

## ŠKODIA NÁM MOBILNÉ TELEFÓNY? (PROJEKT „FYZIKA OČAMI FYZIKOV“)

František Kundracik

Katedra experimentálnej fyziky, FMFI UK v Bratislave

**Abstrakt:** Cieľom projektu „Fyzika očami fyzikov“, ktorý podporila Agentúra na podporu výskumu a vývoja, je formou prednášok na stredných školách priniesť žiakom netradičný pohľad na aktuálne dianie nielen vo fyzike, ale aj okolo nás. Príkladom je prednáška „Škodí nám mobilné telefóny?“, ktorej cieľom je ukázať žiakom potrebu kritického myslenia a využitia stredoškolských vedomostí pri analýze informácií prinášaných médiami.

**Kľúčové slová:** mobilný telefón, ohrievanie tkaniva, poškodenie zdravia, mikrovlnové žiarenie

### Úvod

V médiách sa pravidelne objavujú informácie o podozreniach, že používanie mobilných telefónov môže poškodiť zdravie. Najčastejšie býva používanie mobilných telefónov spájané so vznikom nádorových ochorení mozgu. Ako priama analógia sa používa porovnanie žiarenia mobilného telefónu so žiarením mikrovlnovej rúry (ohrievanie mozgu). Na Internete nechýbajú ani videá dokumentujúce uvarenie vajíčka alebo prípravu pukancov pomocou mikrovlnového žiarenia z mobilných telefónov. Cieľom prednášky je analyzovať tieto informácie z pohľadu pre stredoškolského študenta bežných vedomostí z fyziky, biológie a chémie.

### 1. Ionizujúce a neionizujúce žiarenie, elektrický prúd vyvolaný elektromagnetickým žiarením

Ako prvú informáciu v prednáške predkladáme rozdelenie elektromagnetického žiarenia na ionizujúce a neionizujúce, pričom hranicou je blízka ultrafialová oblasť. Žiarenie s vyššou frekvenciou môže vyvolať roztrhnutie chemických väzieb a vyvolať neželané chemické reakcie v bunkách vrátane poškodenia genetickej informácie. Preto sa pri opaľovaní používajú ochranné krémy blokujúce ultrafialové žiarenie. Mobilné telefóny pracujú na frekvenciách 1-3 GHz, čo je asi 1000-krát menšia frekvencia (a teda aj energia), než je potrebná na narušenie chemických väzieb. Preto priame poškodenie genetickej informácie žiarením mobilného telefónu nie je možné.

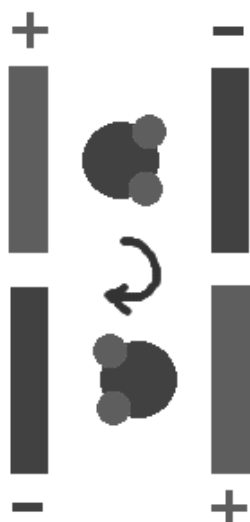
Zaujímavou otázkou je aj fyziologický účinok elektrického prúdu, ktorý je vyvolaný elektromagnetickým poľom vyžarovaným mobilným telefónom. Žiaci vedia, že prechod elektrického prúdu telom môže vyvolať poškodenie buniek, popálenie alebo aj elektrolýzu telových tekutín. Prúd s frekvenciou okolo 2 GHz je však „iný“. Žiakom jednoduchým výpočtom umožníme získať predstavu, ako takýto prúd vyzerá. K tomu treba z chémie a biológie vedieť, že ľudské telo pozostáva prevažne z vody, v ktorej sú rozpustené soli, najmä NaCl. Fyziologický roztok má koncentráciu asi 0,15 mol/l, čo predstavuje koncentráciu  $0,15 \cdot 6,023 \cdot 10^{23}$  iónov v litri, čiže asi  $10^{26}$  iónov v  $m^3$ . Keďže ióny sodíka aj chlóru sú jednomocné a elementárny náboj má hodnotu  $1,602 \cdot 10^{-9}$  C, v každom  $m^3$  ľudského tela sa nachádza pohybu schopný náboj  $1,6 \cdot 10^7$  C, čo je obrovská hodnota. Predstavme si teraz, že telom necháme pretekať veľký prúd  $1 \text{ A/mm}^2$ , čiže  $10^6 \text{ A/m}^2$ . Za jednu polperiódu 2 GHz signálu ( $10^{-9}$  s) teda každým  $m^2$  povrchu tela prejde náboj  $1,6 \text{ A/m}^2 \cdot 10^{-9} \text{ s} = 10^{-3} \text{ C/m}^2$ . O koľko sa museli posunúť ióny v tele, aby vytvorili takýto prúd? Výpočet je jednoduchý:  $(10^{-3} \text{ C/m}^2) / (1,6 \cdot 10^7 \text{ C/m}^3) = 6 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ . Ak si uvedomíme, že typická vzdialenosť medzi atómami je  $10^{-10} \text{ m}$ , Počas jednej polperiódy sa ióny sotva pohnú z miesta a potom sa už začnú pohybovať opačným smerom. Vysokofrekvenčný prúd teda pripomína skôr chvenie iónov (obr.1), než ich priamočiary pohyb. Preto takto sa pohybujúce ióny nemôžu ani poškodiť bunkové steny (neprechádzajú cez ne) a ani nemôžu spôsobiť elektrolýzu. To je dobre známe aj z pokusov s Teslovým transformátorom.



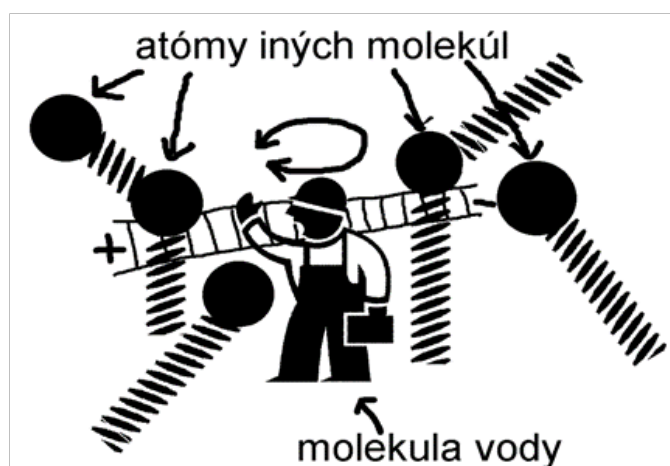
Obr. 1. Vysokofrekvenčný prúd vyvoláva iba chvenie iónov v ľudskom tele

## 2. Ohrievanie mikrovlnovým žiarením

Aký efekt žiarenia mobilu na ľudské telo vlastne zostáva? Je to ohrievanie na podobnom princípe, ako funguje mikrovlnová rúra. Molekuly vody sú totiž nesymetrické, kladne nabitý ión vodíka (obr.2) sú umiestnené na jednej strane molekuly a záporne nabitý kyslík na strane druhej. V elektrickom poli sa molekuly vody otočia tak, aby záporná strana molekuly smerovala ku kladnej elektróde a kladná strana molekuly ku zápornej elektróde. Premenné elektrické pole z mobilného telefónu spôsobuje nepretržité otáčanie molekúl vody, ktoré narážajú do okolitých molekúl (obr.3), a tým ich ohrievajú.



Obr.2. Otáčanie molekúl vplyvom premenného elektrického poľa



Obr.3. Otáčajúca sa molekula vody naráža do okolitých molekúl a tým ich ohrieva

Môžeme si teda pri telefonovaní uvariť mozog rovnako, ako sa dá uvariť jedlo v mikrovlnovej rúre? Na Internete sa totiž dajú nájsť aj ilustračné videozáznamy, kde vajíčko umiestnené v blízkosti mobilného telefónu sa po chvíľke telefonovania uvarí. V tejto časti prednášky sú žiaci adresovaní na kalorimetrickú rovnicu. GSM mobilný telefón dokáže vyžiariť najviac 2 W (inak by neprešiel schvaľovaním), z čoho iba malá časť sa dostane do mozgu, zvyšok je vyžiarený do okolia a hlavne k stanici mobilného operátora. Nech sa do vajíčka dostane z mobilného telefónu povedzme 0,8 W energie, ktorá sa premení na teplo. Potom stačí napísať kalorimetrickú rovnicu:

$$P \cdot t = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$$

kde  $m = 0,05$  kg je odhad hmotnosti vajíčka,  $c = 4180$  J/kg/K je odhad jeho mernej tepelnej kapacity (voda),  $t = 1800$  s je doba ohrievania vajíčka (pol hodiny),  $P = 0,8$  W je výkon pohltý vo vajíčku. Po dosadení dostávame, že po pol hodine je ohriatie vajíčka  $t_2 - t_1 = 6,8$  °C. Vidíme, že uvarenie vajíčka mobilným telefónom nie je možné, na zrazenie bielkovín treba zvýšiť teplotu aspoň o 40 °C. V kalorimetrickej rovnici sme navyše zanedbali straty tepla do okolia, takže rýchlosť ohrievania vajíčka bude ešte nižšia než 0,2 °C/min vychádzajúca z rovnice. Nemožnosť uvariť vajíčko mobilom sa na prednáške aj demonštruje názorným experimentom.

Žiakov potom upozorníme na tzv. SAR-index z dokumentácie mobilných telefónov, ktorý hovorí, koľko z vyžiarenej energie sa pohltí v mozgu, a býva typicky 0,2 – 2 W/kg. Napriek tomu predstava ohrievania mozgu s výkonom povedzme 2 W nie je príjemná. Preto žiakov nasmerujeme na vedomosti z biológie, odkiaľ vedia, že na nie príliš namáhavé prežitie dňa potrebujú prijať (jedlom) energiu asi 10 kJ, ktorá sa prevažne premení na teplo. Naše telo teda produkuje tepelný výkon asi 10 kJ / 24 hod = 120 W. Z toho takmer tretina (40 W) sa spotrebuje v mozgu. Ak sa niekto chytil rozsvietenou 40 W žiarovky, možno sa aj popálil. Pritom v našom mozgu takáto „žiarovka“ svieti nepretržite. Ako to, že si nepopálime mozog? Mozog je husto popretkávaný cievami, ktoré mu privádzajú živiny a energiu. Krv sa v mozgu zároveň ohrieva a ohriata odchádza z mozgu preč do celého tela, čím sa organizmus ohrieva a musí sa chladiť (napríklad potením). Pri náročnej duševnej činnosti (napríklad pri učení) výkon mozgu výrazne stúpe a krv ho musí viesť ochladiť – inak by sme si pri učení mozog uvarili. Preto pridanie tepelného výkonu okolo 1 W od mobilného telefónu nemôže spôsobiť významné ohriatie mozgu.

Úplne absurdne potom pôsobia videozáznamy z Internetu, kde sa pomocou niekoľkých mobilných telefónov pripravujú pukance. Väčšina žiakov totiž dobre vie, že v mikrovlnovej rúre s výkonom 1000 W trvá aspoň pol minúty, kým vypukne prvý pukaniec. Aj štyri mobilné telefóny majú iba malý výkon najviac 8 W, z čoho sa v pukancoch pohltí nepatrná časť (sú malé), povedzme 0,1 W. Obyčajnou trojčlenkou (zanedbáme ochladzovanie kukuričiek) dostávame, že na vypuknutie pukancu by sme museli čakať asi 100 hodín a nie zopár sekúnd, ako je na videozáznamoch. Žiaci sa potom názorne dozvedia, ako sa takéto videá vyrábajú (falšujú). Zároveň žiakom vysvetlíme, prečo sa tieto videá na Internete objavili – boli súčasťou reklamnej kampane výrobcu hands-free súprav.

### 3. Iné (netepelné) účinky mikrovlnového žiarenia?

Napriek vyššie uvedenému sú ľudia v otázke škodlivosti mobilných telefónov opatrní. Biológovia robia pokusy s rastom bunkových kultúr v prítomnosti a bez prítomnosti mikrovlnového žiarenia. Hoci väčšina pokusov je negatívna, v niektorých experimentoch boli pozorované veľmi malé zmeny napríklad v zložení bunkových tekutín. To v princípe nemusí byť ani škodlivé, veď napríklad nahrievanie tkaniva infračervenými lampami a následne vyvolané zmeny v bunkách sa už dlho

používajú na liečenie. Napriek tomu je namieste opatrnosť a v pokusoch treba pokračovať, kým sa o škodlivosti alebo neškodnosti mobilných telefónov definitívne nerozhodne. Pre žiakov je zaujímavá informácia, že pri rozhodovaní narážame na typickú ťažkosť s biologickými systémami – sú veľmi zložité a vplýva na ne veľa faktorov. Predstavme si, že chceme rozhodnúť, či používanie mobilných telefónov môže spôsobiť nárast počtu nádorových ochorení mozgu. Zdanlivo stačí, ak sa každého prijatého pacienta spýtame, koľko hodín denne telefonoval mobilným telefónom, a prípady rozdelíme do dvoch priečinkov: veľa a málo. Vznik nádorového ochorenia však môže byť vyvolaný aj znečistením životného prostredia. Preto by sme sa mali pacientov spýtať, či pochádzajú z priemyselnej, alebo vidieckej oblasti. Teda prípady budeme triediť do štyroch priečinkov obsahujúcich všetky kombinácie týchto dvoch faktorov. A čo genetická predispozícia? Mali nádorové ochorenie aj rodičia pacienta v čase, keď mobilné telefóny neexistovali? Z akej sociálnej skupiny pacient pochádza (vplyv stravovania a hygieny)? Každý z týchto faktorov počet priečinkov zdvojnásobí. Pri analyzovaní iba 10 faktorov je počet potrebných priečinkov asi 1 000. Ak máme rozhodnúť, v ktorom priečinku je prípadov významne viac, musíme v každom z nich nazbierať aspoň 100 prípadov. Musíme teda preanalyzovať údaje o státisícoch pacientov. Nádorové ochorenia mozgu sú však (našťastie) pomerne zriedkavé a prípadný vplyv mobilných telefónov natoľko malý, že musíme čakať dosť dlho, kým získame údaje od potrebného počtu pacientov. Na základe predbežných výsledkov testov bude treba na definitívne rozhodnutie čakať asi 20 - 30 rokov. Dovtedy médiá pravidelne zverejňujú výsledky dielčích (obvykle jednofaktorových) testov, ktoré sú často úplne protichodné (čo je prirodzené).

### **Záver**

Projekt „Fyzika očami fyzikov“ umožňuje vzdelávanie žiakov atraktívnym a menej bežným spôsobom. Ak sa chcete do projektu zapojiť, navštívte stránky <http://www.physics.sk>, kde nájdete podrobnejšie informácie.

### **Podakovanie**

Projekt „Fyzika očami fyzikov“ a tento príspevok podporila Agentúra pre podporu výskumu a vývoja, číslo projektu LPP-0084-09.

### **Literatúra**

KUNDRACIK, František. 2004. *Detská univerzita aj pre dospelých*. 1.vyd. Bratislava: PEREX, a.s., 2004. kap. 3. Prečo je v mikrovlnke teplo?, s.29-35. ISBN 80-967105-6-7.

ICNIRP. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, <http://www.icnirp.de/>

### **Adresa autora**

Doc. RNDr. František Kundracik, CSc.

Katedra experimentálnej fyziky

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského

Mlynská dolina F2

842 48 Bratislava

e-mail: kundracik@fmph.uniba.sk