

예)

-fps : 50
재생속도 : 25fps ⇒ 2배 느린 영상

2. 동영상 촬영 방법

가. 카메라 모듈을 찍고자 하는 방향으로 향하게 한 후, 명령어를 입력한다.

1) 동영상 촬영 명령어 : `rasipivid -h 480 -w 640 -fps 150 -ISO 800 -ss5000 -o vid_test01.h264`

2) 각 명령어 의미

- ① -h : 동영상 높이 픽셀 수
- ② -w : 동영상 너비 픽셀 수
- ③ -fps : 초당 프레임 수
- ④ -ISO : 감도
- ⑤ -ss : 셔터속도
- ⑥ -o : 저장 파일 이름

3. mp4 파일 변환

라즈베리파이를 이용하여 촬영한 영상을 컴퓨터로 재생하기 위해서는 파일 변환작업을 거쳐야 한다. 라즈베리파이에서 촬영한 영상 *.h264 파일로 저장되고, 이를 컴퓨터로 재생하기 위해서는, *.mp4 파일로 변환작업을 거쳐야 한다.

가. MP4Box 소프트웨어 설치

- 명령어 : `sudo apt install -y gpac`

나. 파일 변환

- 명령어 : `MP4Box -add 00000.h264 video.mp4`

2. 개발된 교수학습 자료의 적용 및 검증

가. 수업 적용 과정 및 결과

구분	적용 주제	적용 대상	적용내용	적용 결과
테마1	가시광선으로 볼 수 없었던 것	제일고등학교/고2	식물의 식생지수, 적외선 영역 촬영	■ 건강한 식생에서는 녹색과 근적외선 영역대에서 높은 반사도를 보이므로 육안으로 볼 수 있는 녹색과 NoIR카메라를 통해 감지할 수 있는 근적외선 영역의 차이가 있음을 이해함
테마2	카메라로 측정하면 더 편리하고 정확한 것	신명여자고등학교/동아리	진자의 운동과 주기 : RPi 카메라를 이용한 고속 촬영	■ 영상 촬영과 분석을 통해 단진자의 주기를 쉽고 정확하게 계산하는 방법을 이해함.
테마3	긴 시간이 걸려서 볼 수 없었던 것	인천과학예술영재학교/동아리	파스퇴르 실험 : RPi 카메라를 이용한 타임랩스 촬영	■ 긴 시간동안 일어나는 자연 현상을 타임랩스를 이용하여 촬영하면 과정에 대한 관찰이 가능하다는 것을 이해함.
테마4	빨라서 보이지 않던 것	가좌고등학교/영재학급	자유 낙하와 수평으로 던진 물체의 운동 분석 : RPi 카메라를 이용한 고속 촬영	■ 매우 빠른 시간에 일어나는 현상을 관찰하기 위해 고속 촬영을 활용할 수 있음을 이해함.

나. 만족도 및 효과성

내용		수업전(%)	수업후(%)	분석 결과
과학 및 융합 정보 소양	카메라를 활용하여 효과적으로 관측할 수 있는 자연 현상을 설정할 수 있는가?	20	64	■ 라즈베리파이의 초기 환경 설정이 어려움. ■ RPi 카메라를 이용한 타임랩스와 고속영상을 얻는 방법을 이해함. ■ RPi 카메라를 이용하면 맨눈으로 관측하기 힘든 자연현상을 쉽게 관측할 수 있음을 이해함. → RPi 카메라를 사용한 경험이 있는 학생은 없고 초기 환경 설정 방법에 대해 어려워하는 학생들이 많았으나 수업을 통해 비교적 쉽게 접근 가능함을 이해하고, 활용 방법을 익히게 됨.
	RPi 카메라로 고속 영상을 촬영을 할 수 있는가?	0	51	
	RPi 카메라로 타임랩스 영상을 촬영을 할 수 있는가?	0	51	
과학적 태도와 흥미도 변화	카메라를 이용한 과학 수업에 흥미가 있는가?	27	74	■ 긴 시간 동안 일어나는 자연 현상이라도 타임랩스를 이용하면 자세히 관찰할 수 있다는 것에 흥미를 느낌. ■ 천체의 운동이나 생명 현상, 음식의 조리 과정 등을 관찰하는데 유용할 것으로 기대함. → 카메라와 라즈베리파이를 활용한
	과학 탐구 수업에 주도적으로 참여하는가?	19	53	
	RPi 카메라를 이용해	30	67	

	여러 가지 자연 현상을 관찰하고 싶은 생각이 있는가?			과학 수업에 참여함으로써 과학 탐 구 수업에 긍정적인 마인드가 형성 됨.
라즈베리파이 카메라를 활용한 수업 만족도	과학 수업의 관찰, 측정에서 RPi 카메라를 이용하는 것이 긍정적인가?	20	79	<p>■카메라로 간단하게 현상을 촬영하 여 결과를 볼 수 있어서 편리함.</p> <p>■다른 매체를 통해서나 볼 수 있었 던 것을 직접 촬영할 수 있어서 신 기한 경험이 됨.</p> <p>→ RPi 카메라를 과학 수업에서 효 과적으로 이용할 수 있으므로 긍정 적으로 활용할 수 있다는 가능성을 확인함.</p>

3. 개발된 교구의 성과 확산 및 자료 공유

가. 자료집 제작

1) 자료 구성 : 라즈베리파이 기초, 라즈베리파이 카메라 모듈 사용방법, 테마별 탐
구 주제 자료, 수업 적용 방법 및 사례

2) 자료 보급 방법

나. 워크숍을 통한 연구 성과 확산 및 공유 : 자료집 배부 및 활용 연수

- 일시(예정) : 2020. 11. 19.(목) 19시

- 장소 : 인천과학예술영재학교

V. 결론 및 제언

1. 결론

가. 라즈베리파이와 카메라 모듈을 활용하면 가시광선으로 볼 수 없는 현상, 너무 빠르
게 일어나는 현상, 긴 시간이 걸려서 관측에 어려움이 있는 현상 등을 관측하는 데
좀 더 쉽고 편리하게 활용할 수 있다.

나. DSLR 카메라, 스마트폰의 카메라 등 다양한 영상 촬영 장비들이 있지만, DSLR의
경우 학생들이 실험 수업에서 활용하기에는 고가이고 스마트폰의 경우 카메라의 기
능의 한계 또는 장시간 관측을 위해 사용하는 데에는 한계가 있다. 반면 라즈베리파
이와 카메라 모듈은 비교적 저렴한 비용으로 장소와 시간에 구애를 받지 않고 자연
현상을 관찰하는데 효과적으로 활용될 수 있음을 확인하였다.

다. 고속 촬영, 타임랩스 촬영, 적외선 영역 촬영 등 라즈베리파이와 카메라 모듈을 활
용하여 물리 현상이나 자연 현상을 관찰하는 경험에 학생들이 흥미와 이해도가 증가
하였고, 학생들에게 자연 현상을 좀 더 심도 있게 바라볼 수 있는 계기를 마련해주
는 기회를 제공하였다.

2. 기대효과

- 가. 본 과학교사동아리 연구활동지원을 통해 개발된 라즈베리파이와 카메라 모듈을 활용한 4가지 테마의 과학교수학습자료는 학생들뿐만 아니라 과학 교사들에게도 자연 현상을 본질을 이해하고 해석하는 폭넓은 안목을 키울 수 있을 것으로 기대된다.
- 나. 라즈베리파이와 카메라 모듈은 단순한 촬영이나 관측 도구로서 역할뿐만 아니라 IoT, 메이커교육, 인공지능교육 등 소프트웨어 교육과 STEAM 교육과 연계하여 폭넓게 활용할 수 있기때문에 활용도가 매우 높은 도구로서 자리잡을 수 있을 것이다.

3. 제언

- 가. 과학교사들이 라즈베리파이와 카메라를 교과 실험이나 동아리 활동 지도에 적용하는 것은 비용적인 측면에서 충분히 매력적이나 라즈베리파이의 리눅스 운영체제와 명령어를 이해하는 데 있어서 진입장벽이 높은 편이므로 보급 확산을 위한 관심과 교사 연수가 이루어질 필요가 있다.
- 나. 라즈베리파이에서 카메라 등의 기능을 활용하기 위해서는 리눅스 명령어, 파이썬 언어 등 소프트웨어에 대한 기본적인 이해를 요구하므로 조작과 촬영이 익숙해지도록 과학수업에 적용하기 전 사전 교육과 실습이 선행될 필요가 있다.
- 다. 현재까지 라즈베리파이와 카메라 모듈을 활용하여 과학교육에 적용한 사례는 거의 찾아볼 수 없기 때문에 지속적인 관심과 저변확대가 이루어져야 하고, 좀 더 효과적 탐구가 가능한 다양한 탐구 주제를 개발하여 보급할 필요가 있다.
- 라. 안정적인 촬영을 위해 RPi 카메라의 고정을 위한 부수적인 장치가 요구되고, 고속 촬영 시 해상도가 낮기 때문에 최적 조건(카메라 고정, 조명 장치 활용)을 찾기 위한 예비 실험이 충분히 이루어져야 실제 활용에서 제대로된 성능을 발휘할 수 있다.

VI. 참고 문헌 및 참고 사이트

1. 교육부, 2015개정교육과정 과학과 교육과정, 2015
2. 최주호 외, IoT(사물인터넷을 위한 라즈베리파이 4 정석, 엔씨북, 2020
3. 서민우, 진짜 코딩하며 배우는 라즈베리파이 4, 앤씨북, 2020라즈베리파이 시작하기
<https://projects.raspberrypi.org/ko-KR/projects/raspberry-pi-getting-started>
5. Raspberry Pi Camera Module
<https://www.raspberrypi.org/documentation/raspbian/applications/camera.md>
6. Raspberry Pi NoIR camera marker tracking
<https://dreamonward.com/2019/10/16/picamera-exploration/>
7. Near-Infrared Camera
<https://publiclab.org/wiki/near-infrared-camera>
8. NDVI(식생지수) 카메라의 이해
<https://m.blog.naver.com/drone-repair/221264657504>