

**Подпомогнати с компютър експерименти и
интердисциплинарно обучение****Клавдий Тютюлков**

Софийски университет, Физически факултет, 1164 София, бул. “Джеймс Баучър” 5

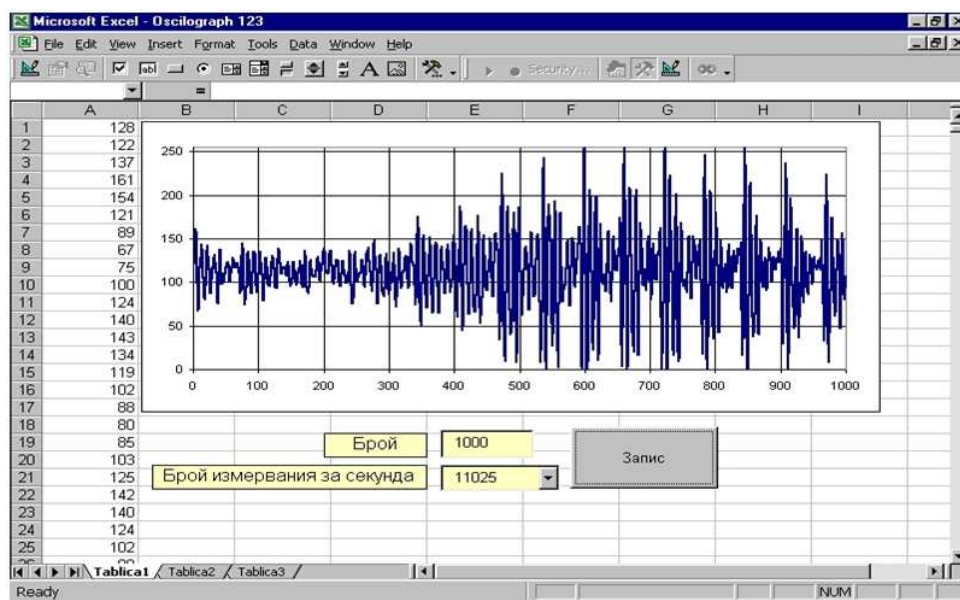
Абстракт. В статията се обсъжда приложението на широк спектър сензори в интердисциплинарни лабораторни и демонстрационни експерименти, подпомогнати с компютър. Направен е анализ на предимствата на подобни експерименти.

Увод

В настоящата дописка са описани подпомогнати с компютър експерименти с интердисциплинарна насоченост. Този тип дейности включват измервания посредством сензори, събиране на данни, тяхното изобразяване и обработка. Учебният експеримент е важна и неразделна част от обучението по всички природни науки, но в последните години за него не се отделя необходимото внимание и време. Факт е, че задължителните часове по дисциплините, свързани с природни науки, са сравнително малко, експерименталната база е остаряла и интересът на учениците до голяма степен е занижен. От друга страна компютрите, интернет комуникациите, съвременните технологии за приемане и обработка на информация отдавна се използват в българските училища. У нас сравнително отскоро, в доста ограничени мащаби, се прилагат и подпомогнати с компютър експерименти. (В последните години някои български училища бяха снабдени с подобни устройства, производство на Fourier [1]). Един от възможните начини за частично подобряване на ситуацията е свързан именно с използване на съвременните компютърни технологии и, в частност, на подпомогнатите с компютър експерименти. Последното е свързано, не на последно място, и с подготовката на учителите. Доколкото голяма част от учителската колегия не е добре запозната с такъв тип измервания, си позволявам един по-дълъг увод. Основните насоки за използване на компютри в обучението по природни науки са описвани многократно и върху тях няма да се спираме. Съгласно Boardmann, Cooper, Swage [2] експерименти, при които компютърът изпълнява ролята на измерителен уред, носят името *подпомогнати от компютър експерименти* (CAE – *Computer Assisted Experiments*). Почти не съществуват лабораторни упражнения или демонстрации (особено

за горния курс и висшето училище), за които компютърът да не може да се използва като ценен помощен уред. Той може успешно да замести голям брой скъпи уреди и да помогне за онагледяване на резултатите и за по-бърза и лесна обработка. Особено полезно е приложението му тогава, когато се налага повтаряне на даден експеримент при различни условия, при бързопроменящи се (или при много бавно променящи се) стойности на измерваните величини.

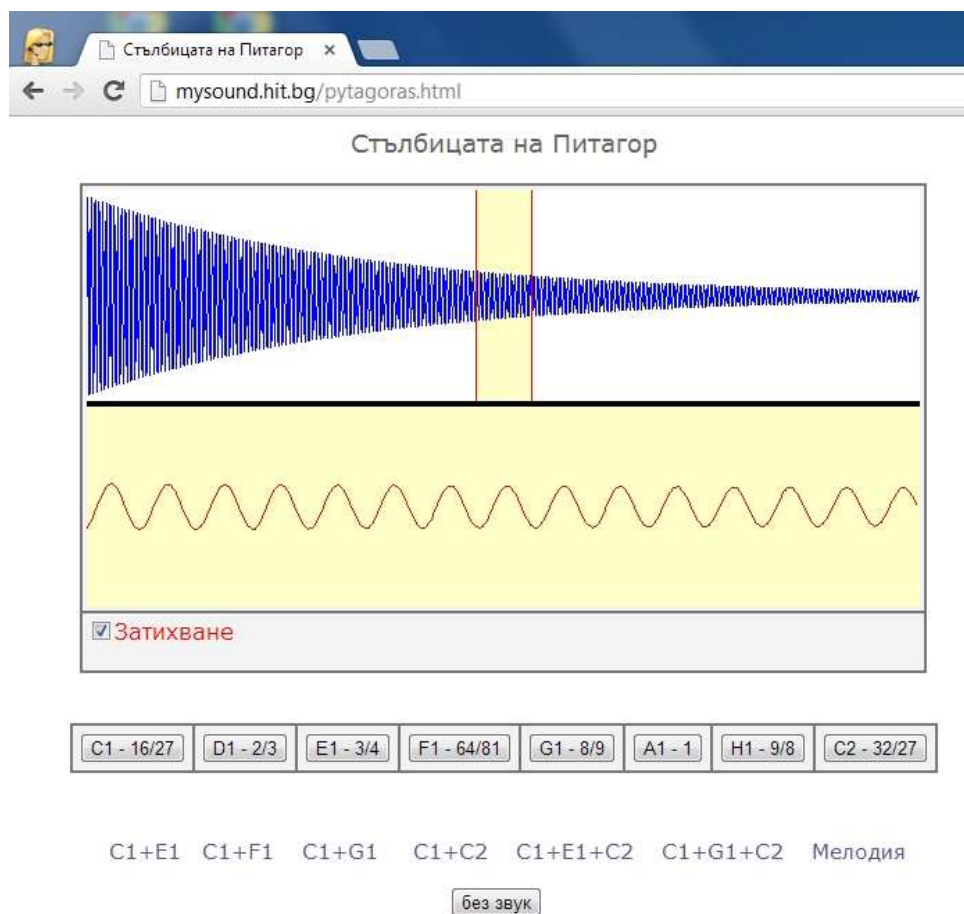
Повечето фирми-производители на оборудване за учебни лаборатории от години предлагат специализирани устройства за извършване на такива експерименти. Устройствата се продават със съпътстващ софтуер. Отделно към тях може да се закупят и серия от сензори, които разширяват сферата на приложение. Фирмените устройства и софтуер са много добро качество и с относително високи цени. Наред с това на пазара се предлагат и изделия на по-малки фирми, съответно на по-достъпни цени. Доколкото през последните години цената на специализираните интегрални схеми падна чувствително, към настоящия момент дори любители-електроници може да направят такива уреди в лабораториите си. Не бива да забравяме, че за такъв тип опити са необходими сензори, отчитащо устройство (платка с аналогови и цифрови входове/изходи или микроконтролер, свързани към компютъра) и подходящ софтуер. Постановките и програмите следва да са така направени, че да е възможно с една постановка (или с един комплект) да се провеждат различни демонстрации и лабораторни упражнения.



Фиг. 1. Запис на звук, направен с помощта на звукова карта и макро в Excel.

Експеримент с достъпни средства – анализ и синтез на звуци

В училище се изучава звук и възприемането му от човека, но липсват прости опити, които изследват ухото като приемник на звук. Прости за демонстрация опити се провеждат със звуковата карта на компютър. Те ще повишат интереса на учениците към изучаваното явление, още повече че за различните хора слуховите усещания са различни и всеки би могъл да установи някои разлики във възприемането на звуците с другите хора. С подходящи програми, звуковата карта може да се използва като осцилограф или като сигналгенератор. Предвидена за запис и възпроизводство на сигнали със звукова честота, а това налага сериозни ограничения. На Фиг. 1 е показано как звуковата карта може да се използва съвместно с Excel, което позволява по-нататъшна обработка на

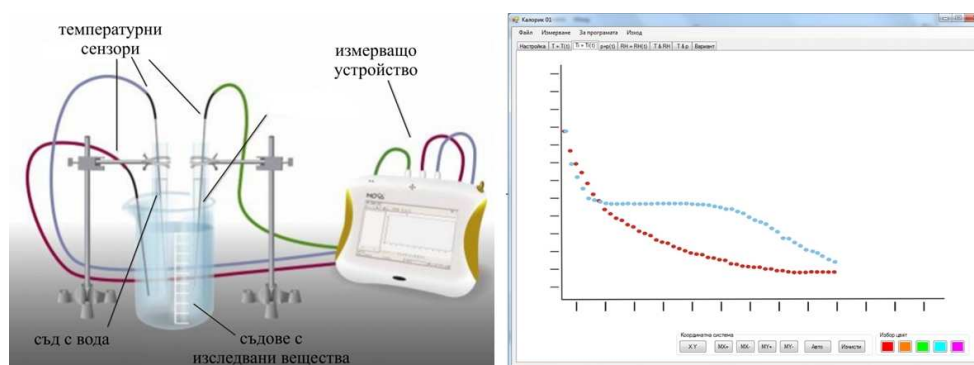


Фиг. 2. Java-аплет за генериране на звуци.

сигнала – например Фурие-анализ. Примери за опити: определяне на скоростта на звука по метода на стоящите вълни, изследване на характеристиките на звука, анализ на звуци. Друг примерен вариант (Фиг. 2) за използване на картата е Java-аплет, вложен в сайт, направен от автора [3]. С помощта на посочените средства може да се изследва чувствителността към звук с различна честота и амплитуда, да се демонстрира биене или да се симулира доплеров ефект. Съществено в случая е това, че не се изисква влагане на допълнителни средства. За по-качественото изпълнение на опити със звук, все пак е необходима аудиоуредба с добри характеристики.

Експерименти, проведени с микроконтролер и температурни сензори

За провеждане на повечето опити са необходими сензори. По-долу са посочени стандартни опити, провеждани с температурни сензори (обхват -20°C – 120°C), микроконтролер ATmega328 [4,5] и авторски програми. Същите опити може да бъдат проведени и със системата Fourier [1]. Изследва се промяната на температурата с течение на времето, като интервалът за измерване може да се променя. Това са физични зависимости, но съществуват преки връзки с химията и с биологията. На Фиг. 3. е показан резултат от опит, илюстриращ охлаждане на течност и сплав на Вуд.



Фиг. 3. Принципна постановка и изход от програма за изследване на температурни зависимости.

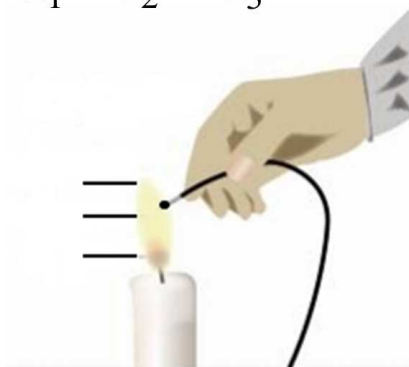
С подобни постановки може да се получат и изследват:

- криви при загряване и охлаждане на течности.
- криви при топене и втвърдяване на кристални и на аморфни вещества
- денонощен (и по-дългосрочен) ход на температурата на въздуха
- дългосрочна промяна на температурата на въздух и на почва
- промяна на температурата при екзо- и ендотермични химични реакции

- при използване на термодвойка може да бъдат измервани и по-високи температури – до 1200°C. Например може да се изследва температурата в различни части на пламък – Фиг. 4.

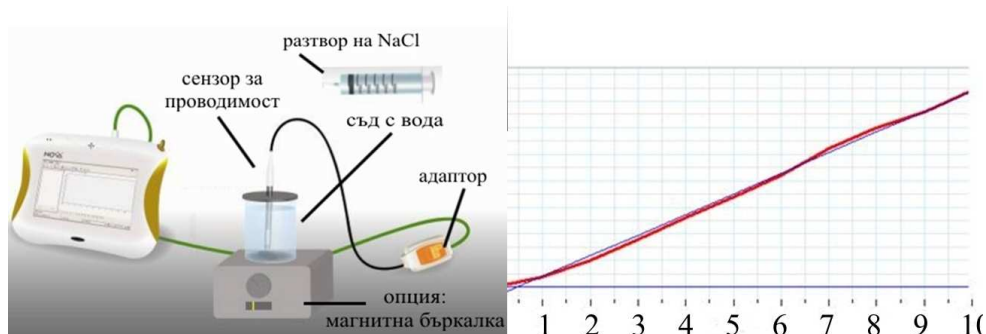
$$T_1 < T_2 < T_3$$

Фиг. 4. Изследване на температурата в различни части на пламък.



Експерименти със сензор за проводимост

Наличието на такъв сензор позволява построяване на постановка за изследване на проводимостта на различни разтвори – на Фиг. 5 е показана такава постановка и изход от програма, измерваща зависимостта на проводимостта от концентрацията на разтвор (в случая от брой капки).



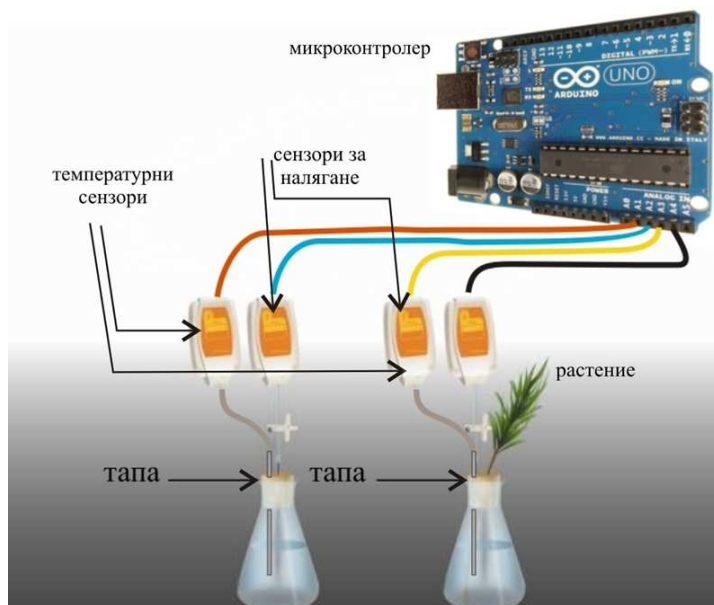
Фиг. 5. Принципна постановка и изход от програма.

В комбинация с температурен сензор може да се изследва зависимостта на проводимостта от температурата. С малки модификации в постановката – поставяне на два електрода, регулируем източник на напрежение, директен

вход към аналого-цифров преобразувател (за измерване на напрежение) и везна може да бъдат проверени законите на Фарадей за електролизата.

Експерименти с температурен сензор и сензор за налягане

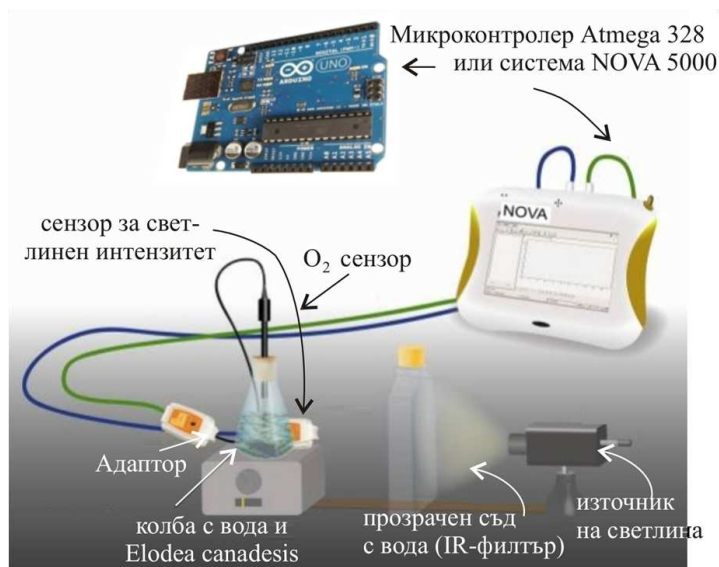
Използването на такива сензори в комбинация дава допълнителни възможности – напр. за изследване на газовите закони. На фиг. 6 е показано едно, по-скоро биологично приложение – проследява се промяната на налягането в две колби. Може да се изследват и температурни зависимости.



Фиг. 6. Растението, корените на което са потопени във втората колба, изпарява вода посредством листата си, което води до намаляване на налягането.

Експеримент със сензор за кислород

Сензори, отчитащи наличието и процентния състав на газообразни вещества, са намерили отдавна своето приложение в различни области – достатъчно е да споменем т.нар. *дрегери* или ламбда-сондите при автомобилите. В последните се използва сензор за молекулен кислород, а подобен може да използваме и за провеждане на опити, свързани с фотосинтеза. Наличието на сензор за интензитет на светлина и на температурен сензор разширяват възможностите за експериментиране. На Фиг. 7 е показана схемата на такава постановка. През отвор в тапата на колба с вода и *Elodea canadensis* (евентуално с *Lemna minor*) е поставен O_2 -сензор. Колбата се облъчва със светлина от халогенна лампа



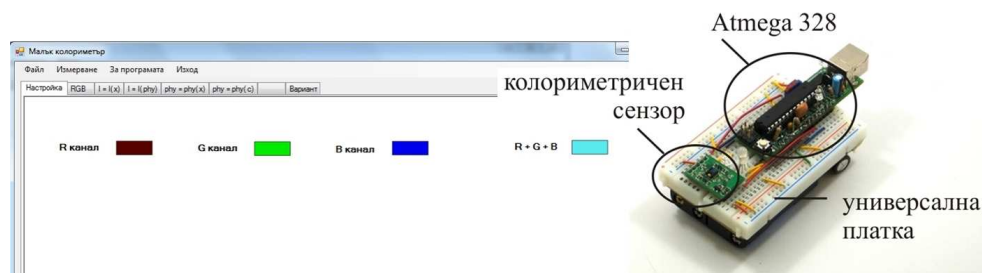
Фиг. 7. Постановка за изследване на отделения при фотосинтеза кислород.

и се наблюдава отделянето на кислород през равни интервали (напр. през 30 секунди). С апаратура, подобна на описаната, но с добавен CO₂-сензор може да се осъществят 24-часови наблюдения.

Експерименти със сензор за интензитет на светлината

Описаният опит, свързан с фотосинтеза може да бъде проведен с различен интензитет на облъчващата светлина – за тази цел е необходим сензор за светлинен интензитет. С такъв сензор може да бъдат проведени серия от опити:

- изследване на интензитета в зависимост от разстоянието между сензора и източника на светлина;
- изследване на интензитета в зависимост от ъгъла на падане на светлината;
- изследване на интегралния интензитет в зависимост от температурата на нагрятото тяло (вариант: зависимост на интензитета от големината на тока, течащ през съпротивителен проводник);
- въртене на ъгъла на поляризация в зависимост от концентрацията и дебелината на слоя на органични разтвори;
- зависимост на екстинкцията от дебелината на слоя течност и от концентрацията;
- разпределение на интензитета при дифракция на монохроматична светлина.



Фиг. 8. Колориметър с Атмега 328 и сензор ADJD-S371-QR999.

Експерименти с колориметричен сензор

Колориметричните сензори са подобни на сензорите за интензитет на светлината, но правят измервания на три канала – за червената, синята и зелената компонента. Използваният в постановката сензор [6] притежава и източник на бяла светлина – това позволява да се измерва цветът на отразена от даден обект светлина. Измерванията за преминала светлина се правят при изключен източник. С подходяща програма може да бъдат направени разнообразни измервания (подобни на описаните в предната точка), но вече на трите отделни канала. На Фиг. 8 е показан работен вариант на колориметър и изход от обслужваща програма.

Дотук бяха дадени идеи за опити, които по своя характер са интердисциплинарни. Всеки един от тях се нуждае от по-подробно обяснение и коментар, включително за точността. Част от тези опити, учебни опити от различни раздели на физиката, кодове на програмни продукти, схеми и технически характеристики на сензори може да се видят на адрес: <http://elearning-phys.uni-sofia.bg/~kait/>, в рубриката АКЕОФ – автоматизирани с компютър експерименти по физика.

Заклучение

Подпомогнатите с компютър опити не заместват класическия експеримент, но са елемент от общата експериментална култура. Такива експерименти се прилагат от години в катедра МОФ при Физическия факултет на Софийския университет. Към тях проявяват интерес студенти и посещаващи катедрата ученици. За съжаление учителите, които биха искали да използват такъв вид опити в часовете си, са малко. Причините за последното са разнообразни и излизат извън рамките на настоящето изложение. Ако разсъждаваме по оптимистичен начин, може да очакваме промяна на ситуацията. В такъв случай какви модули, сензори и какви програми да използва българският учител?

При наличие на необходимите средства това би трябвало да бъде въпрос на личен избор (отделен и немаловажен въпрос е доколко учителят е запознат с този вид техника). В много случаи скъпите системи не са за предпочитане. Друг съществен въпрос е свързан с езика, на който са написани менютата в програмата, както и упътванията за работа с нея. Особено в средното училище директното приложение на фирмен софтуер е трудно – той не е съобразен с българските учебни планове. Добре би било да се използват програми, създадени за нуждите на учебния експеримент и съобразени с ДООИ.

Литература

- [1] <http://fourieredu.com/>
- [2] Boardmann, Cooper, Swage, The place of Computers in Teaching of Physics, *Eur. J. Phys*, **10** (1989) 161.
- [3] <http://mysound.hit.bg/>
- [4] <http://www.arduino.cc/>
- [5] <http://www.robotev.com>
- [6] <http://www.sparkfun.com/products/8618?>

Computer Assisted Experiments and Cross-curricular Education

Klavdiy Tutulkov

University of Sofia, Faculty of Physics, 1164 Sofia, 5 James Bourchier Blvd

Abstract: The aim of this report is to describe some real interdisciplinary laboratory and demonstration experiments supported by computers. These activities include measurements using sensors, collecting of data and their further displaying, analyses and manipulation. The interdisciplinary approach, including computer assisted experiments, provides many benefits that develop into much needed lifelong learning skills that are essential to a student's future learning. Described are experiments in following spheres:

- heating and cooling curves of liquids, melting and freezing curves;
- longtime weather observation, comparison of soil and air temperatures in a course of a day;
- electrolysis laws;
- light phenomena;
- photosynthesis (measurement of oxygen amount and oxygen pressure);
- glycolysis (measurement of temperature increase)

Certain advantages of these experiments are also pointed out.