

Občanská fyzika

aneb co dělají fyzikové, kteří se stali environmentalisty

Jan Hollan, prosinec 2005

(text navazuje na přednášku Yvonney Gaillyové a J. Hollana, 2004)

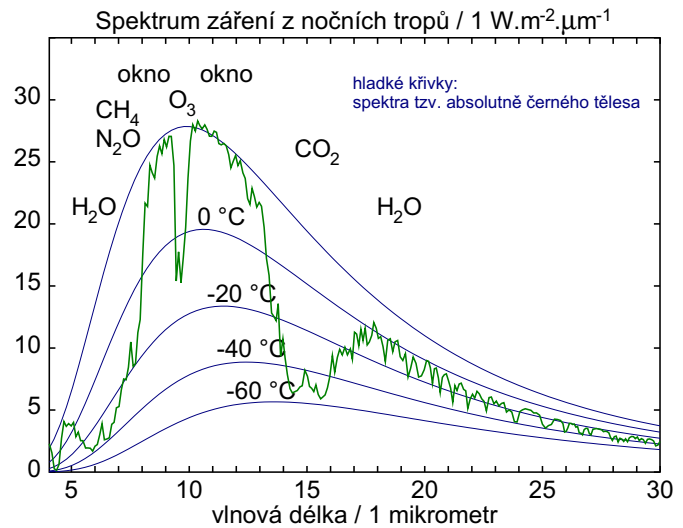
Mnoha vlastnostem prostředí okolo nás, tedy životního prostředí, lze porozumět dobře jen při použití fyzikálních znalostí. To platí jak pro měřítko celé planety, tak pro naši domácnost. Jde mnohdy o záležitosti, které zajímají snad každého. Počínající porozumění takovému zájmu vychází vstříc a zároveň jej dále podporuje: když něčemu začínáme rozumět, dostaneme chuť tomu porozumět důkladně, a dost možná se pak i rozhodneme něco užitečného v té věci udělat.

Pro nás, kteří jsme slyšeli v roce 1984 v Praze přednášku prof. Heinloth na konferenci Trends in Physics (o skleníkovém jevu a změnách klimatu), se snaha o ochranu klimatu stala hlavním motivem pro to, abychom své fyzikální vzdělání používali v praktickém životě. Začali jsme s tím s příchodem svobody po listopadu 1989: možná nejen proto, že tehdy začalo být možné své poznatky alespoň zpřístupnit ostatním, ale snad i proto, že jsme k tomu dozráli, že se taková činnost ukázala jako důležitější i zajímavější než jiné. V této stati se s vámi podělím o to, co jsem se zatím naučil a jaké nové obzory či obory jsem pomáhal otevřít.

Pokud jde o fyziku, stačí pro její občanské aplikace znát trochu její základy a nebát se je používat. Samotné znalosti fyziky ale nestačí. Je také potřeba umět si přecíst, co o různých věcech už bylo napsáno. V oboru ochrany klimatu bylo a je dle naší zkušenosti nezbytné umět běžně číst nejen anglicky, ale i německy. Německy totiž vyšly kdysi nejuplněnější informace o změnách složení zemské atmosféry a možnostem je brzdit (zprávy Enquette Kommission německého parlamentu Vorsorge zur Schutz der Erdatmosphäre, zejména třetí, z roku 1990) a v německy mluvících zemích také probíhá vývoj techniky, která umožňuje radikální snížení potřeby vytápění (hlavní příčiny změn klimatu) a náhradu fosilních paliv trvale udržitelnými alternativami zásobování teplem a elektřinou. Pro spolupráci v těchto oborech je pak potřeba umět oběma jazyky také mluvit a psát.

1 Skleníkový jev, globální oteplování, změna klimatu

Fyzikovi, který si promyslí, jak to je s teplotami na Venuši, na Marsu, na Měsíci a na Zemi, mohlo být už před dvaceti lety jasné, že se zemské podnebí musí brzy velmi změnit. Je totiž závislé na složení ovzduší, a to se velmi mění, ač jde jen o jeho malé příměsi. S předpovědí, že to musí nastat, přišel už koncem devatenáctého století švédský chemik Svante Arrhenius (inspirující je, že to udělal ze zvědavosti, viz earthobservatory.nasa.gov/Library/Giants/Arrhenius/arrhenius.html; více informací viz en.wikipedia.org/wiki/Svante_Arrhenius, kde je i odkaz na zkrácený text jeho přednášky z roku 1895 web.lemoyne.edu/~giunta/Arrhenius.html).

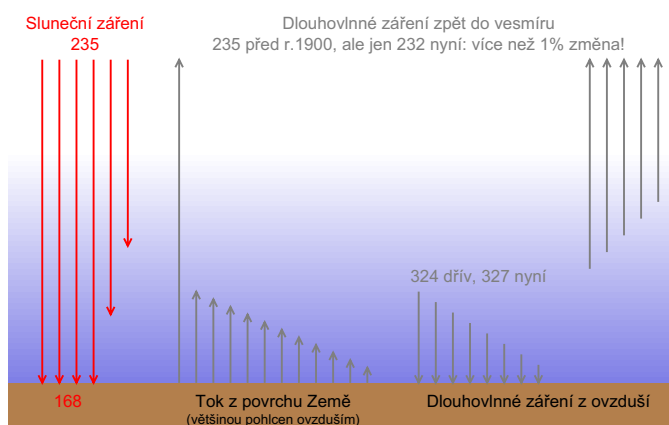


Záření Země do vesmíru je srovnáno s hladkými spektry záření černého tělesa o teplotě 20°C a méně. Jen ve dvou oknech se uplatňuje záření rovnou s povrhu Země. V oblasti, kde absorbuje oxid uhličitý, do vesmíru září jen nejchladnější vrstva ovzduší.

Za dobré tepelně izolační vlastnosti atmosféry, díky kterým je na Zemi tak o 30 K tepleji než na Měsíci, vědíme plynům, které fungují trochu podobně jako sklo ve skleníku: to nepropouští takové záření, které sami vyzařujeme, stejně jako je vyzařují všechny věci kolem nás. Jde o záření elektromagnetické, dvacetkrát větších vlnových délek, než má světlo (to proto, že naše teplota, tři sta kelvinů, je asi dvacetkrát nižší než teplota povrchu Slunce, šest tisíc kelvinů), nazývané infračervené (nebo ještě přesněji, dlouhovlnné infračervené, s vlnovou délkou nad čtyři mikrometry, na rozdíl od toho slunečního infračerveného, s vlnovými délkami hlavně od jednoho až tří mikrometrů). V přírodě šlo donedávna jen o vodní páru, oxid uhličitý, metan a oxid dusný. K těmto plynům, označovaným jako skleníkové, přidali lidé umělé freony (a halogenované uhlovodíky vůbec).

Klima se dnes rychle mění proto, že skleníkových plynů v ovzduší je už mnohem více než dříve. Kromě toho jich ještě přibývá, asi tak stokrát rychleji, než tomu bylo kdykoliv v uplynulých stovkách miliónů let. Atmosféra stále lépe izoluje, a do vesmíru odchází méně záření (dlouhovlnného), než Země pohlcuje (slunečního). „Přebytkový rozpočet“ Země vede k tomu, že se její povrch (hlavně oceány) zvolna ohřívá. To bude pokračovat, dokud neohřeje alespoň o dva kelviny oproti osmnáctému století – nepřekročit takto malé zvýšení je velmi náročný, ale navýsost potřebný cíl, viz amper.ped.muni.cz/gw/meet_challenge/ (český překlad většiny dokumentu Meeting the Climate Challenge, 2005).

Skleníkový jev: tepelný tok / W/m^2 , 1 šipka = 40



K fyzice změny klimatu jsme vytvořili v roce 1999 (v návaznosti na premiéru pořadu brněnského planetária Globální oteplení a my) první „stránky“, které obsahovaly nějaké relevantní informace v češtině, amper.ped.muni.cz/gw/index.cz.html. Doposud o mnoho více českých informací nikde není, ač se situace zlepšuje – vychází stále více článků, které lze „vygooglovat“. Zdaleka ne všechny jsou ale odborně správné a aktuální (často jde o opisování z jiných populárních, často popletených textů, ne o práce opřené o vědeckou literaturu).

V angličtině jsou od roku 2004 daleko nejlepší čerstvé informace dostupné v „blogu“ realclimate.org – příspěvky do něj píše vedoucí badatelé v tomto oboru, k většině bývá rozsáhlá diskuse. To je zdroj, který by měl každý autor, který o tématu píše, použít či konzultovat jako hlavní.

2 Neplýtvání energií

Pro ochranu klimatu je rozhodující, abychom přestali nehorázně plýtvat. Je především nutné snížit dnešní ohromně velké uměle vyvolávané toky energie. To je hlavní cesta k tomu, jak přestat rabovat prastaré sedimenty obsahující uhlík z dávných rostlin (či živočichů, totiž planktonu v případě ropy). Uhlík má zůstat bezpečně uložen v zemi, přidávání dalšího uhlíku do rychlých koloběhů mezi ovzduším, oceánem a biomasou je hlavní příčinou nežádoucí změny klimatu.

Ty toky energie, bez kterých se nám nepodaří se obejít, pak je potřeba zásobovat právě z přírodních koloběhů. Nevyužívat např. všechny přírůstky dřeva v hospodářských lesích, jak je dnes přinejmenším dále od vesnic běžné, je také plýtvání. Totéž platí pro trávu, která dnes ztrácí původní užitek i na vsi – pokud se ale nevyužívá ke krmení, lze ji přeměnit na metan a pak na elektřinu a teplo (o potřebné nové roli venkova viz esej [venkov.pdf](#) v adresáři amper.ped.muni.cz/jenik/vyuka/fss/).

Jak neplýtvat, to je důležité téma ekologického poradenství. V Československu takové poradenství založila v roce 1990 Yvonna Gaillyová, opírajíc se o rakouský vzor (tam evropské ekologické poradenství začalo) a tamní odborníky a podklady. To je od té doby důležitou součástí aktivit Veroniky, viz www.veronica.cz – odtud lze najít spoustu dalších informací.

V roce 1994 vydala Veronica jako zvláštní číslo svého časopisu *Hospodaření s energií*, které bohužel není na webu, je už jen prezenčně na Panské 9 v Brně. Tehdy vystoupilo do popředí téma vytápění budov, na které se u nás spotřebuje většina fosilních paliv. Vytápění je přitom fyzikálně vzato velmi podivná potřeba: jdeme-li v zimě daleko ven, teple se oblečeme, nenapadne nás vzít si tričko a pod něj termofór (placatou gumovou láhev s horkou vodou). Běžné domy jsou ale jako to tričko: skrze zdi sice není dovnitř vidět, ale teplo přes ně velmi snadno uniká. Místo termofóru v nich bývá členité potrubí protékané horkou vodou (ne-li párou). Proč nejsou domy obdobou péřové bundy?

Ukazuje se, že snadno mohou být. V devadesátých letech jsme v Brně uskutečnili řadu seminářů na toto téma, zkušenosti z nich jsou shrnuty v letáku *Prozíravé stavění*, podrobněji pak v brožurce *Stavby pro třetí tisíciletí*, obě je dostupné např. v adresáři astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e_papers/stavby/ (též jako pdf).

V třetím tisíciletí jsme do Česka přinesli téma nového stavebního standardu, který se označuje souslovím *pasivní dům*. Přívlastkem „pasivní“ se rozumí, že dům má tak malou potřebu vytápění, že pro její naplnění není potřeba samostatný topný systém (aktivní, s cirkulující vodou nebo vzduchem). Je to stavební standard s vysokými požadavky na komfort, a tedy také s mechanickým větráním bez studeného průvanu. Čerstvý vzduch je v něm předehříván tak, že si z odcházejícím vzduchem téměř vymění teploty (z devíti desetin, tj. např. je-li venku nula a uvnitř dvacet stupňů, přicházející vzduch má osmáct stupňů). Základní pasivní standard je splněn, pokud tento vzduch (tak jako tak potřebný pro příjemné prostředí v interiéru, max. 30 m³ na osobu a hodinu) stačí dále ohřát nanejvýš na padesát stupňů. Takových domů je už v německy mluvících zemích tisíce, každoročně se jejich počet téměř zdvojnásobuje (viz www.igpassivhaus.at). Oproti dosavadním domům je jejich spotřeba na vytápění jen desetinná, jsou navíc mnohem pohodlnější. Na výše uvedených stránkách Veroniky k nim lze najít i informace v češtině.

3 Lepší tepelné izolace

Fyzikálně nás zaujala dvě témata týkající se izolačních vlastností domů. Jedno se týká oken, druhé tepelných izolací z přírodních materiálů, zejména z nejdostupnější slámy. Oběma je společný mechanismus, který izolační schopnosti snižuje, totiž samovolné tepelné proudění vzduchu aneb konvekce. U něj je obranou rozdělit objem, v němž taková cirkulace probíhá, napříč tepelného toku dalšími přepážkami, takže se vzduch konvekcí nemůže posouvat rovnou od teplého okraje izolační vrstvy ke studenému a zpět.

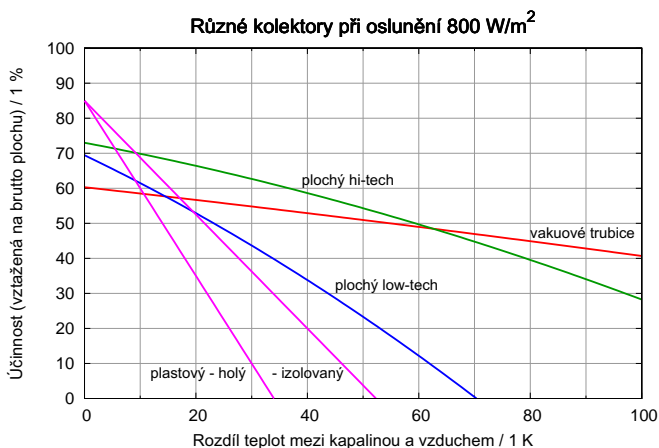
U oken se toho docíluje použitím více skel než dvou. Místo skel lze ale užít i tenkých fólií. Důležité ovšem je, aby přerušily i zářivý tok, nejen proudění vzduchu, a to tenké plastové fólie většinou moc neumějí. Ideální je pak, aby zářivý tok nejen přerušily, ale i téměř znemožnily, tj. výborně odrazily dlouhovlnné infračervené záření. Takové odrazné, a přitom průhledné vrstvy se dnes nanášejí i na skla. Co zatím běžné není, je použití pohyblivých odrazných pře-

páček, totiž těsných rolet z fólie s napařenou vrstvou hliníku (do takových se např. balí květiny). Takové byly doporučeny už v brožurce *Jak zlepšit okna a nejen ta* (viz „okna_tes“ v adresáři astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e_papers/stavby/okna/), novější poznámky jsou např. v textu *Komponenty energeticky úsporných pasivních domů*, viz např. astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e_papers/stavby/keepd.html, a konečně jejich výborná funkce byla demonstrována posterem amper.ped.muni.cz/jenik/passiv/windows/ph_brno. Otevřela se tak možnost poměrně levného vylepšení všech starých dvojitých oken na pasivní standard, místo jejich zahození a náhrady okny novými, ve skutečnosti špatnými.

U slámy jde o proudění vzduchu hodně porézním materiálem (skulinami mezi stébly slámy). O možných řešeních, jak z tohoto velmi levného materiálu (který, umístěn do konstrukce domu, je současně výborným staletým skladem uhlíku, nashromážděného z ovzduší fotosyntézou) vytvořit izolační vrstvu o nic horší než jsou ty z ropných produktů nebo z minerální vlny, se píše v adresáři amper.ped.muni.cz/jenik/passiv/slama/.

4 Hřát vodu sluncem

je snad prototypem využití přírodního toku energie jako náhrady elektřiny (či nějakého spalování). Tomu jsme se věnovali od roku 1996, viz např. info na www.veronica.cz/main/main_energie.html. Je jasné, že tak lze nahradit jen malou část dnešní spotřeby fosilních paliv, ale je škoda takovou možnost nevyužít, když je v zásadě tak snadná a v některých aplikacích vlastně velmi stará (např. koupaliště se přímo sluncem ohřívají odedávna, nebýt slunce, nemůže jejich teplota přesáhnout rosný bod). Naši iniciativu nastartoval Jiří Svoboda, který navrhl extrémně levný, ale fyzikálně uspokojivý systém, a sám také vedl řadu svépomocných instalací.



Fyzikálně netriviální je otázka, jak moc tepla lze se solárních kolektorů odvést užitečně ohřátou kapalinou a jak moc tepla unikne do ovzduší (či jak moc slunečního záření se odrazí), tedy jaká může být účinnost kolektorů. Je to podobně jako u oken problém konvekce a zářivého toku. Na rozdíl od oken se ale na příslušné hi-tech vrstvy klade jiný požadavek: mají výborně absorbovat sluneční záření (pod tři mikrometry), tedy být co možná černé, ale výborně odrážet záření delších vlnových délek, podobně

jako aluminiová vrstva. Takové vrstvy se skutečně dnes na měděných absorbérech používají.

5 Vnímat a správně nazývat neviditelné toky

Pro Rezekvítek vznikl v roce 2000 popis sady různých pokusů a pozorování, které mají zájemce přivést k dobrému chápání zejména zářivých toků energie. Nemáte-li tištěnou podobu, najdete je na síti jako astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e_papers/pokusy.htm.

Dalším problémem je zmatené názvosloví a vůbec složitost termodynamiky, která je přitom tak podstatná pro každého z nás. Pomůckou může být text „*Co je to energie?*“ připravený pro tutéž publikaci, astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e_papers/clanky/energie.htm. Ve stejném adresáři je i text enepprac.htm *Kolik práce dá nemlžit?*, „zavádějící“ pojem elektrina.

6 Světlo je jed...

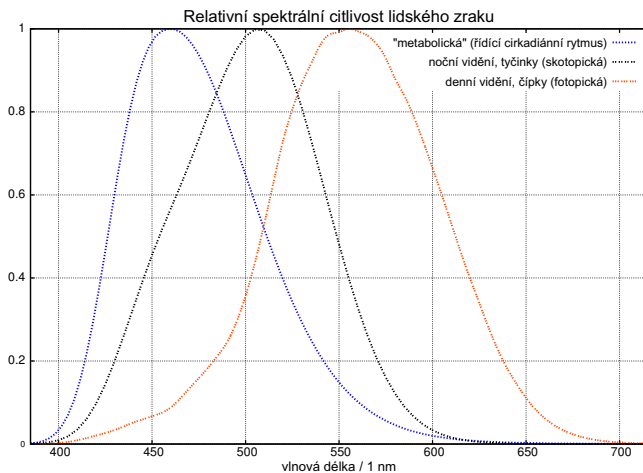
Koncem osmdesátých let se začali lidé z různých oborů zabývat tím, jaké problémy vznikají narušením přírodního nočního tmy, tedy umělým osvětlováním. Nejznámější se z nich stali astronomové (začalo se mluvit o tzv. světelném znečištění), ale osudné dopady venkovního umělého svícení byly publikovány (už od začátku dvacátého století) i v případě různých živočišných druhů, a byla též formulována domněnka, že nedostatek tmy může být příčinou zvýšeného výskytu různých nádorů v bohatých zemích.

My jsme začali překládat do češtiny některé texty o těchto problémech již v devadesátých letech, ve třetím tisíciletí pak jsme se začali snažit dostat ochranu nočního ovzduší před nežádoucím světlem do zákona. Předpokladem k tomu bylo, že škodlivé dopady umělého osvětlování lze velmi redukovat správnou fyzikou osvětlovacích soustav: totiž nulovou svítivostí směrem vodorovně a šikmo vzhůru. Takový požadavek je dnes v legislativě řady obcí a regionů, zejména v rámci Itálie, a je neobyčejně účinný. Je to navíc požadavek velmi přirozený. Vidíte-li v dále oslnivou lampu, je zcela na místě se zeptat: „*Proč mi vlastně svítí do očí? Nedá se to světlo směřovat lépe?*“

K této tematice je v češtině spousta informací na adrese svetlo.astro.cz. Většinou jde o informace populární, převzaté ze zahraničních zdrojů. V roce 2003 jsme ale začali s vlastním výzkumem nočního prostředí. Fyzikálně zajímavé z něj bylo měření slabého světla, hlavně pomocí moderních digitálních fotoaparátů (software k tomu je volně dostupný, pod licencí GPL). Rozsáhlé výsledky jsou dostupné v adresáři amper.ped.muni.cz/noc. Další výsledky jsme získali v roce 2005 při zkoumání nočního prostředí Krkonoš, ty lze najít tamtéž, v podadresáři „krnap“.

Legislativní návrhy jsou na www.veronica.cz/noc. Pokud bychom se omezili na pokažený pohled na noční krajinu, může se tvrzení, že světlo je jed (rozumí se uměle přidávané a v noci) zdát poněkud přehnané. Ukazuje se ale, že přírodní noční tma je podstatná pro mnoho živočišných druhů a tím i pro celé ekosystémy, viz článek amper.ped.muni.cz/noc/krnap/

LongcoreRich2004_cz.pdf. Je také potřebná pro lidský spánek. Kromě toho, dnes užívané intenzity večerního osvětlení v interiérech jsou tak vysoké, že organismus se neumí včas přepnout z metabolismu denního na plnohodnotný noční, což právě (hlavně prostřednictvím nedostatečné tvorby hormonu melatoninu) má dosti pravděpodobně za následek zvýšený výskyt nádorů. Více o tom článek (pro konferenci Zdravé domy) amper.ped.muni.cz/jenik/domy/svetlo.pdf a dále postery v adresáři amper.ped.muni.cz/noc/english/canc_rhythm/.



Co je přitom útechou: se světlem, ač je v dnešních dávkách v noci toxické, se lze naučit zacházet tak, aby téměř neškodilo, a přitom sloužilo našemu komfortu stejně nebo lépe než doposud. Kromě triviality, kterou je správné směřování, je to otázka správného spektrálního složení. Jedovatou složkou, matoucí náš organismus, je totiž v noci hlavně krátkovlnná polovina světelného spektra. Pro její vnímání máme stejné starobylé receptory (objevené ale až v tomto tisíciletí), jako všechna ostatní zvířata. Od dávno známých receptorů (tyčinek a čípků) se liší mimo jiné právě onou zvýšenou citlivostí na modrou barvu. Tu můžeme odfiltrovat, abychom měli dost světla řekněme na večerní čtení, a přitom se náš metabolismus choval tak, jako tomu bylo před sto lety před rozvojem elektrického osvětlování. Je dost možné, že důsledným vyloučením krátkovlnné poloviny světelného spektra (nejde-li o slabé světlo svíček) během noci můžeme snížit i výskyt mnoha dalších chorob. Tma, kterou dnes už umíme kvantifikovat, je totiž pro zdraví neméně důležitá než sluneční záření přes den.

7 Nechcete se do takových věcí také pustit?

S výjimkou výzkumu změn klimatu v žádném z výše uvedených oborů, týkajících se každodenního života každého z nás, nepracuje mnoho lidí s kloudným fyzikálním vzděláním, natož přímo fyziků (u nás ani pokud jde o klima). Přitom jsou to vlastně jednoduché věci, a kdyby se jim, třeba jen z vlastního sobeckého zájmu, věnovalo více badatelů s dobrými nápady, vývoj by šel mnohem rychleji žádoucím směrem a tempem.

Když se snažím si vzpomenout, kteří fyzikové udělali v posledních desetiletích něco podstatného pro ochranu našeho prostředí, napadá mne jen pár jmen:

- *Amory Lovins* předpověděl kdysi správně že růst blahobytu a hrubého národního produktu nebude vyžadovat stejný růst spotřeby elektřiny. Upozornil na to, že okna mohou fungovat lépe, a že topení není vůbec samozřejmé. V obou těchto směrech prosadil vznik nových technologií, které se dnes uplatňují po celém světě (viz např. kniha Faktor 4, recenze je na astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e_papers/faktor4/).
- *Wolfgang Feist* přišel s ideou pasivního domu, kterou pak v roce 1991 i zrealizoval. Od té doby je stále vůdčí postavou snah o nejlepší stavební standardy.
- *Josip Kleczek* po desetiletí připomínal, že slunce hřeje, a přednášením udržoval zájem o přímé využití slunečního záření u nás. Až dnes se ale taková technika začíná v širším měřítku uplatňovat, v ohromném skluzu za Rakouskem.
- *Klaus Heinloth* vysvětlil už v osmdesátých letech, že klima je potřeba chránit a že to lze skutečně dělat.
- *Pierantonio Cinzano* ukázal, že v noci už není tma (lightpollution.it/) a že se situace zhoršuje.
- *Jiří Svoboda* předvedl, že ohřívání sluncem není těžké a že i dobrý dům může být levný.
- *Yvonna Gaillyová* založila české ekologické poradenství, které je vůdčí silou při vzdělávání o ochraně klimatu

Na některých podstatných věcech nepracuje fyzik snad žádný – bylo by jich ale potřeba stovky... nebo aspoň jeden, pro začátek. Proč ne napřed v Česku a pak postupně i v každé další zemi? Občanská fyzika nabízí témata, která nejsou „obsazená“ spoustou badatelů a institucí. Každý zajímavý výsledek se může stát zakladatelskou prací nového oboru. Takovou, kterou ocení nejen budoucí kolegové badatelé. Spousta současných problémů je fyzikální povahy, politici či ekonomové je sami nevyřeší... A kromě toho, používat fyziku v běžném životě je radost!