

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Zuzana Skokanová

Magnetické pole a biologické objekty

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 25 (1980), No. 5, 260--265

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139794>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1980

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Magnetické pole a biologické objekty

Zuzana Skokanová, Košice

V posledných desaťročiach sa otázky ochrany životného prostredia stali veľmi aktuálnymi a dostali sa aj do centra pozornosti širšej verejnosti. Do okruhu týchto otázok zapadajú aj negatívne účinky žiarení (ionizujúcich a neionizujúcich) na ľudské telo a na biologické objekty vôbec. Ukazuje sa však, že účinky neionizujúcich žiarení – kam patrí aj magnetické pole – na biologické objekty, ktoré sú predmetom tohoto informatívneho článku, môžu byť práve tak pozitívne ako aj negatívne. V článku bude uvedená informácia o týchto problémoch.

Teoretickými a experimentálnymi otázkami tejto problematiky sa zaoberajú výskumníci rôznych špecializácií – lekári, ornitológovia, genetici, biochemici, fyzici, chemici atď. Nový vedný obor, ktorého predmetom skúmania je vplyv magnetického poľa na biologické systémy, sa nazýva *magnetobiológia*.

Výskum v tomto obore veľmi dlhú dobu stagnoval. Táto stagnácia sa datuje približne od r. 1784, kedy rozhodnutie skupiny francúzskych vedcov odsúdilo Mesmerovu teóriu o životnom magnetizme ako nevedeckú. Tento čin mal za následok, že to zastavilo v medicíne všetko, čo bolo v spojitosti s magnetizmom.

Ku sledovaniu vplyvu magnetického poľa na živočíchy a rastliny sa vedci vrátili až v XIX. storočí. Začiatkom XX. storočia sa však počet magnetoterapií znížil. Tento pokles aplikácií magnetického poľa na biologické systémy bol zapríčinený menšou efektívnosťou magnetického poľa oproti elektroterapeutickým metódam, ktoré sa práve začali častejšie používať. K ďalšiemu prelomu došlo v šesťdesiatich rokoch, kedy sa začali vedci s touto problematikou zaoberať už na organizovanej úrovni. Pod vedením BARNOTHYHO usporiadávajú sa v r. 1961, 1963, 1966 prvé medzinárodné biomagnetické sympóziá v Chicagu. V r. 1963 bolo v Moskve usporiadané sympóziu o vplyve homogénneho magnetického poľa na biologické systémy. V tejto dobe došlo taktiež k explózii vedeckých publikácií, ktorých počet aj v tomto obore prudko narastá. Dôvod veľkého záujmu o magnetobiológiu vidíme predovšetkým v technickom rozvoji, ktorý zlepšil metódy vytvárania silných magnetických polí. Účinky týchto polí sa začínali prejavovať tiež na ľuďoch obsluhujúcich prístroje vytvárajúce magnetické polia. U týchto ľudí bolo pozorované narušenie nervovej a srdcovo-cievnej činnosti [1]. Výskum kozmického priestranstva je ďalšou hybnou silou v rozvoji magnetobiológie. Na ochranu kozmického korábu proti ionizujúcemu žiareniu býva používané silné magnetické pole. Preto je dôležité poznať vplyv takéhoto poľa na živé systémy. Ukazuje sa, že tak isto je dôležité preskúmať vplyv veľmi slabých magnetických polí na živé systémy, pretože s takýmito poľami sa stretáme v medziplanetárnom priestranstve. V rámci týchto štúdií sa zistilo, že ani geomagnetické pole nie je nejakým zanedbateľným faktorom pre biologické

objekty, akoby sa zdalo na prvý pohľad. Tak sa dospelo k štúdiu vplyvu zmeny geomagnetického poľa na biologické systavy. V tomto smere veľkú zásluhu má aj taliansky fyzikálny chemik G. PICCARDI, ktorý v rámci Medzinárodného geofyzikálneho roku zorganizoval so svojimi spolupracovníkmi v celosvetovom meradle výskum vplyvu intenzity elektrického a magnetického poľa Zeme ako aj slnečnej činnosti na chemické reakcie. Vykonali viac ako stotisíc experimentov tohoto druhu. Výsledky uvedených výskumov sú referované vo veľmi rozsiahlej a cennej literatúre (napr. [2 ÷ 9]). Pozoruhodný je Piccardiho názor, podľa ktorého len prostredníctvom vody a vodných sústav obsiahnutých v živých objektoch, môžu vonkajšie sily vplývať na živé organizmy.

Z tohoto krátkeho úvodu vidno, že problém vplyvu magnetického poľa na organizmy nie je jednoduchý. Nutne vyžaduje spoluprácu rôznych vedných disciplín, aby sa experimentálne výsledky mohli soformulovať do fyzikálnych a fyzikálno-chemických zákonitostí, resp. aby sa ich platnosť mohla rozšíriť na biologické systémy. Zatiaľ totiž, kým nie sú nám jasné fyziologické a fyzikálno-chemické mechanizmy biologického pôsobenia magnetického poľa, nemožno úspešne uplatniť ani kladné (liečebné) vplyvy tohoto poľa.

Preto k riešeniu problémov vplyvu magnetického poľa na biologické objekty treba voľiť cestu integrovaného výskumu. Táto si vyžaduje koordináciu. O koordinácii výskumu v oblasti biofyziky v rámci štátov socialistických krajín referuje G. M. FRANK [10], riaditeľ Ústavu biologickej fyziky Akadémie vied ZSSR v Puščine na Oke. Podľa jeho správy v r. 1971 predstavitelia ôsmich socialistických krajín (Bulharska, Maďarska, NDR, Poľska, Rumunska, ZSSR, ČSSR, Mongolskej ľudovej republiky) podpísali dohodu o spolupráci v oblasti biologickej fyziky. Koordináciou týchto prác bol určený „Institút biologickej fyziky Akadémie vied SSSR“. Koordináčny plán vymedzil päť smerov, ktorými sa bude výskum uberať. V rámci týchto piatich smerov bolo konkretizovaných 15 tém a 59 podtém. Aby nedošlo k duplicite, bolo presne určené, ktorá krajina ktorým smerom výskumu sa má zaoberať. Československu boli určené tieto smery:

1. Štruktúra a samoorganizácia biopolymérov.
2. Fyzikálno-chemické a energetické základy činnosti membrán.
3. Štúdium biofyzikálnych základov vplyvu fyzikálnych faktorov na biologické systavy, na molekulárnej a bunečnej úrovni.

Z hľadiska cieľov nášho článku, zasluhuje si pozornosť bod tretí. V rámci tohoto smeru majú byť:

- a) vypracované fundamentálne biofyzikálne základy pôsobenia žiarenia (teda aj pôsobenia magnetického poľa, ktoré je – ako sme už spomenuli – kategorizované ako neionizujúce žiarenie), ako aj mechanizmus pôsobenia žiarenia
- b) objasnené mechanizmy poškodenia žiarením na rôznych úrovniach organizácie (biologicky dôležité makromolekuly, buňky a tkanivá).

Zhodnotenie tejto orientácie výskumu sa odráža aj v štátnom pláne základného výskumu na siedmu päťročnicu v našej republike.

V rámci hlavnej úlohy I („Fyzikálne vlastnosti hmoty a jej mikroštruktúra“) v nosnom smere „Fyzika pevných látok a kondenzovaných sústav“ bola vytypovaná nosná téma I/11 „Fyzikálne vlastnosti zložitých organických molekúl a systémov uplatňujúcich sa v biologických funkciách“. Cieľom tohoto výskumu je objasniť elektrónovú štruktúru,

akumuláciu, prenos a premeny energie v organických molekulách, predovšetkým v molekulách dôležitých pre biologické funkcie, a to v nukleínových kyselinách a ich zložkách, v molekulách chlorofylu atď. V rámci výskumu tejto nosnej témy štátneho výskumu budú uplatňované fyzikálne metódy jednak pri štúdiu uvedených molekúl vo funkčnej forme, jednak v modelových systémoch, ako sú molekulárne organické kryštály a polyméry.

V ďalšej časti nášho príspevku by sme chceli podať informáciu o niektorých doteraz zistených následkoch vplyvu magnetického poľa na biosystémy.

Vplyv homogénneho magnetického poľa

Výsledky výskumu vplyvu homogénneho magnetického poľa na biosystémy môžeme rozdeliť na tri skupiny prác:

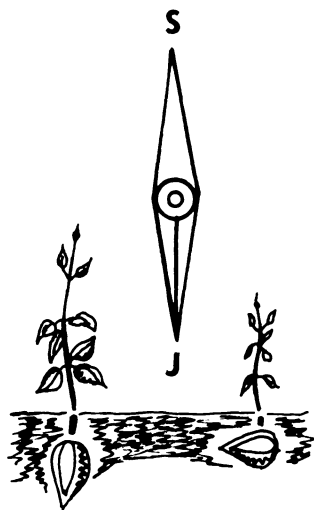
- a) Prvú skupinu tvoria práce, ktoré skúmajú živé organizmy z hľadiska fyzikálneho, resp. fyzikálno-chemického. Pri týchto štúdiách sa používajú silné magnetické polia rádovo jednotky až desiatky tesla. Zistilo sa [1, 11, 12], že polia takejto indukcie narušujú funkciu krvi a iných organických tekutín, činnosť nervovej sústavy a metabolismus buniek.
- b) Druhá skupina prác referuje o výsledkoch použitia stredne silných polí od 10^{-3} až 10^{-1} T. Účinky takýchto polí sa prejavujú ako reverzibilné zmeny na bunecnej až molekulárnej úrovni, čo sa makroskopicky odráža ako zmena funkcie príslušných orgánov alebo organizmov.
- c) Do tretej skupiny radia sa tie práce, ktorých autori používali slabé magnetické polia. Ide o polia o dva až tri rády slabšie ako indukcia zemského magnetického poľa až po najslabšie merateľné polia. V tejto oblasti je zatiaľ málo experimentálnych a tým menej teoretických prác. Charakteristické pre vplyv týchto polí je, že ovplyvňujú deje, ktorých energia pochádza zo samotného organizmu [11, 12].

Nemenej dôležitú, ale rozsahom zatiaľ obmedzenejšiu skupinu tvoria práce o vplyve elektrických, magnetických a elektromagnetických polí, ktoré sú vytvorené organizmami, resp. práce o odozve organizmov na pôsobenie týchto polí. Toto odvetvie biofyziky nazývame *biomagnetizmus*.

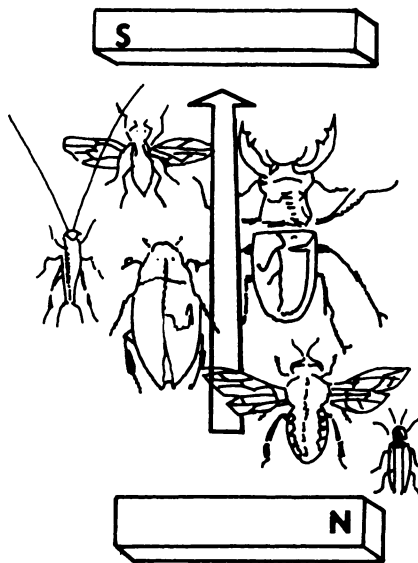
Zmieňme sa teraz o niektorých makroskopických prejavoch vplyvu magnetického poľa na živé organizmy. Je to predovšetkým *orientačný efekt*, ktorý sa pozoroval u zvierat umiestnených v homogennom magnetickom poli. Zvieratá sa orientovali vzhľadom na smer magnetického poľa. Vplyv orientačného efektu sa pozoroval aj pri navigácii holubov. Zistilo sa, že holuby okolo rádiovysielačov stratia svoju orientáciu. Podobnú stratu orientácie pozorovali u nich, keď pod ich krídla umiestnili malé magnety. Obr. 2. ukazuje orientáciu hmyzu v jednosmernom poli.

Existuje niekoľko hypotéz, ktoré sa snažia vysvetliť tento efekt. Väčšina autorov ho pripisuje elektromagnetickej indukcii, ktorá vzniká v prípade pohybu organizmu vzhľadom na magnetické pole. Iní autori [13] ho pripisujú orientácii makromolekúl, v dôsledku čoho sa mení transport látok cez membránu, čím sú spojené ďalšie fyzikálne, chemické, biochemické a fyzikálne zmeny.

Ďalším efektom vyvolaným magnetickým poľom je tzv. *magnetotropizmus*. Zistilo sa, že korene rastlín sa zahýbajú k južným pólam magnetu. Detailnému rozboru magnetobotanických problémov sa venoval NOVICKIJ [17, 19, 19]. Veľmi zaujímavé sú funkčné a morfológické zmeny u živočíchov, ktoré boli vystavené dlhodobému pôsobeniu magnetického poľa. Zistilo sa napr., že dochádza k spomaleniu delenia buniek, čo vedie medzi iným k hynutiu embryonálneho tkaniva, stárnutiu tkanív tela atď. Brzdíace účinky homogénneho magnetického poľa na rast embria nútia výskumníkov zamýšľať sa nad tým, či by tento faktor nemohol zohrať svoju úlohu aj pri brzdení rastu rakovinového nádoru (pozri obr. 3). S touto problematikou uverejňujú manželia BARNOTHYOVÍ celú sériu prác [14, 15, 16] vykonaných na cicavcoch. Veľký kus práce urobil v sledovaní efektov vplyvu homogénneho magnetického poľa na organizmy CHOLODOV [1]. Konštatuje, že najväčšie zmeny sa pozorovali na nervovom systéme a na krvi. Dokázal, že homogénne magnetické pole mení počet leukocitov, mení osmotické procesy vo svaloch a narušuje hydratačnú schopnosť tkaniva živočíchov. Na obr. 1. je vyznačená závislosť rastu rastlín od orientácie semien v geomagnetickom poli.



Obr. 1. [21]
Závislosť rastu rastlín od orientácie semien v geomagnetickom poli



Obr. 2. [21]
Orientácia hmyzu v magnetickom poli

Vplyv nehomogénneho magnetického poľa

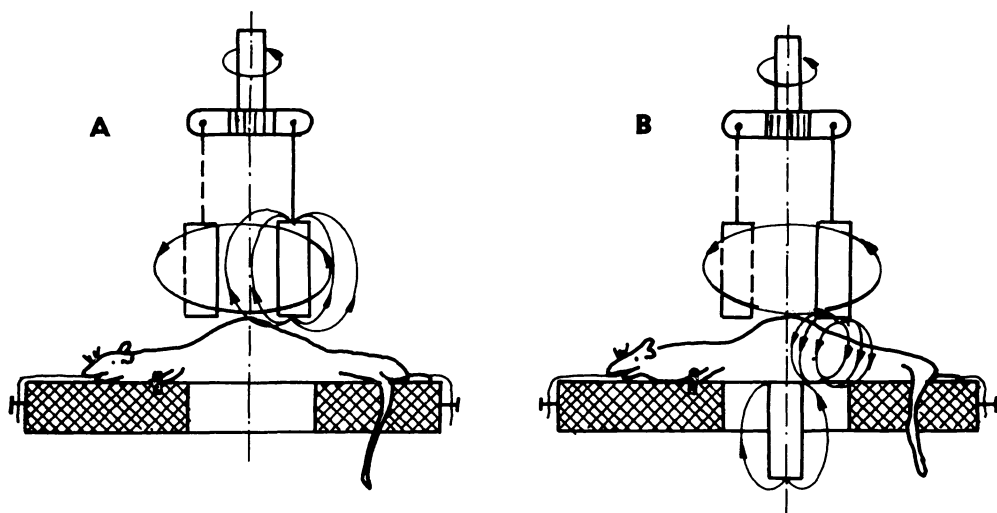
V prípade, že sa makromolekuly nachádzajú v nehomogénnom magnetickom poli, hoci len v laboratórnych podmienkach, toto pole je schopné vyvolať v roztokoch diamagnetických a paramagnetických molekúl značný gradient koncentrácie, píše JA. G. DORFMAN vo svojej práci *O špecifičnosti interakcie magnetických poľí na diamagnetické*

makromolekuly v roztokoch. Takéto lokálne narušenie koncentrácie ovplyvní chod fyzikálno-chemických a biochemických procesov, ktoré sa odohrávajú v roztokoch, ako aj životné procesy v biologických objektoch. S využitím týchto zmien životných procesov sa stretávame aj v práci autorov O. HOKYNÁŘA a J. TOMAIERA [20], ktorí aplikáciou nehomogénneho magnetického poľa 0,01–0,04 T a s expozíciou 5 ÷ 20 minút (prístrojom vlastnej konštrukcie) úspešne liečia niektoré kožné onemocnenia.

Uviedli sme niekoľko výsledkov, ku ktorým sa dospelo na základe sledovania rôznych mechanizmov, ako sú napr. sledované zmeny orientácie makromolekúl v silných poliach, zmeny chemickej väzby v molekulách, zmeny vlastností vody v homogénnom magnetickom poli atď. Toto množstvo výskumov dokázalo, že vonkajšie magnetické pole vplyva na celý organizmus, na jeho systémy a orgány, na bunky a vnútrobunecné štruktúry a na štruktúru molekúl. Teda, že spomínaný vplyv sa prejavuje na každom stupni usporiadanosti biosystému.

Treba však poznamenať, že väčšinu prác tvoria zatiaľ práce fenomenologického charakteru. Ich cena spočíva v tom, že slúžia ako dôkazový materiál o existencii vplyvu magnetického poľa na biosystémy. Avšak problém magnetobiologických efektov môže byť v podrobnostiach a v plnom rozsahu vyriešený len vtedy, keď bude dostatočný počet experimentálnych materiálov, ktoré budú charakterizovať závislosť biologických efektov od veličín charakterizujúcich pole (intenzity, gradientu, frekvencie atď.), od doby pôsobenia použitého poľa, od teploty v mieste vzorky atď. Tieto experimentálne výsledky sú dôležité z hľadiska možnosti reprodukovat' a porovnať navzájom rôzne experimentálne výsledky a z hľadiska možnosti explicitne vyjadriť dané biologické zmeny.

Ako vidno, otázka pôsobenia magnetického poľa na biologické objekty je aktuálna a zaujímavá, avšak vonkoncom nie jednoduchá ani uzavretá. Tento článok sa zaoberal uvedenými účinkami, nezaoberal sa však použitím magnetických výskumných metód



Obr. 3. [1] Rôzne varianty vplyvu magnetického poľa na nádory **A** – jedným otáčajúcim sa magnetom, **B** – otáčajúcim sa a pevným magnetom

(meranie magnetickej susceptibility a anizotropie a magnetické rezonančné metódy) na skúmanie biologických objektov, pretože táto problematika by zasluhovala samostatné spracovanie. Tento článok chce byť impulzom, ktorý by orientoval pozornosť fyzikov na oblasť vzťahu magnetického poľa a biologických objektov.

Literatúra

- [1] CHOLODOV JU. A.: *Vlijanie magnitnyh polej na biologičeskije objekty*. Izdatel'stvo „Nauka“, Moskva 1971.
- [2] PICCARDI G.: *Fluctuating Phenomena*. New York, WAAS (World Academy of Art and Science), 1967, okt., p. 27.
- [3] PICCARDI G.: *Scientific Characterization of the Study of Fluctuating Phenomena*. Firenze, Centro Universitario per lo Studio dei Fenomeni Fluttuanti, C.U.F.F., 1954.
- [4] PICCARDI G.: *The Chemical Basis of Medical Climatology*. Springfield, Charles C. Thomas, 58 p., 1953.
- [5] PICCARDI G.: *On the influence of external atmospheric and cosmic agents on the chemical, physical, biochemical and biological processes*. Tecnica Italiana, 9, 581 p., (1954).
- [6] PICCARDI G.: *International Symposium on solar terrestrial relationships in physical chemistry and biology*. Brüssel, 1958, okt. 8 ... 10. Brussels Presses Académiques Européennes. 1960.
- [7] MOSETTI F.: *Periodicity in the result of Piccard's chemical test with metallic screening*. Tecnica Italiana 21, 235 p., (1965).
- [8] PICCARDI G.: *Relationship between chemical-physical phenomena and geophysical factors*. Geofisica e Meteorologia, 1, 103 p., (1953).
- [9] PICCARDI G.: *The influence of terrestrial solar and cosmic phenomena on physical, chemical and biological reactions*. Ciel et Terre, 72, 551 p., (1956).
- [10] *Problemy sovremennoj biofiziky* (po materialam IV. meždunarodnogo biofizičeskogo kongresa). Izdatel'stvo „Znanie“, Moskva 1974.
- [11] *Vliv magnetických polí na organismy*. Sborník přednášek ze semináře dne 11. 11. 1975, Praha 1975, ČVTS—FEL—ČVUT.
- [12] *Vliv elektromagnetických polí na organismy*. Sborník přednášek, Praha 1977, ČVTS—FEL—ČVUT.
- [13] DORFMAN JA. G.: *O specifike vozdejstvija magnitnyh polej na diamagnitnye makromolekuly v rastvoroch*. Biofizika 7, (1962), No 6, 733.
- [14] BARNOTHY M. F.: *Magnetic field and radiation syndrome*. (Abstr. G) — Proc. Biophys. Soc. 1958.
- [15] BARNOTHY J. M.: *Influence of magnetic field upon the development of tumors in mice*. In: Proceedings of the first national biophysics conference, Columbus, Ohio, March 4—6, (1975), p. 735. Ed. by H. QUASTLER and H. J. NOROWITZ. New Haven: Yale University Press. 1959.
- [16] BARNOTHY J. M.: *Biologic effects of magnetic fields*. In „Medical Physics“ vol. 3. Chicago, I11. Year Book Publ., p. 61, (1960).
- [17] NOVICKIJ JU. I.: *Biomagnetizm i žizň rastenij*. Izd. AN SSSR serija biol. (1967) No 2, 257.
- [18] NOVICKIJ JU. I.: *Dejstvije postojannogo magnitnogo polja na rastenija* — Vestnik AN SSSR, No 9, 92. (1968).
- [19] NOVICKIJ JU. I., STREKOSA B. JU., TARAKANOSJE G. A., PRUDNIKOVA V. P.: *O nekotorych osobennostjach dejstvija postojannogo magnitnogo polja na prorasenie semjon*. V kn. „Govorjat molodye učenyje“ M. „Moskovskij rabočij“, st. 47, 1966.
- [20] HOKYNÁŘ O., TOMAIER J.: *Klinické zkušenosti s aplikací magnetického pole u bércových vředů a některých dermatos*. Elektromagnetické pole a biologické systémy. Sborník přednášek, Praha 1979, ČSVTS—FEL—ČVUT.
- [21] CHOLODOV JU. A.: *Magnetizm v biologii*. Izdatel'stvo „Nauka“, Moskva 1970.