

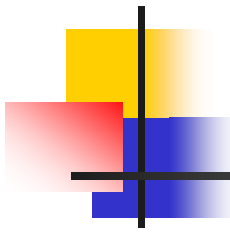
Ohrozuje nás elektromagnetický smog?

František Kundracik
Projekt „Fyzika očami fyziků“
Gymnázium Spišská Nová Ves
18.11.2009

Čo je smog?

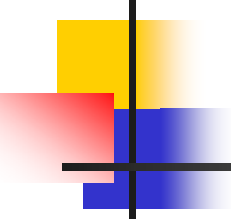
- SMOke + foG = dym + hmla
- Dr. Henry Antoine Des Voeux, 1905





Čo je smog?

- Stav ovzdušia, keď v ňom je niečo „navyše“, čo nám škodí
- Okrem CO to bývajú aj oxidy dusíka, síry a podobne
- Nie vždy je príčinou činnosť človeka, niekedy aj príroda (napríklad sopečná činnosť)
- Elektromagnetický smog = v našom životnom prostredí sú „navyše“ elektromagnetické vlny, ktoré nám škodia?



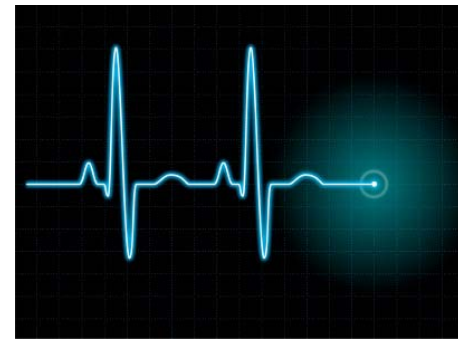
Ako na nás vplývajú elektrické a magnetické polia?

- Závisí to okrem ich intenzity aj od ich kmitočtu
 - Konštantné (statické)
 - Nízkofrekvenčné ($10^1 - 10^3$ Hz)
 - Rádiové ($10^4 - 10^8$ Hz)
 - Mikrovlnové ($10^9 - 10^{11}$ Hz)
 - Infračervené ($10^{12} - 10^{14}$ Hz)
 - Viditeľné svetlo (10^{14} Hz)
 - Ultrafialové svetlo ($10^{14} - 10^{15}$ Hz)
 - RTG, gama, ...

Nízkofrekvenčné elektrické pole



Nízko frekvenčné elektrické pole



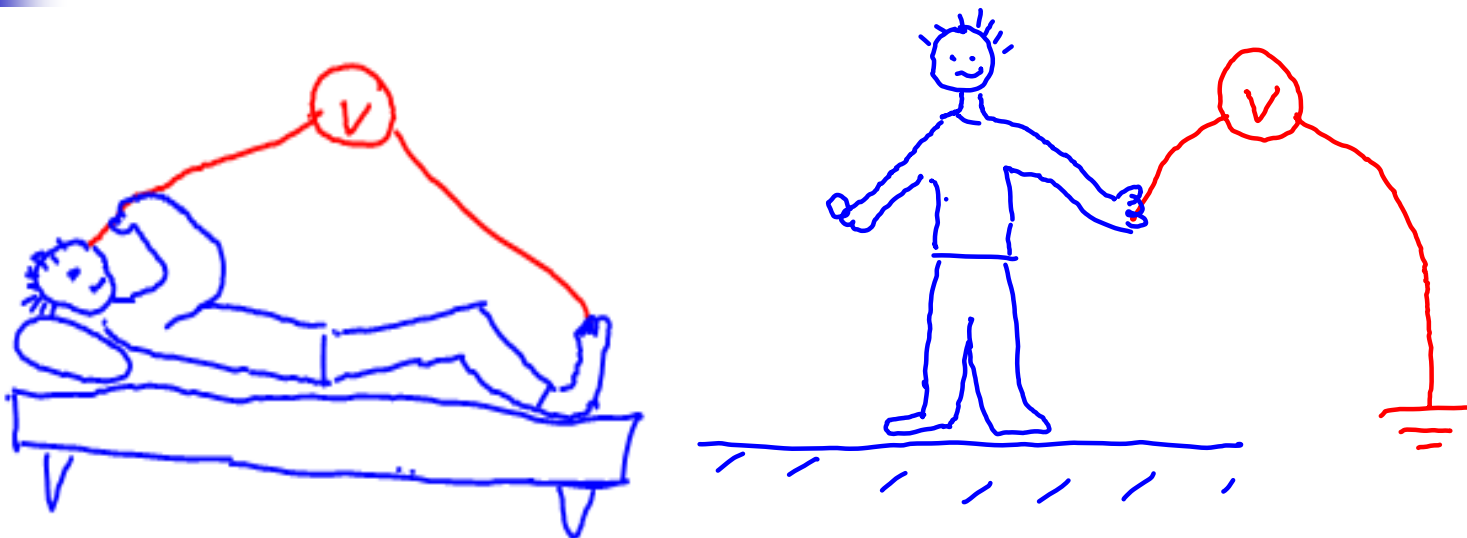
- Podobný účinok ako jednosmerné – vznik prúdov
 - Ohrev (popáleniny)
 - Elektrolýza
- **Interferencia s nervovými signálmi** (majú frekvencie jednotky až desiatky Hz) – vznik svalových kŕčov
- Bezpečný striedavý prúd: 10 mA – nedôjde k úrazu (ale „kope“ resp. „brní v prstoch“) – asi nie na dlhodobý účinok
- **Úroveň nervových signálov: – 70 až +30 mV**, vplyv môžu mať napätia aspoň v milivoltovej oblasti

Meranie nf-elektrického poľa

- Zdroj poľa – najčastejšie rozvody siete 220V/50Hz
- Citlivosť 1 mV majú bežné elektronické voltmetre a osciloskopy, musia mať veľký vstupný odpor
- Možno si aj ľahko postaviť zosilňovač na báze operačného zosilňovača
- Vstupný odpor 1-10 M Ω stačí na meranie napätia na rozmernejších (s väčšou kapacitou) telies, napríklad človeka



Meranie nf-elektrického poľa

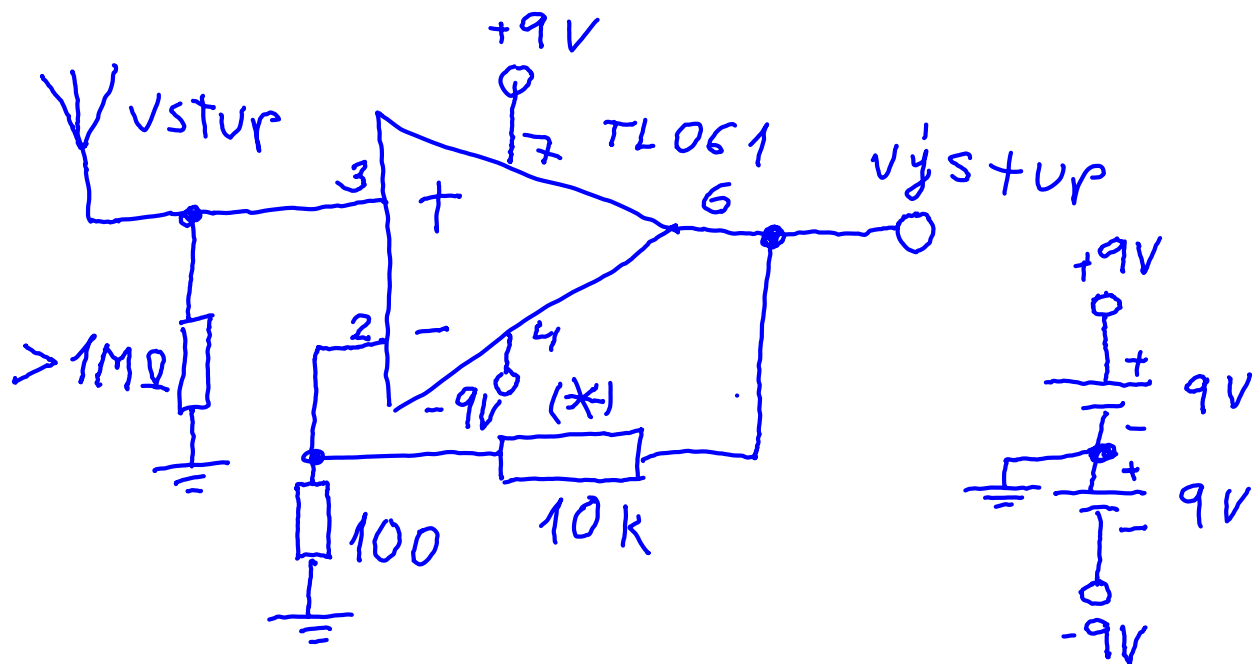


- Merať napätie medzi dvoma časťami tela
- Merať napätie tela oproti referenčnému bodu
- Namerané napätia **obvykle** neprevyšujú niekoľko mV a o ich účinku na organizmus možno pochybovať

Meranie nf-elektrického poľa



Meranie nf-elektrického poľa



- Na výstup pripojiť striedavý voltmeter alebo osciloskop
- Zosilnenie 100 – namerané napätie vydeliť číslom 100

Nízkofrekvenčné magnetické pole



- Charakter „smogu“ majú iba slabé polia produkované najmä elektrickými rozvodmi, silné sa vyskytujú iba v laboratóriách a pri niektorých diagnostických metódach
- Silový účinok na organizmus je mizivý
- Vo vodičoch (aj v človeku) však môžu indukovať elektrické napätia

Meranie nízko frekvenčného magnetického poľa

- Pomocou cievky, v ktorej sa indukuje elektrické napätie

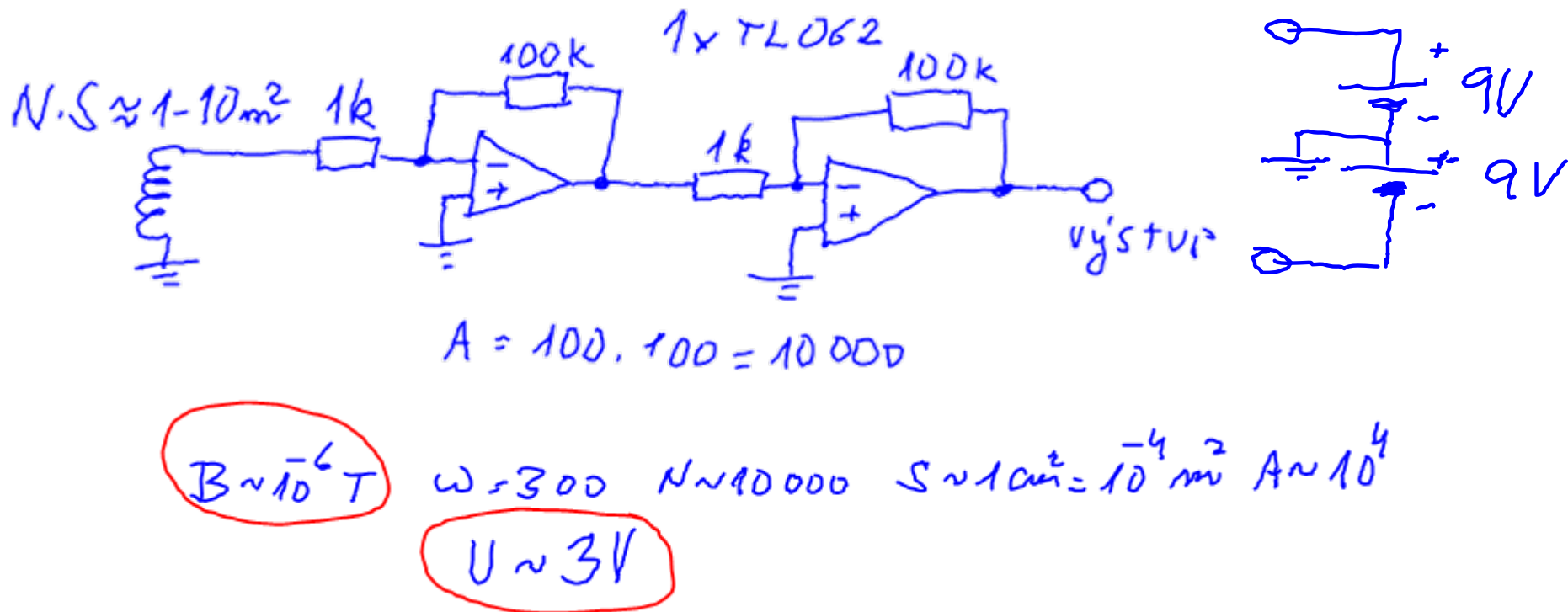
S - plocha závitov
 N - závitov

$B \cdot \sin \omega t$


$$U = \frac{d}{dt} (N \cdot S \cdot B)$$
$$U_m = \omega N S B$$

- Napätie je dosť slabé, treba veľmi zosilniť

Meranie nízko frekvenčného magnetického poľa



- Nie je problém dosiahnuť citlivosť $1 \text{ V} / 1 \mu\text{T}$

Nízkofrekvenčné magnetické pole

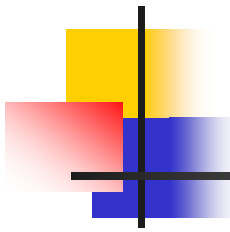
- Typická veľkosť magnetických polí 50 Hz v miestnostiach – $1 \mu\text{T}$
- Dokáže napríklad v hlave človeka naindukovať napätia aspoň 1 mV a interferovať tak s mozgovou činnosťou?



$U = \frac{d\Phi}{dt}$ $\Phi = B \cdot S$
 $B = 1 \mu\text{T} \sin \omega t$
 $\omega = 6,28 \cdot 50 \text{ Hz}$
 $U = \omega \cdot B \cdot S \cdot \cos \omega t$
 $U \approx 10^{-5} \text{ V}$ $\omega \approx 300$ $B \approx 10^{-6}$
 $S \approx \pi \cdot (0,1 \text{ m})^2 \approx 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$

Mnohé stránky o slabom nf-magnetickom poli

- Aj slabé elektromagnetické pole z rozvodov 220V/50 Hz ovplyvňuje bunkovú činnosť, najmä neurónov
- Poruchy činnosti enzýmov
- Narušenie rovnováhy Ca^{2+} v bunkových membránach vedúce k ich oslabeniu
- Následne až poškodenie génov
- Odvolávajú sa na rôzne odborné články a najmä na štúdie NASA
- Ako je to možné?



Mnohé stránky o slabom nf-magnetickom poli

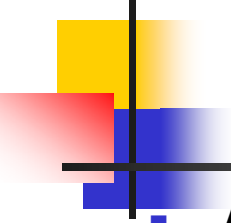
Andrew Goldsworthy, August 2007

Weak non-ionising electromagnetic radiation in the environment can be linked to more 'modern illnesses' than even the pessimists thought possible. Modern science can now begin to explain how.

Calcium loss makes cell membranes porous

The most important factor giving adverse health effects from electromagnetic exposure seems to be the electromagnetically-induced loss of calcium ions (electrically charged

Because of the high stability of DNA molecules, the only plausible mechanism for this so far is the release of DNAase and possibly other digestive through the membranes of lysosomes (organelles that digest waste) that had been perforated or ruptured by the radiation. If this is correct, there is likely to be considerable collateral damage to other cellular systems.



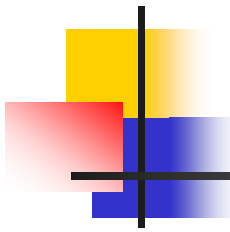
Odkiaľ pochádzajú tieto informácie

- ***Bioelectromagnetics*. 2003 Sep; 24 (6): 373-9. "The Effect of Exposure to High Flux Density Static and Pulsed Magnetic Fields on Lymphocyte Function." Aldinucci C, Garcia JB, Palmi M, Sgaragli G, Benocci A, Meini A, Pessina F, Rossi C, Bonechi C, Pessina GP. Department of Physiology, University of Siena, Italy.**

We investigated whether a combination of **static** electromagnetic field (EMF) at a flux density of **4.75 T** together with **pulsed EMF** at a flux density of **0.7 mT** generated by an **NMR apparatus** (NMRF), could promote movements of Ca^{2+} , cell proliferation,

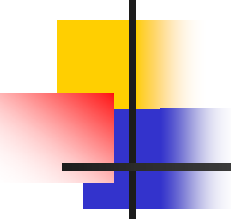
...

- **THE NASA STUDY**
"PHYSIOLOGICAL AND MOLECULAR GENETIC EFFECTS OF TIME-VARYING ELECTROMAGNETIC FIELDS ON HUMAN NEURONAL CELLS" (SEPTEMBER 2003) (NASA/TP-2003-212054)
"The **up-regulation of these genes is in no manner marginal** (1.7-8.4 logs) with gene sites for collagen production and growth the most actively stimulated."
 - "The most effective electromagnetic field for repair of trauma **was square wave with a rapid rate of change (dB/dt)** which saw cell growth increased up to 4.0 times."
 - NASA further noted that "**slowly varying (millisecond pulse, sine wave)** or non varying DC (CW lasers, magnets) had **little to no effect**."



Pulzné nízkofrekvenčné elektromagnetické pole (PEMF)

- Pole – $1 \mu\text{T}$, rýchlosť zapnutia – $0,1 \mu\text{s}$
(malá cievočka napájaná jednoduchým generátorom napríklad na báze obvodu 555)
- Dokáže napríklad v hlave človeka naindukovať napätia **aspoň 1 mV** a interferovať tak s mozgovou činnosťou?
- $U = S \cdot dB/dt = 3 \cdot 10^{-2} \text{m}^2 \cdot 10^{-6} \text{T} / 10^{-7} \text{s} =$
 300 mV



PEMF – je škodlivé?

- Vplýva na neuróny, ale je škodlivé?
- NASA – tá istá štúdia spomínaná skôr:
- “We have clearly demonstrated the bioelectric/biochemical potentiation of **nerve stimulation and restoration in humans** as a documented reality.”
- NASA’s study is the first to clarify technologies and efficacy parameters for **tissue growth and restoration**.

PEMF – bisnis



EM-PROBE Technologies

• *EMpulse “SOLO”* • *EMpulse “TRILOGY”*

Pulsed Electromagnetic Field Therapy Devices

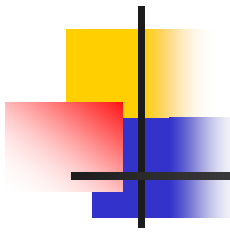
See also: [EMpulse and PEMF Abstracts](#)

HOLIDAY CLEARANCE!!! WHILE SUPPLIES LAST!!
“SOLO” OR “TRILOGY” \$329.95 ONLY 269.95! [CLICK HERE TO BUY!](#)



MEET EMPULSE. A VERY UNIQUE
“NANOSECOND” HEALING DEVICE.

EMpulse is the **only** commercially available nanosecond PEMF device. Nanosecond PEMF technology uses **extremely rapid nanosecond pulses** of electromagnetic energy (EM) to stimulate healing and regeneration, and support your body’s natural antioxidant defenses. **At 72 pulses per second, EMPulse’s pulsed, square-wave electromagnetic field energy passes through skin with no sensation at all restoring and healing deep tissues.**



NF-magnetický smog

- Magnetické polia generované **bežnými rozvodmi 220V/50Hz** sú pravdepodobne príliš slabé, aby ovplyvnili organizmus.
- „Smog“ v blízkosti silových zariadení (transformátorovne, príводы k veľkým spotrebičom ako paneláky) môže byť vyšší.

EM polia v rádiovrekenčnej oblasti



EM polia v rádiovrekvenčnej oblasti

- Slabší účinok v porovnaní s nízkofrekvenčnými poliami
- Popálenie elektrickým prúdom
- Ohrievanie tkanív rozkmitávaním molekúl
- Nie elektrolýza (ióny sa nehýbu jedným smerom dostatočne dlho, aby dopadli na elektródy)
- Neovplyvňujú bunkové membrány a nervy – ióny iba kmitajú na mieste a neprechádzajú cez bunkové steny

Hygienické normy: Zbierka zákonov

č.325/2006, č. 329/2006 a č.534/2007

Referenčné hodnoty hustoty energie S pre rovinnú vlnu.

Frekvenčný rozsah	S (W/m ²) <i>zamestnanci</i>	S (W/m ²) <i>obyvatelia</i>
10 MHz < 400 MHz	10	2
400 MHz < 2000 MHz	$f/40$	$f/200$
2 GHz < 300 GHz	50	10

Úroveň EM polí

- Bežné polia od vysielateľov v mieste príjmu – 0,1 až 10 mV/m

$$S [\text{W/m}^2] = \frac{E^2}{Z_0} = Z_0 \cdot H^2 \quad Z_0 = 376,7 \, \Omega$$

(impedancia „vákuá“)

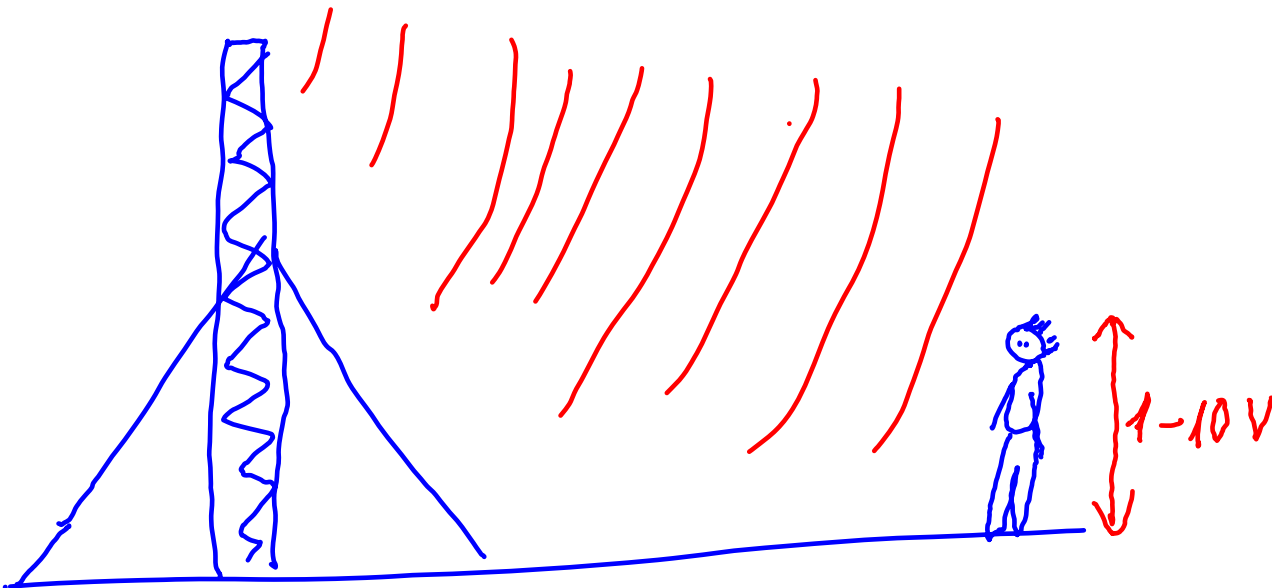
$$P = 10 \, \text{W} \quad d = 10 \, \text{km} \quad (A = 4\pi d^2 \sim 10^9 \, \text{m}^2),$$

$$E = \sqrt{Z_0 \cdot P/A} \approx 2 \, \text{mV/m}$$

$$B = \mu_0 \cdot H = \mu_0 \cdot \frac{E}{Z_0} \approx 10^{-6} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3}}{376} \sim 10^{-11} \, \text{T}$$

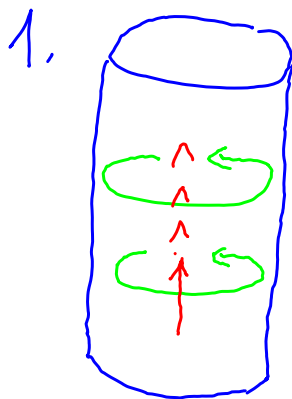
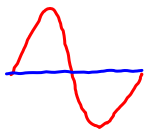
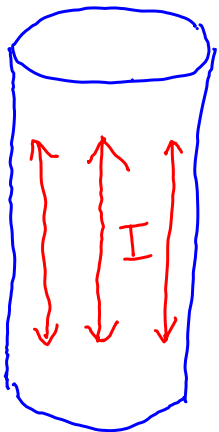
Úroveň EM polí

- 10W/10m – 2 V/m (FM vysílače)
- 10kW/100m – 6 V/m (MW vysílače)
- 10W/m² – 60 V/m (hygienická norma)

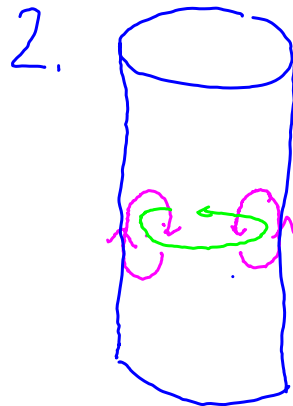


Fyziologický účinok EM polí

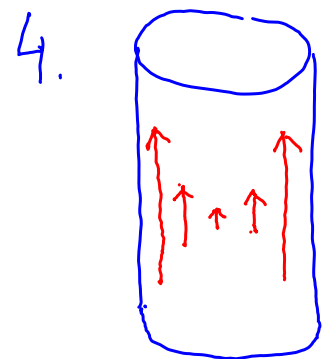
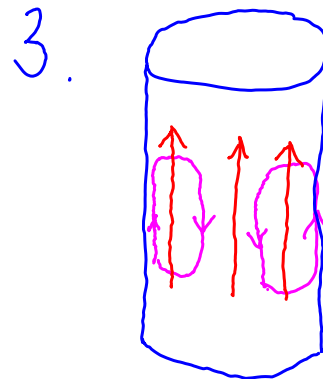
- Pravdepodobne veľmi malý
- Ďalej znížený skin-efektom



I narozlá
B narozlá



B narozlá
indukované
prúdy

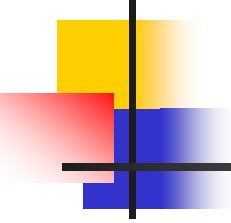


*prúd tečie
hlavne
pri povrchu*

Fyziologický účinok EM polí

- Malý fyziologický účinok možno ukázať aj naživo



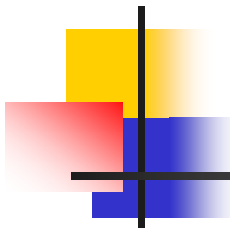


„Smog“ v rádiovrekvenčnej oblasti

- Je ho veľa, ale slabé fyziologické účinky
- Nespomína sa veľa ani na stránkach bojujúcich proti elektromagnetickému smogu
- V minulosti bol spomínaný častejšie

Mikrovlnové žiarenie

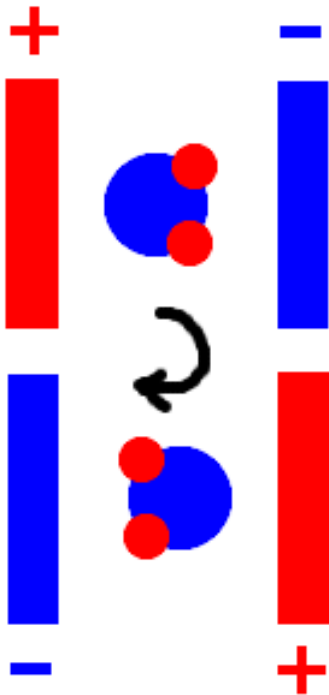




Mikrovlnové žiarenie

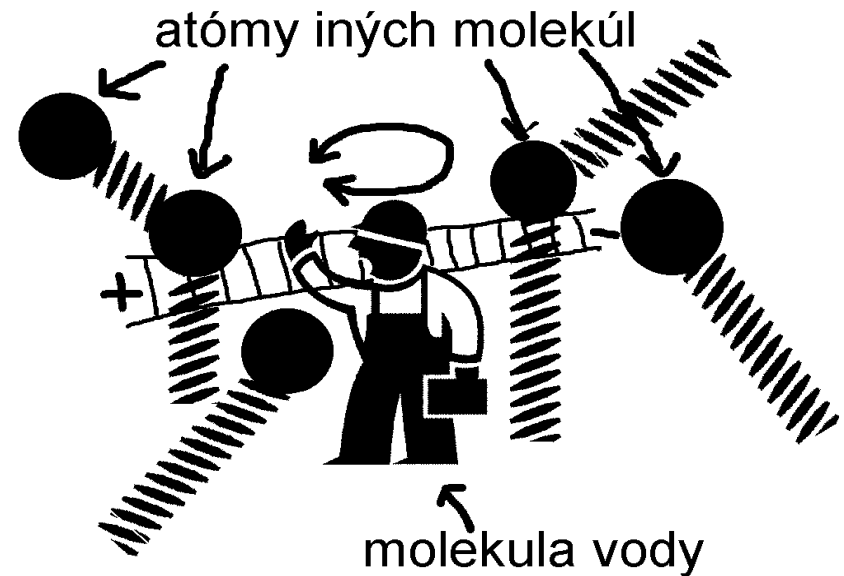
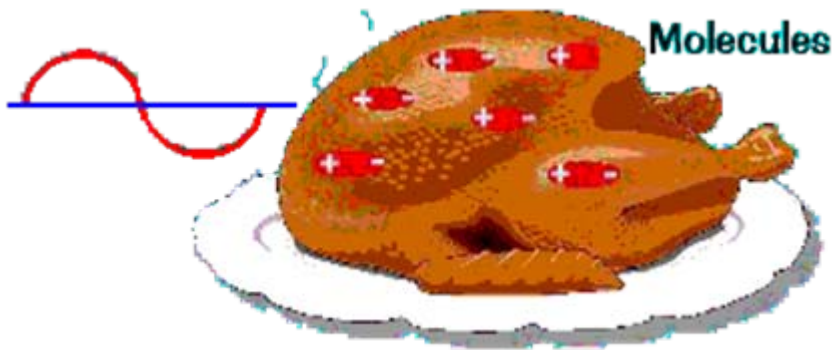
- Momentálne veľmi diskutované (mobilné telefóny, mikrovlnky) – cca 2 GHz
- Nemá ionizačné účinky
- Nedochádza k elektrolýze ani k ovplyvňovaniu nervových signálov
- Hlavný účinok – ohrievanie tkaniva rozkmitávaním molekúl (použitie v mikrovlnkách)

Ako ohrieva mikrovlnka – čím hýbu mikrovlny

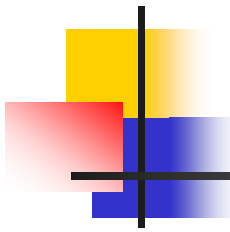


- Niektoré molekuly, napríklad voda, tuky a cukry majú jeden svoj koniec nabitý kladne a druhý záporne
- Ak ich umiestnime medzi elektricky nabitú dosku (do elektrického poľa), otočia sa kladným koncom ku zápornej doske a naopak
- Mikrovlnka vytvára rýchlo sa meniace elektrické pole, ktoré spôsobuje rýchle otáčanie molekúl vody

Ako ohrieva mikrovlnka – pohyb molekúl vody



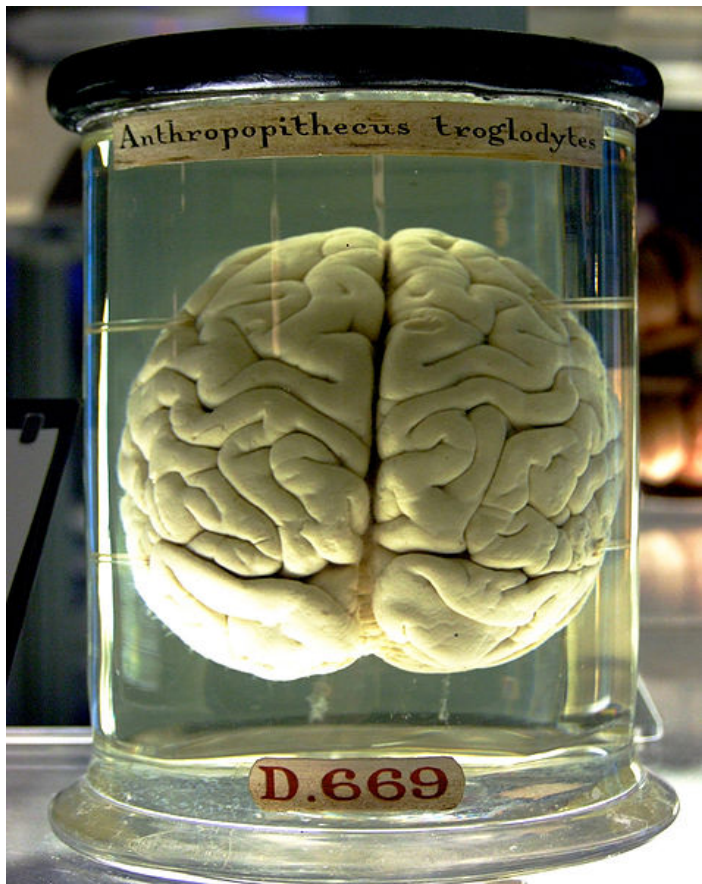
- 2500 miliónov otočení molekuly vody za sekundu
- miliardy miliárd molekúl vody pracujú v každom kúsku jedla a rozkmitávajú jeho molekuly



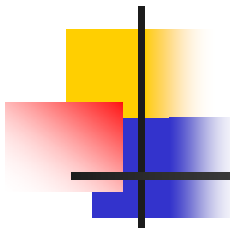
Intenzita polí

- mobil: 1W vo vzdialenosti 5cm: 100V/m, na úseku cca 5cm sa indukuje cca 5V (napätie na anténe mobilu)
- Dokáže ovplyvniť bunkové membrány? Ióny iba kmitajú na mieste, neprechádzajú cez bunkové steny...
- Má fyziologický vplyv ohriatie mozgu mikrovlnovým žiarením z mobilu?

Ohrievanie tkaniva



- mobil: 2W
maximálne, pohltí
sa iba malá časť,
povedzme 0,5W v
okolí antény (objem
tkaniva cca 0,1 litra,
hmotnosť 0,1 kg),
5W/kg



Ohrievanie tkaniva

- **SAR-index** (W/kg) u telefónov – ohrievanie tkaniva v okolí antény. Typicky **2-5 W/kg**
- Človek sa ohrieva aj fyziologicky. Musí zjesť aspoň 10 kJ/24hod, väčšina sa v konečnom dôsledku premení na teplo v tele.
- $10000\text{kJ}/24\text{hod}=120\text{W}$
- Z toho takmer tretina (40W) sa vyvíja **v mozgu**, t.j. cca **20 W/kg**
- V závislosti od mozgovej činnosti tento výkon dosť kolíše a termoregulačné mechanizmy to musia viesť uchladiť
- Zvýšenie produkcie tepla o 10-20% oproti kludovému stavu nemôže pravdepodobne významne ohriať mozgové tkanivo
- Nepozoruje sa ani ohrievanie pokožky pri telefonovaní...

Ohrievanie tkaniva

- Pokus s vajíčkom, ktoré sa za 20 minút uvarí, jeden z „presvedčivých“ argumentov o škodlivosti mobilov
- Alobal bráni spojeniu s BTS, výkon telefónov stúpne na maximum
- Príčina: vajíčko na rozdiel od mozgu nie je chladené cievnym systémom
- Alobal ešte podporuje zadržiavanie tepla
- Ak mobil vysiela 2W, spotrebuje podstatne viac, povedzme 5W, dva mobily uvoľňujú asi 10W tepla

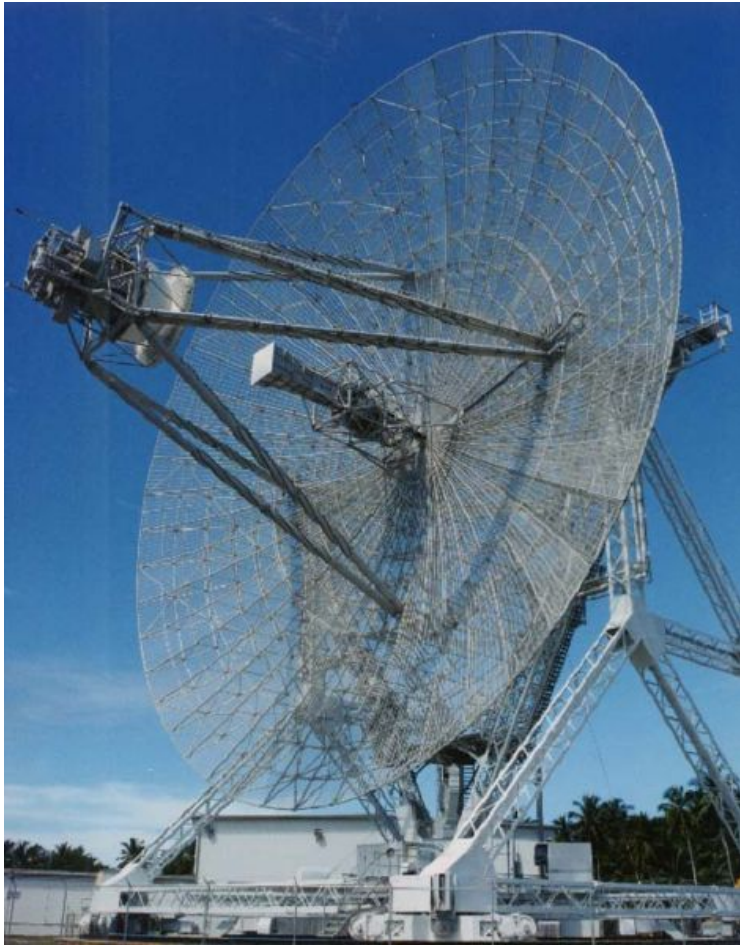


$$P \cdot t = m \cdot c \cdot \Delta T$$

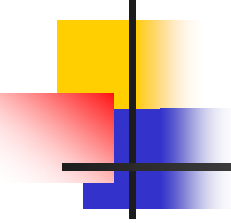
$$P = 10 \text{ W}, m = 0,05 \text{ kg}, c = 4180 \text{ J/K/kg}, \Delta T = 40 \text{ K}$$

$$t = 800 \text{ s} = 15 \text{ min}$$

Silné mikrovlnové pulzy



- Radary, ...
- Výkony v pulze v oblasti MW, stredné výkony v ráde kW
- Namierenie zväzku na živý organizmus (myši) – ťažké poškodenie až smrť
- Obsluha pracujúca v okolí antén – možný vplyv na teplocitlivé orgány (produkcia spermií, očné rohovky a šošovky, ...)
- Bezvýznamný vplyv na bežnú populáciu



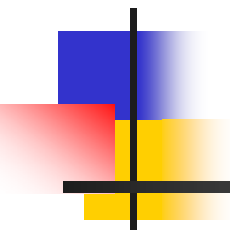
Iné účinky

- Niektoré štúdie ukázali vplyv mikrovlnového žiarenia s výkonom používaným v mobiloch na fyziologické procesy v bunkách
- Je otázne, či takéto procesy v reálnom živote majú štatisticky významný vplyv na zdravie
- Určite nie veľký, pretože zatiaľ sa nepozoroval nárast chorobnosti (napríklad nádory mozgu), ktorý by sa mohol dať do súvisu s používaním mobilov
- Na preskúmanie dlhodobých účinkov ešte neuplynul dosť dlhý čas
- Problém pri posudzovaní účinkov – vnútorné korelácie medzi faktormi („efekt pitia kávy“)
- Absorbovaný výkon prudko klesá so vzdialenosťou, používať **hands-free** súpravy

Komu škodí elektromagnetický smog?



- Najviac vadí citlivým prístrojom (EKG, EEG, rádioastronómia, citlivé fyzikálne merania, ...)
- Žiarenie mobilu môže narušiť činnosť pacemakerov, elektronických prístrojov, ...
- Negatívne fyziologické účinky na zdravie ľudí sú zatiaľ nepotvrdené, aj keď niektoré typy elektromagnetického smogu dosahujú intenzity, ktoré aspoň z fyzikálneho hľadiska môžu mať vplyv na organizmus



Ďakujem za pozornosť

Teším sa na otázky...