

# 실시간 데이터를 통해 물체의 운동 이해하기



#### 실시간 데이터를 통해 물체의 운동 이해하기

최근에 친환경, ESG(Environmental, Social, and Governance 의 약자로 지속 가능한 경영을 목한 학에 선호동을 관광적 인력 환역하다 앞해하고 있다. 실향전원로 마찬이 대를 여질이 살아 우역으로 유리는 무대에 대해 하루를 일한 영산 복혈말 애들이는 룠는 함을 하두다는 중요한 이 수업을 학료하게 보였다. 로

에 순역에 설립 투관 전에 가입도 아니라 사용하는 전환 영소에 보고 이 하는 전환 영소에 발등으로 하는 전환 영소에 발등으로 하는 한 한 등으로 하는 한 한 등으로 하는 한 등으로

# 03 Chapter

# 실시간 데이터를 통해 물체의 운동 이해하기

과목	실시간 데이터를 통해 물체의 운동 이해하기	대상 학년군	중학교 2학년 ~ 고등학교 2학년	
프로그램 명 및 주제	조정효(서울대학교)	차시(분)	총 4차시 (200분)	
활용 플랫폼 및 도구	아두이노, 트래커(Tracker), VPython, GlowScript, Google Colab, 스마트폰(블루투스 터미널 어플리케이션), 노트북			
유형	DNA 기반 블렌디드 수업 (실험 및 이론)			
성취 기준	[9과02-02] 일상생활에서 물체의 탄성을 이용하는 예를 조사하고, 그 예를 통하여 탄성력의 특징을 설명할 수 있다. [12물리 I 01-02] 뉴턴 운동 법칙을 이용하여 직선 상에서 물체의 운동을 정량적으로 예측할 수 있다.			
학습목표	<ol> <li>데이터 기반의 과학활동을 통해서 뉴턴의 운동법칙을 관찰하고 이해한다.</li> <li>아두이노 센서와 트래커를 이용해서 물체의 운동을 직접 관찰하고, 파이썬으로 데이터를 직접 분석하면서 운동법칙을 탐구할 수 있다.</li> <li>힘이라고 하는 것은 물체의 상태인 속도를 변화시키는 원인임을 이해한다.</li> <li>힘이 주어진 경우 물체의 운동을 예측할 수 있음을 이해한다.</li> </ol>			
프로그램 소개 및 기획 의도	과학은 새로운 현상을 관찰하고, 분석해서, 숨어 있는 규칙을 발견하고, 이를 보편적 이론으로 이해하는 과정이다. 하지만 교실이라는 공간의 제한과 도구의 부재로 지금까지는 관찰과 분석이라는 요소는 빠트리고, 잘 정립된 이론 위주의 과학 수업이 이루어지고 있다. 다행히 최근 지능정보기술의 획기적인 발달로 과학교육을 관찰과 분석에서 출발해볼 수 있는 가능성이 열리고 있다. 특히 물리학 교과에서는 운동을 정량적으로 분석하고 이해하는 것이 중요한 목표이나, 이를 실험으로 측정할 수 있는 기회는 제한적이었다. 트래커를 활용한 영상 분석과 아두이노를 통한 가속도의 측정은 합리적인 비용으로 비교적 정확한 운동 분석을 가능하게 해준다. 이 수업에서는 직접 얻은 물체의 운동 데이터를 바탕으로 뉴턴의 운동법칙과 용수철의 복원력에 대한 이론을 발견적으로 검증하며 학습할 수 있다.			



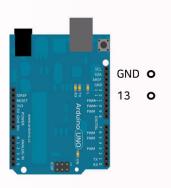
#### \_\_\_\_\_ 1. 프로그램 개요

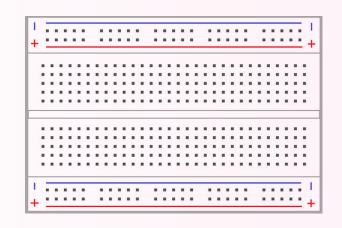
구분	수업 주제	주요 학습 활동	활용 수업 도구	
1차시	아두이노 사용법 및 회로의 기본 개념 익히기	<ul> <li>아두이노의 개념과 프로그래밍 기초 익히기</li> <li>PC와 아두이노를 연결하고 LED 점멸 프로그램 업로드 하기</li> <li>버튼의 원리를 이해하고 직렬 통신 입출력 구현 하기</li> <li>아두이노와 블루투스 센서, 가속도 센서 조립하 여 측정 모듈 만들기</li> </ul>	아두이노 노트북	
2차시	아두이노와 트래커를 활용해 물체의 운동 실시간 으로 관찰하기	<ul> <li>아두이노로와 스마트폰 혹은 PC를 원격으로 연결해 실시간으로 가속도 데이터 받아오기</li> <li>트래커 프로그램의 사용법 익히기</li> <li>용수철에 매달린 모듈의 영상과 가속도 데이터 실시간으로 수집하기</li> <li>트래커로 얻은 위치 정보와 블루투스로 얻은 가속도 정보를 엑셀로 조합하여 분석하기</li> </ul>	아두이노 트래커 노트북 엑셀 (+ 스마트폰 블루 투스 터미널 어플)	
3차시	물체의 운동 분석하기	<ul> <li>위치, 속도, 가속도의 개념 설명</li> <li>파이썬으로 위치 데이터를 분석해서 속도와 가속도 계산하기</li> <li>위치 데이터에서 얻은 가속도와 센서를 통해 얻은 가속도와 일치함의 확인하기</li> <li>용수철의 힘과 가속도가 비례함을 확인하기</li> </ul>	노트북 Google Colab	
4차시	물체의 운동 이해하기	• 힘은 물체의 가속도의 원인임을 이해하기 • VPython을 이용해서 용수철 운동 시늉내기 • 뉴턴의 법칙에 대해서 소화한 것을 자신의 말로 풀어서 정리해 보기	노트북 VPython (웹사이트 를 통해 제공, https://www. glowscript.org/)	

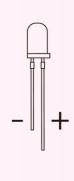
# 2. 차시별 활동지

### 1차시: 아두이노 사용법 및 회로의 기본 개념 익히기

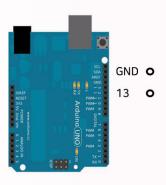
1. 아두이노의 13번 핀을 출력(OUTPUT) 핀으로 사용할 때, LED를 켜기 위해서는 브레드보드에 점퍼 선을 어떻게 연결해야 할지 그려봅시다.

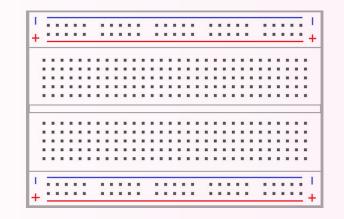


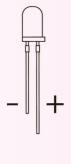




2. 아두이노의 13번 핀을 출력(OUTPUT) 핀으로 사용할 때, 버튼을 눌렀을 때만 LED가 켜질 수 있도록 하려면 점퍼 선을 어떻게 연결해야 할지 그려봅시다.

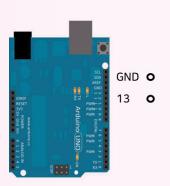


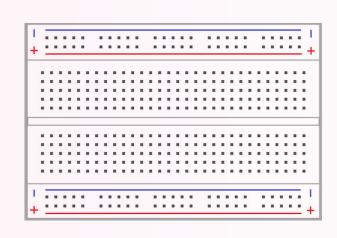


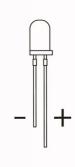




3. 아두이노의 13번 핀을 버튼용 입력(INPUT\_PULLUP) 핀으로 사용할 때, 버튼이 눌렸는지 여부를 측정하려면 점퍼 선을 어떻게 연결해야 할지 그려봅시다.







4. 아래 표의 아두이노 기본 내장함수의 역할을 완성해 봅시다.

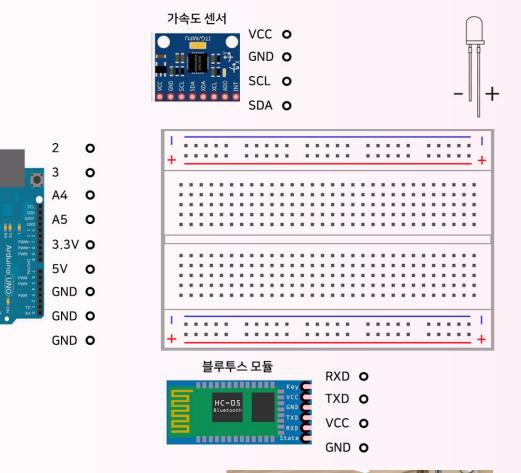
기본 내장함수	역할			
void setup() { [ 내용 ] }	아두이노가 ()할 때 1회 실행된다.			
void loop() { [내용] }	아두이노가 켜져있는 동안 ()된다.			
pinMode( [핀 번호], [모드] );	핀을 사용할 목적을 정한다. * () : 출력 용도 * INPUT : 입력 용도 * INPUT_PULLUP : 풀업 저항을 사용한 버튼 입력 용도			
delay( [시간] );	입력된 시간(단위 :)동안 정지하여 대기한다.			
digitalWrite( [핀 번호], [값] );	해당 핀으로 디지털 값을 출력한다.			
digitalRead( [핀 번호] );	해당 핀의 디지털 값을 읽는다.			

# 2. 차시별 활동지

#### 2차시: 아두이노와 트래커를 활용해 물체의 운동 실시간으로 관찰하기

1. 아두이노와 가속도 센서, 블루투스 모듈, LED를 브레드보드에 점퍼 선으로 어떻게 연결할 것인지 그려보세요.

(참고 : 핀의 배열 순서와 이름은 모델에 따라 약간 달라질 수 있습니다.)



■ 이제 사진과 같이 용수철에 아두이노를 매달고, [부록1] 의 Android 스마트폰 블루투스 연결 매뉴얼과 [부록2]의 Tracker 메뉴얼을 참고하여 진동하는 물체의 시간에 따른 위치와 가속도를 실시간으로 측정해 봅시다.

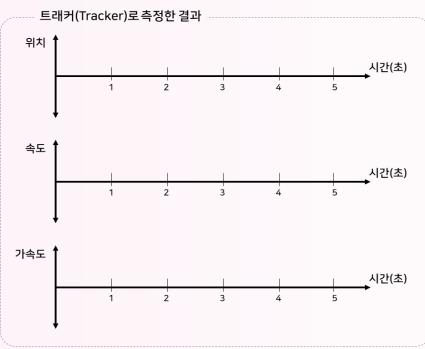




2. Tracker 데이터의 시간 간격을 바탕으로 내가 찍은 영상에서 프레임과 프레임 사이의 간격이 몇 초인지 구하고, 이를 바탕으로 내 영상이 1초에 몇 프레임을 재생하는지(fps)를 계산해 봅시다.

3. 처음 5초 구간의 운동을 관찰하고, 아두이노로 얻은 가속도와 트래커로 얻은 위치, 속도, 가속도의 그래프를 아래에 대략적으로 그려보고 어떤 관계가 있는지 생각해봅시다.

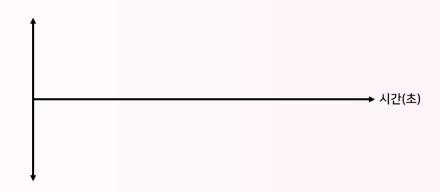




## 2. 차시별 활동지

### 3차시: 물체의 운동 분석하기

- 1. 측정된 데이터에서 n번째 시각을  $t_n$ 라 하고 n+1번째 시각을  $t_{n+1}$  라고 합시다. 또한 n번째 위치를  $y_n$ 이라 하고 n+1번째 위치를  $y_{n+1}$ 이라 할 때, n번째 속력  $v_n$ 과 n번째 가속도  $a_n$ 을 식으로 어떻게 나타낼 수 있을지 써봅시다.
  - $\bullet \ v_n =$
  - $a_n =$
- 2. 파이썬 코드를 이용해 트래커에서 얻은 위치와 아두이노에서 얻은 가속도의 그래 프를 겹쳐서 그려보고, 아래에 대략적인 형태를 나타내어 봅시다. 또한, 그래프에 주기를 표시해 봅시다.



3. 위에서 관찰한 결과를 바탕으로, 용수철 운동에서 위치 y와 가속도 a 사이에는 어떤 관계 가 있는지 서술하고, 식으로 나타내어 봅시다. (필요한 경우, 새로운 물리량을 나타내는 변수를 만들어 사용합시다.)

용수철에 물체를 가만히 매달아 두었을 때의 위치를 기준으로 변화한 위치를 y라 할 때, 가속도 a의 크기는 y의 절댓값에 ( )하며, 방향은 ( )입니다. 이를 식으로 나타내면

와 같이 쓸 수 있습니다.



#### 4차시: 물체의 운동 분석하기

1. GlowScript 사이트(https://www.glowscript.org/) 에 접속하여 아래의 코드를 입력하고 실행해 봅시다. (단, #로 시작하는 줄은 설명을 하는 주석이므로 입력하지 않아도 됩니다.)

```
GlowScript 3.1 VPython
    # code from https://www.youtube.com/watch?v=c3tX_qReGIM
   g = 9.81 # 중력가속도 9.81 m/s^2
   # 화면 객체를 생성합니다. 카메라 center 포인트를 설정한다
    scene = display( center = vector(0, -0.7, -0.5))
   # 천장의 물체를 생성합니다. 재질은 wood이고 색깔은 orange입니다.
   ceiling = box(length = 1, width = 1, height = 0.01, color = color.orange)
   # ball을 생성합니다.
# 반지름은 0.1m
# 초기 위치는 y방향으로 -0.5m입니다. (vpython에서는 y방향이 밑방향입니다)
   # 질량은 0.5kg
# 초기속도는 0입니다
    ball = sphere(radius = 0.1, color = color.green, opacity=0.8)
    ball.pos = vector(0, -0.5, 0)
    ball.m = 0.5
20 ball.v = vector(0,0,0)
   # 스프링을 생성합니다. 코일 수는 15번, radius(반지름)와 thickness(두께)를 설정합니다
# 길이는 천장에서 ball까지로 설정합니다
24 spring = helix(coils = 15, radius = 0.05, thickness = 0.01)
   spring.pos = ceiling.pos
   spring.axis = ball.pos - spring.pos
   # spring.L에는 초기 ball의 위치값이 들어갑니다. (여기서는 0.5m로 고정됩니다)
# 스프링상수는 10 N/m입니다
29
30 spring.L = abs(ball.pos.y)
   spring.k = 10.0
   # 스프링의 힘을 리턴하는 함수
   def spring_F(spring):
       return -spring.k * (spring.length - spring.L) * spring.axis.norm()
38
   # 애니메이션 코드
40
41
44 t = 0
   while True:
                         # [Hz] 만큼 루프를 지연시킵니다
47
       rate(100)
48
       F = spring_F(spring)
                             # 힘을 구해서 F 변수에 저장
49
50
       ball.a = vector(0, -g, 0) + F / ball.m # 가속도
ball.v += ball.a * dt # 속도
ball.pos += ball.v * dt # 위치
       spring.axis = ball.pos - spring.pos # 스프링이 공을 따라가게 하기 위한 코드
```

### 2. 차시별 활동지

- 2. 위의 코드에서 숫자를 약간씩 고쳐 가며, 운동이나 모양을 변형하고, 아래 질문에 답해봅시다.
  - 공을 크게 만들기 위해서는 어떤 값을 수정해야 하나요?
  - 멀리서 보도록 카메라의 위치를 조정하기 위해서는 어떤 값을 수정해야 하나요?
  - 용수철이 더 빨리 진동하게 하기 위해서는 어떤 값을 수정해야 하나요?
  - 공의 질량을 증가시키면 어떤 변화가 나타나나요?
  - 공의 초기 속도를 증가시키면 어떤 변화가 나타나나요?

3. 가상으	<u> </u>	의 움직임이 사실적	으로 보이는 이유	에 대해서 생각해 봅시

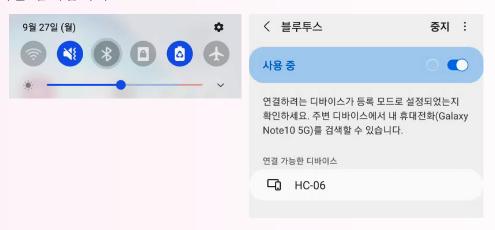
4. 오늘 수업을 통해서 소화한 뉴턴의 운동법칙을 자신의 말로 풀어서 정리해보세요.



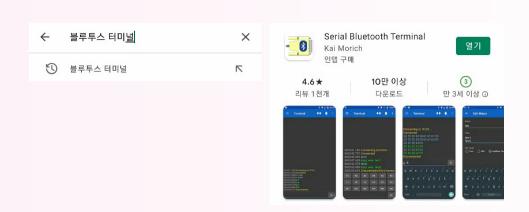
#### 부록 1

# Android 스마트폰 블루투스 연결 매뉴얼

- 1. 상단바를 내려 블루투스 아이콘을 1초간 눌러 블루투스 설정으로 진입합니다.
- 2. 가속도계에 배터리를 연결해 전원이 들어온 것을 확인한 뒤, 블루투스 옵션을 켜고 장치를 검색합니다.

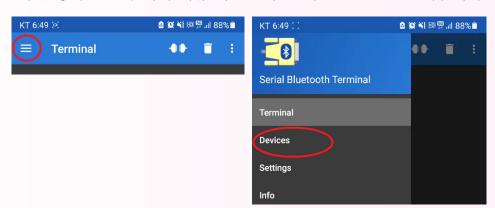


- 3. HC-06 이라는 장치가 발견되면 터치하여 등록합니다. (비밀번호는 1234)
- 4. 안드로이드 플레이 스토어에 '블루투스 터미널' 앱을 검색하면, 노란색 아이콘의 Serial Bluetooth Terminal이라는 어플이 나타납니다. 이를 설치하고 실행합니다. (첫 실행시 권한 허용하라는 메시지가 나타날 수 있는데, 모두 허용합니다.)

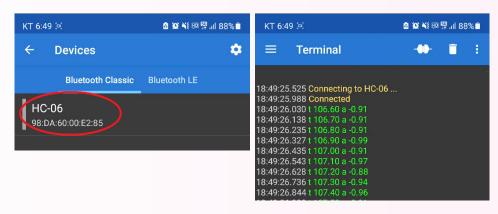


### 2. 차시별 활동지

5. 어플이 실행되면 왼쪽 위의 메뉴 버튼을 누른 뒤 Devices를 선택합니다.

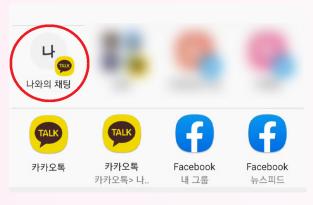


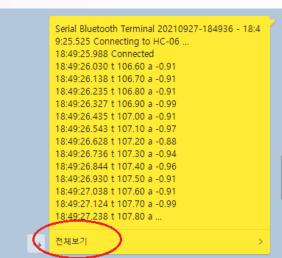
- 6. 그러면 블루투스 장치 목록이 나타나는데 HC-06 을 선택합니다.
- 7. 잠시 뒤 노란 색으로 Connecting to HC-06... 이라는 메시지가 뜨면서 자동으로 가속도계와 연결됩니다. (초록색 글씨로 t와 a 및 여러 숫자가 나타나면 성공) 이 연결은 카메라로 동영상을 찍거나, 가속도계의 초기화 버튼을 눌러도 계속 유지됩니다.



- 참고: 너무 많이 기록되었거나 혹은 가속도계를 초기화해서 측정을 새로 하려는 경우에는 우측 상단의 휴지통 버튼을 누르면 그 동안의 기록이 지워집니다.
- 8. 데이터 측정을 완료한 후, 우측 상단의 세로점 세개 : 를 누르고 Data ▶ Share를 누르면 데이터를 카카오톡으로 전송할 수 있습니다. '나와의 채팅'으로 데이터를 전송합니다.







- 9. PC 카톡으로 온 메시지의 전체보기를 누른 뒤, 메시지를 전체 선택하거나 혹은 필 요한 부분만 일부 선택하여 복사(Ctrl+C)한 뒤 메모장을 열어 붙여넣기(Ctrl+V) 하고 원하는 이름으로 저장합니다.
- 10. 저장된 데이터를 파이썬으로 읽어봅시다.
- 참고: 가속도계를 초기화 하고 처음 측정이 시작되면 ===Recording start=== 라 는 메시지가 먼저 뜨고, 그 다음 데이터가 전송되며 t (시간) 는 0부터 시작합 니다. 따라서 데이터를 가져올 때 ===Recording start=== 부터 드래그하여 복사해도 됩니다.

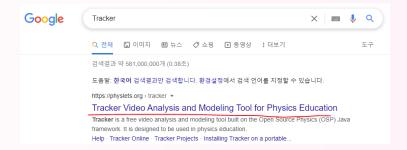
# 2. 차시별 활동지

## 부록 2

### Tracker 프로그램 설치 및 사용 매뉴얼

#### 설치하기

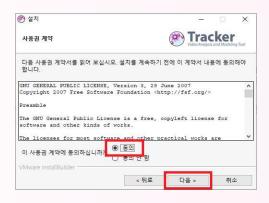
1. 구글에 Tracker를 검색하여 최상단의 사이트에 접속합니다. (혹은 주소창에 <a href="https://physlets.org/tracker/">https://physlets.org/tracker/</a> 를 입력해도 접속 가능)



2. 접속한 사이트에서 Tracker 6.0.1 installers 우측의 버튼 가운데 본인 컴퓨터 의 운영체제에 맞는 것을 선택하여 클릭하면 다운로드가 시작됩니다. (일반적으로 Windows를 누르면 됩니다.)



3. 약 1분 정도 지나면 다운로드가 완료됩니다. 다운받은 설치 프로그램을 실행하고, '다음〉' 버튼을 누른 뒤 사용권 계약에 동의하고 '다음〉' 버튼을 계속 누릅니다.





4. 설치가 완료되면 '마침' 버튼을 누릅니다. 잠시 뒤 Tracker 프로그램이 자동으로 시작됩니다.

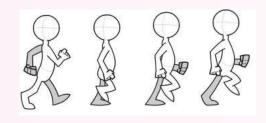
#### Tracker의 기초 조작 방법

상단 메뉴의 파일 〉 열기를 클릭하면 비디오를 불러올 수 있습니다. 스마트폰으로 촬영한 영상을 카카오톡 등을 통해 PC에 다운받은 뒤 열어봅시다.



영상을 불러오고 나면, 마우스 휠을 굴려서 영상을 확대/축소할 수 있습니다. 또한 하단의 버튼들을 사용해 영상을 재생하거나, 한 프레임씩 이동할 수 있습니다.





#### 잠깐! 프레임이란?

디지털 동영상의 물체는 매끄럽게 이동하는 것처럼 보이지만, 사실은 정지된 사진을 매우 빠르게 넘겨서 움직이는 것처럼 보이게 한 것입니다. 사람의 눈은 일반적인 환경에서 약0.05초 정도 물체의 잔상을 보게 됩니다. 즉, 사진을 0.05초보다 짧은 간격으로 넘기면 영상이 움직이는 듯한 느낌을 받습니다.

이 때 동영상의 정지된 이미지 하나하나를 프레임(frame)이

라고 부르며, 동영상에서 1초에 재생하는 이미지의 수를 초당 프레임 수 혹은 FPS라고 합니다. FPS가 높을수록 부드러운 움직임을 얻을 수 있지만, 영상의 저장용량이 커지게 됩니다. 일반적인 동영상은 24~30FPS 정도로 촬영되지만, 빠른움직임을 매끄럽게 담아야 하는 영화나 게임은 60FPS로 제작되기도 합니다.

#### 용수철의 움직임을 추적해보자!

- Tracker가 물체를 잘 인식하기 위해서는 물체의 움직임이 전부 담기면서 물체가 너무 작게 나오지 않게끔 적절한 거리에서 촬영해야 합니다. 또한 촬영하는 동안 카메라가 최대한 흔들리지 않도록 고정된 자세에서 찍어야 합니다.

### 2. 차시별 활동지

- 1. 영상을 불러오고, 분석 시작 지점을 드래그하여 가속도계가 측정을 시작하는 순간 (LED빛이 계속 켜지기 시작하는 순간)으로 놓습니다. 가속도계는 초기화 버튼을 누르면 LED빛이 10초 동안 짧게 10번 깜빡이며 대기하고, 이후 측정이 시작되면 계속 빛이 켜져 있습니다. 따라서 Tracker로 분석하는 시간과 가속도계가 측정한 시간을 일치시키기 위해서는 반드시 분석 시작 지점을 LED빛이 계속 켜지기 시작하는 순간으로 놓아야 합니다.
- 2. 상단의 버튼 중 트랙( ♣ )을 누르면 아래와 같이 트랙 컨트롤창이 나타납니다. 여기서 '새 트랙 〉 질점'을 클릭합니다.



- 3. 그러면 트랙 컨트롤 창에 질점A(◇ ≅점A) 가 나타납니다. 질점A를 클릭하면 나타 나는 아래의 메뉴에서 '자동 찾기...'를 클릭합니다.
- 4. 그러면 다음과 같이 '자동 찾기'창이 나타납니다. 여기서 '찾기' 옵션의 체크박스를 다음과 같이 설정합니다. (미리보기와 Autoskip만 체크)



5. 컨트롤+쉬프트(Ctrl+Shift)를 동시에 누르고 있으면 마우스 커서의 모양이 둥글 게 변합니다. 이 상태에서 추적하려는 점을 클릭하면 아래와 같이 빨간 동그라미로 물체가 선택되며, 주변에 점선으로 사각형이 생깁니다.

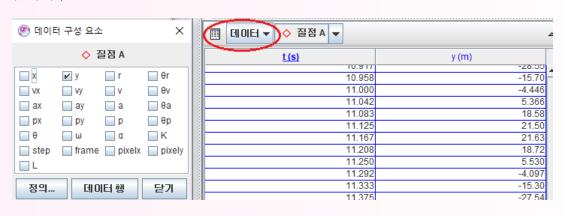




#### 잠깐! 좋은 추적점을 선택하기 위해서는?

Tracker 프로그램은 영상의 일부분만을 보고 판단하기 때문에, 물체의 운동을 잘 인식하기 위해서는 좋은 추적점을 선택해야 합니다. 모양이나 색상이 잘 변하지 않으면서, 모서리나 점 등 특징적인 모양을 포함하고 있는 점이 좋은 추적점입니다. 컨트롤+쉬프트+클릭으로 추적점을 선택하고 나면 위 그림처럼 자동찾기 창에 선택한 부분의 이미지가 '템플릿'으로 나타나게 됩니다. Tracker는 이 템플릿을 기준으로 물체를 추적하므로, 뚜렷한 특징점을 템플릿으로 선택하세요, 템플릿을 잘못 선택했을 경우 현재 프레임에서 다시 Ctrl+Shift+클릭을 하면 재선택됩니다.

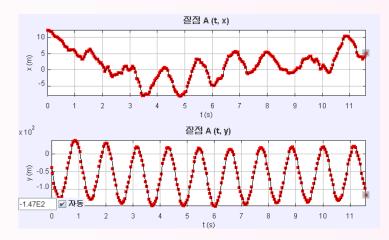
- 6. 자동 찾기 창에서 '찾기' 버튼을 누릅니다. 그러면 물체의 움직임을 따라 붉은 점이 움직이면서 우측에 그래프가 그려집니다. (만약 인식에 실패했다면, 자동 찾기 창 아래의 '삭제 〉모든 스텝'을 누르고 5번으로 돌아가 다시 해보세요.)
- 7. 오른쪽 아래의 '데이터▼' 버튼을 누르면 데이터 구성 요소 창이 나타나는데, 여기 서 'y'에만 체크를 하고 나머지는 체크를 해제합니다. (y는 세로 방향 위치를 의미 합니다.)



# 2. 차시별 활동지

#### 결과 분석하기

- 오른쪽 위의 '그래프▼' 버튼을 누르면 숫자 1, 2, 3 이 나오는데 이는 한번에 표시할 그래프의 수를 의미합니다.
- 그래프의 가로축 혹은 세로축의 항목 이름을 클릭하면 다른 항목으로 변경하여 볼 수 있습니다. 세로축을 다양한 값으로 설정하여 비교해봅시다.



데이터 창에서는 측정된 수치를 직접 볼 수 있습니다.

#### 생각해보기

Q. 데이터 창을 보고, 촬영된 프레임 사이의 시간간격을 알아봅시다. 이 동영상의 FPS를 계산하려면 어떻게 해야 할까요?



#### 데이터 내보내기

1. 상단의 파일 〉 보내기 〉 데이터를 클릭합니다.



2. 데이터 보내기 창에서 셀을 '모든 셀', 구분문자를 '공백'으로 설정합니다.



3. 다른 이름으로 저장을 누른 뒤, 파일 이름을 '원하는 파일 이름.txt' 형태로 하여 저장합니다.

파일 이름(N): 데이터.txt 파일 유형(T): 모든 파일

4. 저장된 파일을 메모장으로 열어봅시다. 또한 파이썬으로 가져와 읽어봅시다.