

Търкалящи се звуци

<Автор> Георгиос Георгулакис

<Автор> Астринос Цуцугакис



<Инфо>

<Ключови гуми> фундаментална наука, събиране на данни, кръгово движение, звукови вълни, геометрия, тригонометрия

<Дисциплини> физика, математика, компютърни науки

<Възраст на учениците> 14–17

<Хардуер> Arduino микроконтролер^[1] или подобен (с инсталирани необходими драйвъри), микрофон, мощен зумер (източник на звук), мощна настолна бормашина, материали за дървен диск

<Програмен Език> Snap4Arduino^[2]

<Ниво на програмиране> средно

<Резюме>

Този интердисциплинарен образователен сценарий съчетава физиката с компютърните науки. Може да се използва в часовете по компютърни науки или в часовете по физика и включва, наред с изчисляването на други физични величини, изчисляване на равномерно кръгово движение и изчисляване на линейната скорост на въртене по два различни начина.

Първият от тези методи открива колко често сигналът на инфрачервен сензор за разстояние е блокиран от малка метална пластина, която е прикрепена към една точка на въртящ се диск, като по този начин се измерва периодът. Вторият метод използва доплеровото изместване на източника, излъчващ звук – зумер, поставен върху въртящият се диск.

<Въведение>

Експериментално проучване на следните физични величини (период T , честота f , линейна скорост v и ъглова скорост ω) на равномерно кръгово движение на базата на знанията, които в Гърция се преподават в прогимназията (ученици на възраст: 14–17 години) и са включени в учебните програми на повечето Европейски страни. Теоретичната подготовка включва и изучаването на доплеровия ефект. Честотата, ъгловата и линейна скорост се изчисляват по добре известните формули:

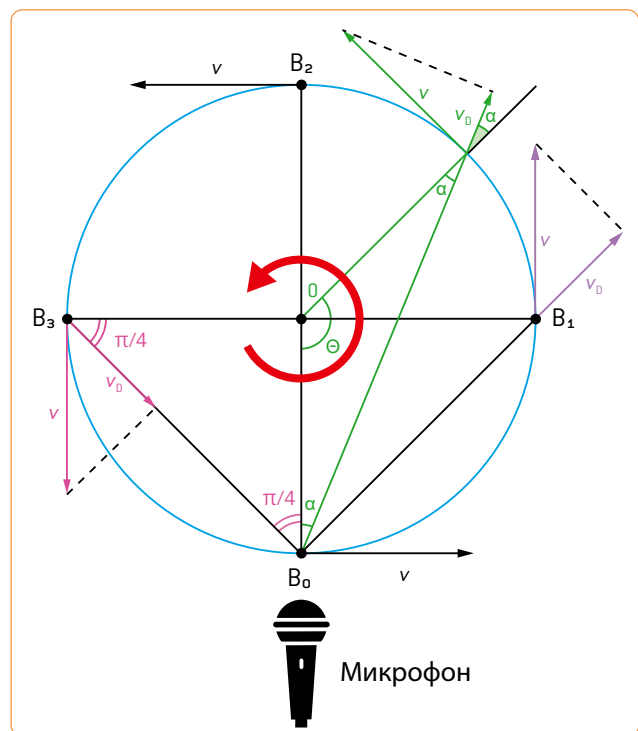
$$f = \frac{1}{T}, \omega = \frac{2\pi}{T} \text{ и } v = \frac{2\pi r}{T}$$

Периодът T в случая на експеримента се взема от вградения часовник на микропроцесора и е времето между отделните интервали, а радиусът r съответства на разстоянието между металната пластина или зумера и центъра на диска.

<Експеримент базиран на Доплеровия ефект>

Доплеровият ефект е промяната на честотата или дължината на вълната, ако източникът се движи спрямо стационарен наблюдател. Пример за това явление е промяната в тона на сирената на движеща се линейка. Когато линейката се приближава – звукът се чува по-силно, а когато се отдалечава – звукът отслабва. Възприеманият звук е постоянен само в момента, в който линейката се изравни с наблюдателя.

Използваме зумер на въртящ се диск, като източник на звуковата вълна и статичен микрофон като наблюдател в нашия опит (виж 1).



1: Схема на експеримента

Докато дискът се върти обратно на часовниковата стрелка (1), скоростната компонента на линията на хордата, свързваща точка B_0 с точката, където се намира зумерът B всеки път, се увеличава от нула до максимум в точка B_1 и впоследствие намалява до нула в точка B_2 . Тази скоростна компонента е действителната скорост на отклонение на Доплеровия ефект. От точка B_2 до B_3 компонентът на скоростта, който сега е скоростта на приближаване, се увеличава от нула до максимум в точка B_3 и след това отново намалява до нула в точката B_0 .

Изчислете линейната скорост, като приложите формулата за доплеровото отклонение за движещ се източник в точка B_3 и наблюдател в покой. Линейната скорост остава постоянно перпендикулярна на радиуса на

кръга и ъгълът $\frac{\pi}{4}$ се определя по познатите ни от геометрията свойства на правоъгълния триъгълник B_3OB_0 .

$$f = f_0 \cdot \left(\frac{v_s}{v_s - v_D} \right) \Rightarrow f = \frac{f_0 \cdot v_s}{v_s - v_D} \Rightarrow f \cdot v_s - f \cdot v_D = f_0 \cdot v_s$$

$$\Rightarrow f \cdot v_D = (f - f_0) \cdot v_s \Rightarrow v = \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) = \left(\frac{f - f_0}{f} \right) v_s$$

$$\Rightarrow v = \left(\frac{f - f_0}{f} \right) \frac{v_s}{\cos\left(\frac{\pi}{4}\right)}$$

f : измерена честота

f_0 : излъчена честота

v : скорост

v_s : скорост на звука

v_D : скорост на отдалечаване/приближаване

Тъй като прилагането на бързата трансформация на Фурие за извличане на честотното съдържание на произведения звук е много над възможностите за програмиране на учениците, безплатен софтуер за редактиране на аудио като Audacity^[3] ще осигури адекватен текстови файл с всички необходими данни.

<Допълнителни материали>

Друг метод, който използва тръбата на Пито и сензор за диференциално налягане (движещия се въздушен поток в тръба, създава налягане, което е пропорционално на скоростта на движение на тялото), умишлено е оставен извън обхвата на това упражнение, за да се опрости моделът, но цялата необходима информация

е достъпна онлайн^[4]. Онлайн материалите предлагат подробно описание на експеримента, алтернативни идеи, заедно с теоретична документация и анализ на използваните похвати стъпка по стъпка.

<Какво правят учениците/учителите>

В частта, свързана с физиката в тази учебна единица, учениците ще измерват физичните параметри на кръгово движение с различни радиуси и ще изследват доплеровия ефект. Но първо, ще трябва да проектират и сглобят основна експериментална платформа.

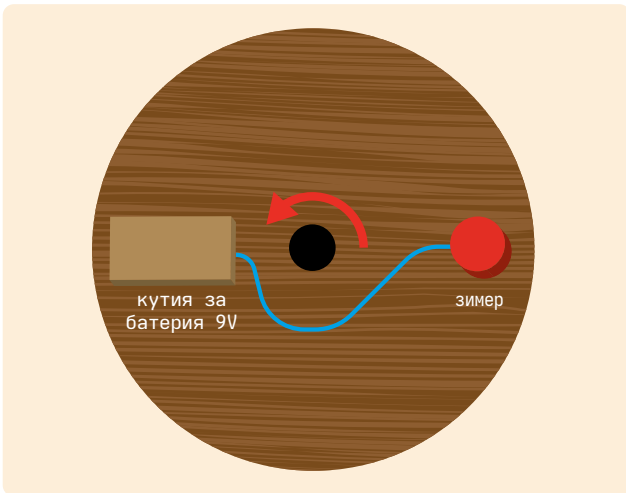
<Дървена дискова платформа>

Учениците ще изградят платформа състояща се от дървен диск, който се върти от бормашина, а върху него е прикрепен зумер, свързан с 9V батерия. В близост е разположен независим инфрачервен сензор за разстояние, който предава сигнали на микроконтролера за всеки пълен кръг, а микрофон записва звуците, които той възпроизвежда. При идеални условия Доплеровия ефект трябва да бъде доловим за слуха за определена скорост на въртене, която не бива да бъде много висока от съображения за сигурност. (📷2 и 3)

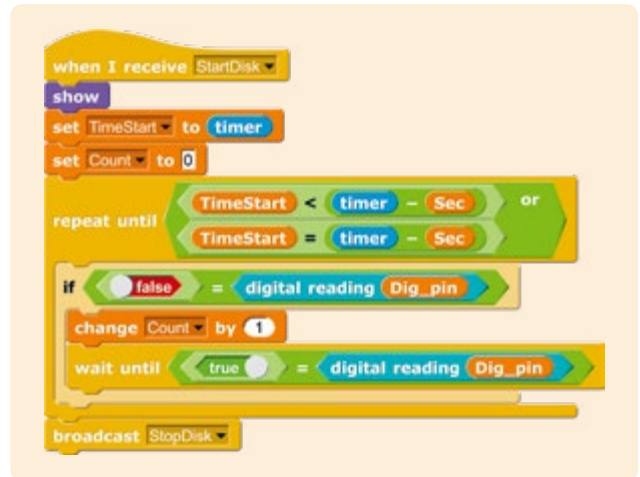
Разработено е приложение с атрактивен и удобен за учениците интерфейс, както е показано на 📷4, за въвеждане на всички необходими параметри и извличане на изчислените стойности.



📷 2: Интерфейс на експеримента



Ⓒ 3: Дискът, погледнат отгоре, с кутия за 9V батерия за захранване на зумера



Ⓒ 5: Изчисляване на ротационния период



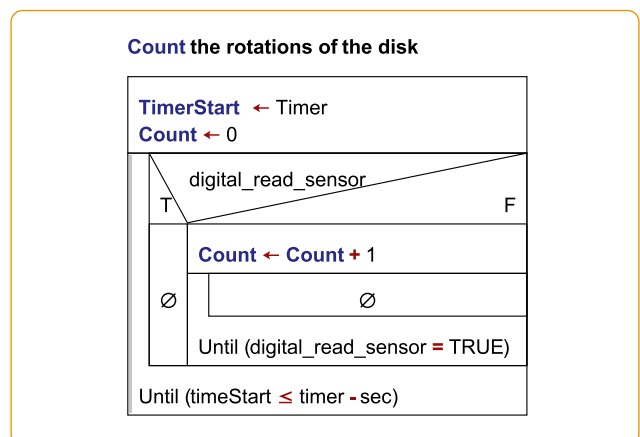
Ⓒ 4: Интерфейс на експеримента

Учениците се нуждаят от основни умения за програмиране и опит с използването на блокови езици за програмиране (като Scratch или Snap!). Ние даваме на учениците основен шаблон, за да разработят техни код. Така се гарантира, че те ще се фокусират върху целите на урока, а не върху потребителския интерфейс и външния вид на програмата.

Ето защо, ние предлагаме основния шаблон на програмата в Snap!^[5] файла project.xml и работен лист, който дава на учениците основни инструкции за шаблона на програмата и обяснение какво очакваме от тях. Като шаблона, така и задачите са достъпни онлайн.^[4]

Учениците ще проверяват и валидират получените данни, ще се свързват и комуникират с външни устройства, ще получават и обработват данни от сензорите и ще напишат прост алгоритъм за серийно търсене.

Завършената програма е достъпна за изтегляне от учителя като връзка^[4]. Ⓒ5 съдържа примерна екранна снимка на средата за програмиране Snap4Arduino^[2]. Ⓒ6 съдържа съответната диаграма на Наси – Шнайдерман.



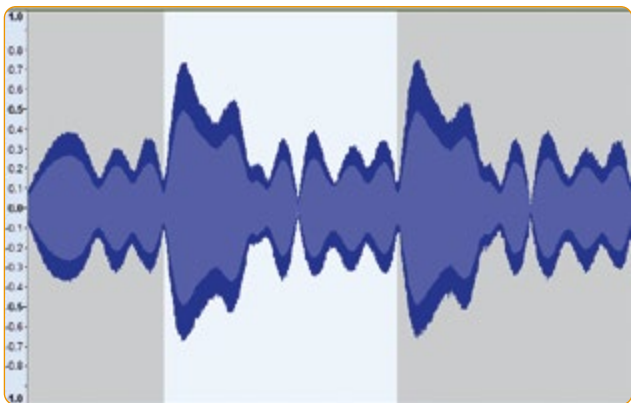
Ⓒ 6: Диаграма на Наси – Шнайгерман за периодичност (цикли)

Както вече споменахме, препоръчваме да използвате безплатен софтуер за редактиране на звук, като Audacity^[3], за да извлечете честотното съдържание на възпроизведения звук. Софтуерът осигурява адекватен текстови файл с всички необходими данни за учениците, за да се научат как да обработват звуков сигнал чрез специализиран софтуер.

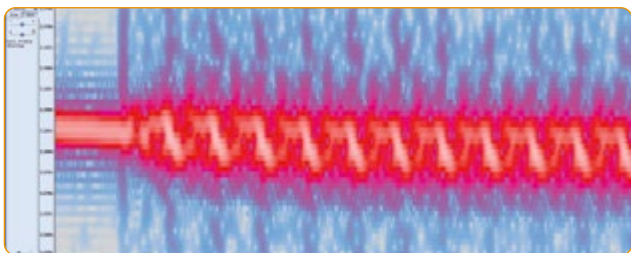
Импортирането на сигнала и основната обработка са илюстрирани на Ⓒ7–9, докато Ⓒ10 показва част от изходните данни. За да се избегне задълбочен анализ и да се даде възможност за по-добро разбиране и усвояване на материала от учениците, в този момент трябва да се направи предположение. Жълто маркираната честота, която притежава максималното ниво, е честотата на зумера в покой, измерена в точки V_0 и V_2 , докато изобразе-

ната в синьо и зелено – показват нашите честотни измествания в най-близките пикове (ⓐ10).

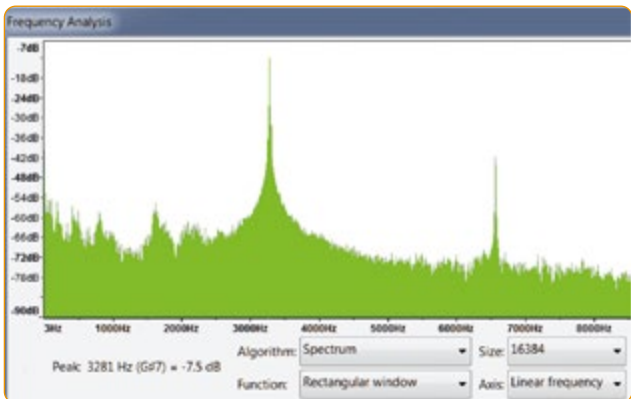
Все пак, предложената програма търси само честотата откритоена в зелено, но за по-голяма точност може лесно да се промени, за да се намерят и двете /синята и зелената/. За да ускорим нещата, разделът с данни може също така да бъде ограничен само от 50 до 100 стойности над и под честотата на максималното ниво.



ⓐ 7: Запис на звукова вълна

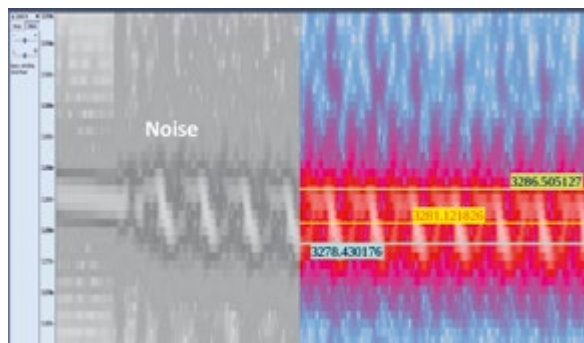


ⓐ 8: Спектрограма показваща Доплеровото отместване



ⓐ 9: Анализ на честотата от бързата трансформация на Фурие

Frequency(Hz)	Level (dB)
3273.046875	-27.597595
3275.738525	-22.331339
3278.430176	-12.437067
3281.121826	-7.5547090
3283.813477	-10.041918
3286.505127	-9.7750780
3289.196777	-16.848948
3291.888428	-26.916197



ⓐ 10: Изходни данни

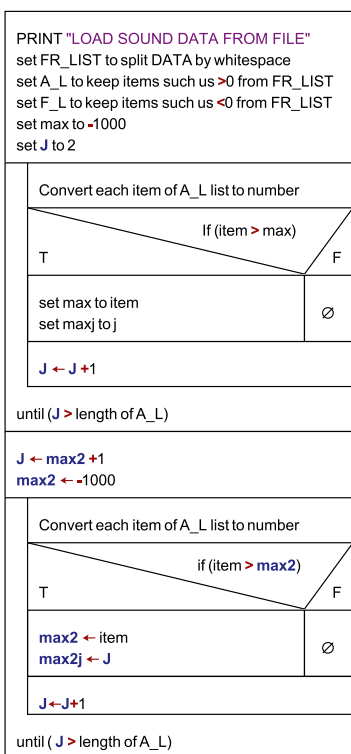
Обработката на данните от звуковия спектър е показана на ⓐ11 и 12. Подробна информация за използваните променливи е налична онлайн.^[4]

```

when I am clicked
say Don't forget to Right click string and load data for 2 secs
set FR_LIST to split String by whitespace
set F_L to keep items such that [ ] > 0 from FR_LIST
set A_L to keep items such that [ ] < 0 from FR_LIST
set max to 51000
set j to 2
repeat until j > length of A_L
set Id_num to join
item 1 of split item j of A_L by [ ]
item 2 of split item j of A_L by [ ]
if Id_num > max
set max to Id_num
set max2 to j
change j by 1
set j to (max) + 1
set max2 to -1000
repeat until j > length of A_L
set Id_num to join
item 1 of split item j of A_L by [ ]
item 2 of split item j of A_L by [ ]
if Id_num > max2
set max2 to Id_num
set max2 to j
change j by 1
    
```

ⓐ 11: Доплерово отместване – част от експеримента^[4]

Sound Data Processing



12: Диаграмата на Наси – Шнайгерман за обработка на звукови данни

<Алгоритъм за други програмни езици>

Основният шаблон дава възможност за лесно пренасяне на кода към всеки друг език за програмиране, стига да има основна библиотека за комуникация с микроконтролер. Следователно изборът на микроконтролер няма да окаже значително влияние върху проекта.

<Заклучение>

Това е ниско-бюджетен проект, който е лесен за сглобяване и експлоатация; ще бъде интересен и стимулиращ за учениците.

<Сътрудничество>

Платформата Наука на сцената е създадена за сътрудничество и обмен на идеи за преподаване и прилагане на иновативни образователни подходи. Съвместното преподаване с Илия Мествиришвили и Дейвид Шапакидзе, е чудесен пример за учителски екип от Грузия, които преодоля в голяма степен предизвикателствата на голямото разстояние и проблемите с работния график, давайки възможност да разработим нови техники на работа заедно. Въпреки липсата на опит в обучението на ученици със специални образователни потребности, е добра идея този учебен материал да се модифицира, така че да стане наистина достъпен за всички ученици.

<Препратки>

- [1] www.arduino.cc
- [2] <http://snap4arduino.rocks>
- [3] www.audacityteam.org
- [4] Допълнителни материали са налични на www.science-on-stage.de/coding-materials.
- [5] <https://snap.berkeley.edu>

↳ www.physicsclassroom.com/mmedia/circmot/ucm.cfm

↳ <https://education.pasco.com/epub/PhysicsNGSS/BookInd-904.html>

↳ <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Sound/dopp.html>

↳ http://newton.phys.uaic.ro/data/pdf/Doppler_experiment.pdf

↳ <https://manual.audacityteam.org/man/tutorials.html> (Декември 2018)

<Печат>

<Публикувано от>

Science on Stage Deutschland e. V.
Ам Борсигтурм 15
13507 Берлин, Германия

<Главен координатор>

↳ **Д-р Йорг Гуцанк**, Гимназия Лайбниц | Международно училище в Дортмунд, Дортмунд, Германия
Председател на Science on Stage Deutschland e. V.

<Координатори>

- ↳ **Себастиан Фънк**, Вила Виверсбуш, Велберт – Лангенберг, Германия, Член на съвета на Science on Stage Deutschland e. V.
- ↳ **Жан – Люк Рихтер**, Гимназия Jean-Baptiste Schwilgué, Селестат, Франция, Заместник-председател на Наука на сцената Франция
- ↳ **Бернар Шриек (ret.)**, Гимназия Marien, Верл, Германия

<Цялостна координация и редактиране>

- ↳ **Даниела Нюман**, Проектен мениджър на Science on Stage Deutschland e. V.
- ↳ **Стефани Шлунк**, Изпълнителен мениджър на Science on Stage Deutschland e. V.
- ↳ **Йохана Шулце**, Заместник изпълнителен мениджър на Science on Stage Deutschland e. V.

<Корекция и превод>

Мария Петрова, Петър Андреев, Десислава Цокова и Моника Ковачка-Димитрова

<Дизайн>

WEBERSUPIRAN.berlin

<Илюстрации>

Рупърт Таке, TricomKommunikation und Verlag GmbH

<Авторски права>

Всички аспекти на авторското право за изображенията и текстовете, използвани в тази публикации са проверени от авторите, доколкото е възможно.

<С подкрепата на>

SAP SE

<За поръчка>

www.science-on-stage.bg
office@frgi.bg

Това издание е лицензирано от Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License:
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.



Първо издание 2020

© Science on Stage Deutschland e. V.