

USB Interface KV8055 a jeho použití ve fyzice

VÁCLAV PAZDERA

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského

Při různých fyzikálních experimentech ve škole často potřebujeme měřit či naopak řídit různé elektrické veličiny. V dnešní době je možné pro tuto činnost využít řadu systémů podporovaných počítačem (ISES, Go! Link [1] atd.). Jednou z možností je také použití USB Interface KV8055.

USB Interface KV8055

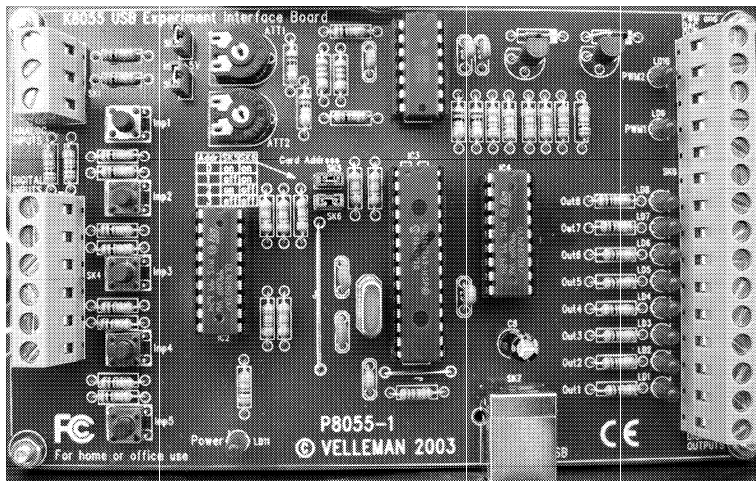
V nabídce firmy GM ELECTRONIC je k dispozici stavebnice USB experimentální vývojové desky (USB Experiment Interface Board) F – KV8055 [2]. Tuto stavebnici vyrábí belgická firma Velleman [3]. Je dodávána firmou GM ELECTRONIC pod označením F-KV8055, skladové číslo 764-367 za atraktivní cenu 779,- včetně DPH (cena aktuální v srpnu 2007).

Sestavený interface, společně s dodávanou knihovnou DLL, umožňuje psát a odzkoušet vlastní 32 bitové aplikace v operačních systémech Windows 98SE, 2000, Me a XP při použití programovacích jazyků Delphi, Visual Basic a C++ Builder.

Obr. 1 ukazuje plně osazenou experimentální desku, připojitelnou k USB rozhraní počítače. Experimentální deska je interface, který obsahuje:

- 5 digitálních vstupů, které jsou vyvedeny na svorkovnici společně s vývodem GND. K těmto digitálním vstupům je též připojeno 5 testovacích spínacích tlačítek umístěných na plošném spoji zkušební desky. V klidovém stavu je na vstupech logická 1 (High), sepnutím tlačítka se vstup

připojí ke společnému vodiči – GND, tzn. připojí se logická 0 (Low). Externě je možno ke svorkovnici připojit také spínací tlačítka, kontakty relé, spínací tranzistory atd. Takto můžeme například počítat impulsy, měřit dobu, testovat logické hodnoty apod.

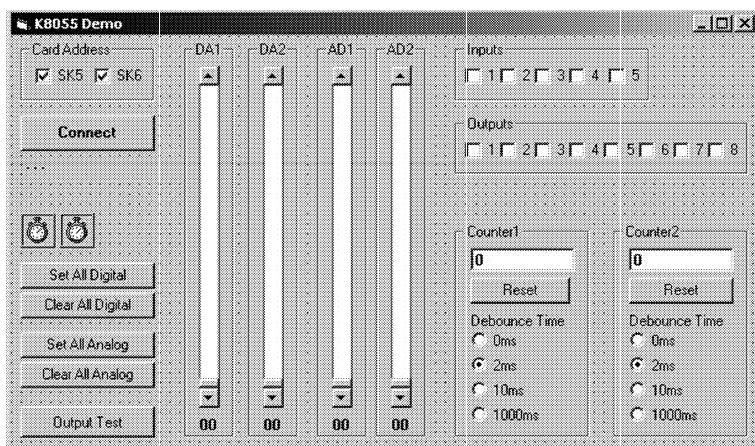


Obr. 1 K8055 USB Interface

- 8 digitálních spínacích výstupů s otevřeným kolektorem. Lze je zatížit maximálně napětím 50 V a proudem 100 mA. Stav každého z těchto výstupů je indikován červenou LED umístěnou na desce vedle šroubovací svorkovnice, na kterou jsou digitální výstupy vyvedeny. Těmito výstupy lze ovládat stroje, hračky, motory, žárovky, roboty atd.
- 2 analogové vstupy s 8-mi bitovým rozlišením, u kterých je možno volit zesílení vstupního signálu. Na analogové vstupy je povoleno přivést vstupní napětí o velikosti POUZE 0 až 5 V! Jsou vyvedeny na šroubovací svorkovnici vedle svorkovnice digitálních vstupů a je možno na ně externě připojit např. senzor teploty, potenciometr, měřit napětí atd. Interně je možno na analogové vstupy připojit testovací napětí 5 V.
- 2 analogové výstupy s 8-mi bitovým rozlišením, které pracují s výstupním napětím 0 až 5 V. Výstupní odpor DAC1 nebo DAC2 je 1,5 k Ω . Na výstupech, které jsou realizovány paralelně k DAC1 a DAC2 pomocí tranzistorů s otevřenými kolektory, lze generovat PWM signál (PWM

– pulsně šířková modulace – používá se pro optický přenos informací, řízení výkonu atd.) v rozsahu 0 až 100 %. Výstupy generující PWM je možno zatížit napětím maximálně 40 V a proudem do 100 mA. Stav analogových výstupů je indikován na dvou LED označených PWM1 a PWM2. Všechny 4 výstupy: DAC1 a DAC2, PWM1 a PWM2, jsou vyvedeny na šroubovací svorkovnici umístěnou vedle svorkovnice digitálních výstupů.

- Všeobecný čas konverze, je 20 ms/příkaz.
- Napájení interface je přes USB rozhraní. Proudový odběr je přibližně 70 mA.
- Součástí stavebnice je diagnostický software a komunikační DLL knihovna. Nainstalovaný demo software ulehčuje první experimenty se zkonstruovanou deskou.
- Na obr. 2 je vidět okno tohoto programu.



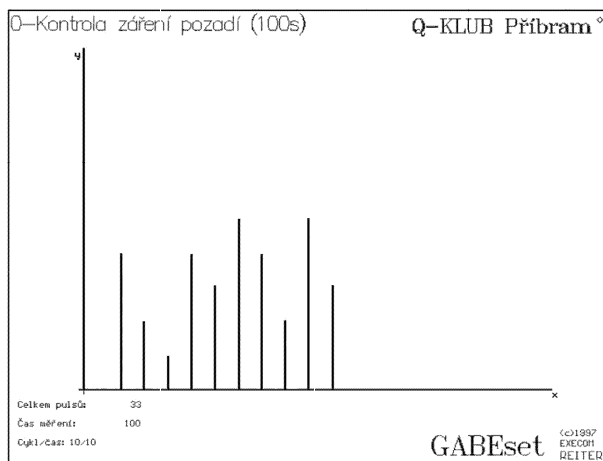
Obr. 2 Diagnostický software „K8055_Demo.exe“

Tento program je dodán i ve zdrojovém kódu a je možno ho v programovacích jazycích Delphi, Visual Basic a C++ Builder dále upravit pro aplikaci. Tohoto postupu jsem využil i při tvorbě následující aplikace.

Měření se soupravou GAMABETA

Didaktická souprava GAMABETA je určena k demonstraci vlastností záření gama a beta a způsobů ochrany před ionizujícím zářením. Podrobný

popis této soupravy je uveden v [4] nebo [5]. K této soupravě byl dodáván program GABESET [6], který fungoval pod operačním systémem DOS. Indikátor záření ze soupravy GAMABETA se připojoval do volného sériového (COM) portu počítače. Tento program povyšoval didaktickou účinnost soupravy GAMABETA. Program jsem několik let používal při výuce fyziky a byl jsem s ním velmi spokojen (viz obr. 3). Program GABESET nefunguje pod Windows 2000, Me, XP a další. Navíc připojení přes COM port je zastaralé. USB Interface KV8055 mi umožnil vytvořit nový program GamaBeta.



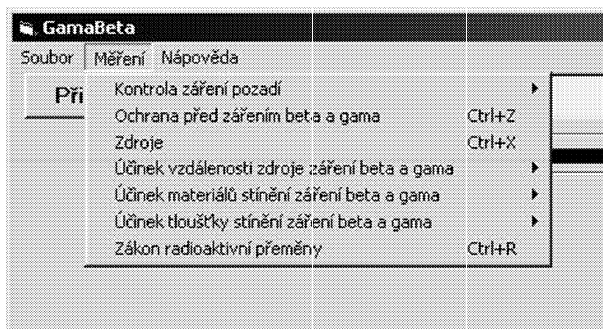
Obr. 3 Kontrola záření pozadí v programu GABESET

Program GamaBeta

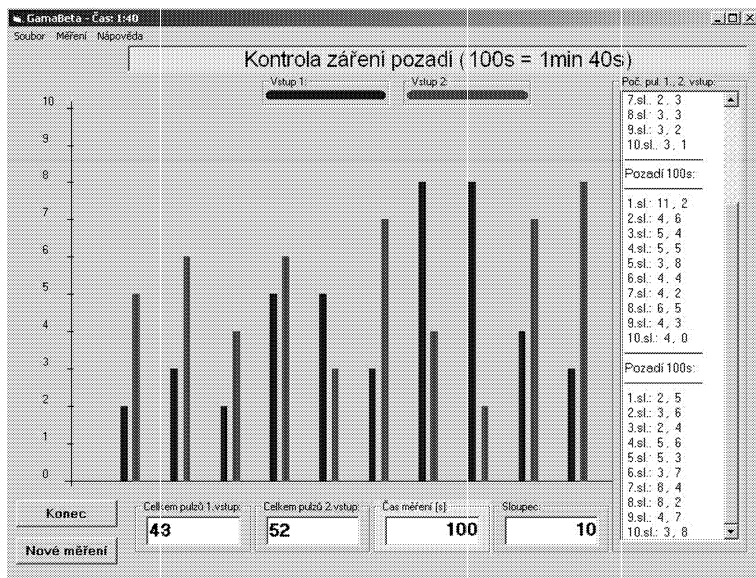
Tento program jsem vytvořil ve Visual Basicu podle programu GABESET. Skladbu jednotlivých úloh jsem přizpůsobil vlastní výuce. Na obr. 4 je náhled na základní nabídku úloh programu GamaBeta.

Na obr. 5 je vidět celé okno programu GamaBeta po skončení prvního základního nejjednoduššího měření: Kontrola záření pozadí. Měření je programováno v cyklech po 10 sekundách. Výsledky jednotlivých cyklů prokazují, že záření pozadí je statistický děj. V původním programu byl použit pouze jeden indikátor (jeden vstup) – viz obr. 3. Já jsem s výhodou využil připojení dvou indikátorů záření současně. Vstup 1 je vybarven

modře (tmavší sloupečky grafu) a vstup 2 červeně. Výhoda použití dvou indikátorů současně vynikne hlavně v dalších úlohách. Například na obr. 6 je ukázka úlohy „Účinek materiálu stínění na záření beta a gama“.

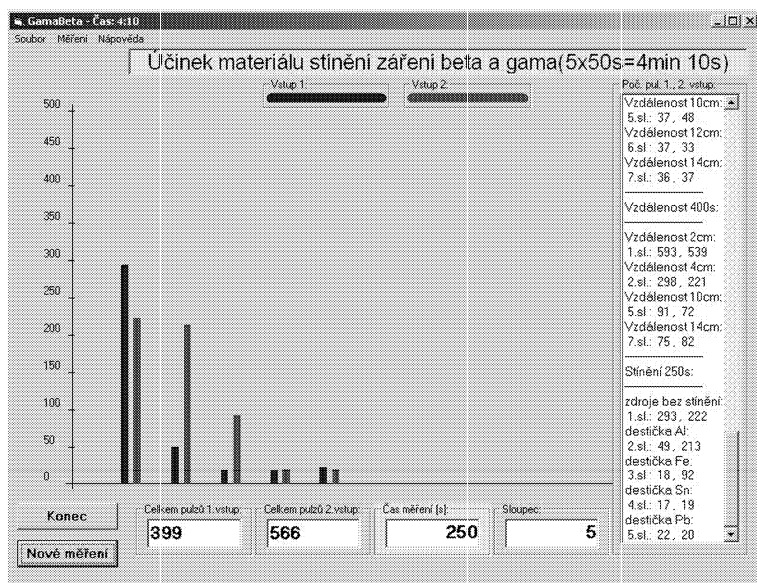


Obr. 4 Náhled menu programu GamaBeta

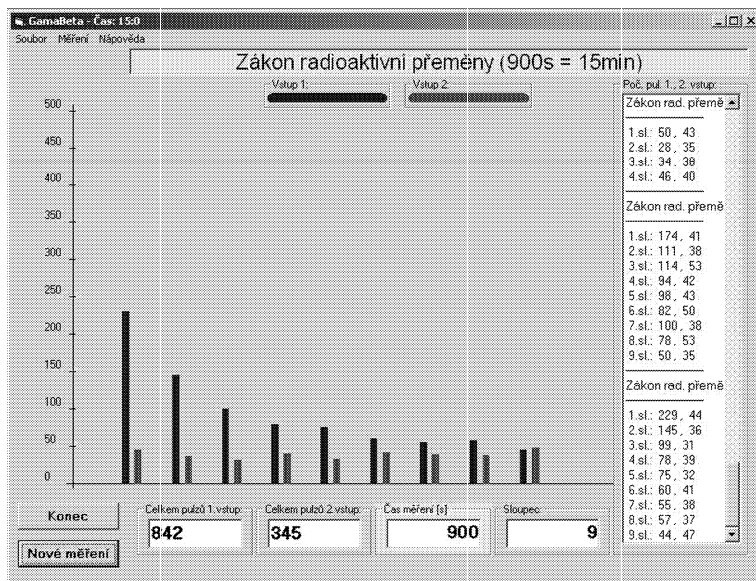


Obr. 5 Základní měření: Kontrola záření pozadí

První dva sloupceky zobrazují současné měření dvou indikátorů se zdroji záření beta a gama bez stínění. Další dva se stíněním Al destičkou atd. (Fe, Sn a Pb viz seznam v náhledu okna na obr. 6). Je krásně vidět, že záření beta (tmavší sloupcečky vlevo) má při stejné destičce menší pronikavost. Tím je ve srovnání s programem GABESET měření mnohem názornější a zkracuje se na poloviční dobu! Posledním příkladem měření uvedeného v tomto příspěvku je Zákon radioaktivní přeměny (viz obr. 7), který je možné realizovat se školním radionuklidovým generátorem. I zde byly použity dva indikátory. Jeden zaznamenává počet impulzů záření gama radionuklidu ^{137}mBa a druhý zaznamenává počet impulzů záření pozadí. Z obr. 7 je vidět, že přibližně polovina poklesu nárůstu modrých (tmavších) sloupců nastává před 3. minutou (po odečtení pozadí je přibližně polovina mezi druhým a třetím sloupcečkem). Přesná hodnota poločasu přeměny ^{137}mBa na ^{137}Ba je 2,55 minuty.



Obr. 6 Úloha: Účinek materiálu stínění na záření beta a gama



Obr. 7 Zákon radioaktivní přeměny

Závěr

Zkušenosti s programem GamaBeta ve spojení s počítačem a dataprojektorem ukazují, že je to moderní nástroj k názornému zobrazení naměřených výsledků a velmi zrychluje a automatizuje práci učitele, který je osvobozen od pracného zapisování a následného sestrojování grafu z naměřených hodnot.

USB Interface KV8055 lze využít i v hodinách informatiky, kde by mohl sloužit jako prostředek k výuce programování, která by se tím dala velmi dobře oživit a zkonkretizovat. Na naší škole ho využívám k měření se soupravou GAMABETA. Příkladem jiného vyzkoušeného použití je tesla-
metr vyrobený z Hallový sondy, který jsem připojil k analogovému vstupu interface (vyrobit si ho mohli účastníci mé dílny, která byla součástí setkání v Náchodě 2006 a v Kyjově 2007). V tomto případě se na displeji počítače zobrazují hodnoty magnetické indukce v jednotkách mT.

Zájemci o další informace mi mohou napsat na adresu:
pvaclav@centrum.cz

Literatura

- [1] <http://www.vernier.com/mbl/>
- [2] <http://www.gme.cz/index.php?action=detail&sklcis=764-367&lk=&sk=&pict=&jaz=>
- [3] <http://www.velleman.be/be/en/product/view/?id=351346>
- [4] *Svoboda E. a kol.*: Pokusy z fyziky na střední škole 4. díl. Prometheus Praha 2001. s. 215-221.
- [5] *Souprava GAMABETA.*: Popis a návod k použití. Praha, ČEZ 1998.
- [6] *PC program GABESET verze 1.1.*: Popis a návod k použití. Praha, ČEZ 1998.

Přirozené a nové fyzikální jednotky

LUBOMÍR SODOMKA

Adhesiv Liberec

Fyzikální veličiny musejí být měřitelné a výsledek měření je vyjádřen číselnou hodnotou a přesně definovanou jednotkou. Správnost číselné hodnoty fyzikální veličiny pak závisí na přesnosti metody fyzikálního měření. Tento postup, který nahradil dřívější pouze verbální popis, přejala z fyziky i ostatní vědy. Narůstající počet používaných jednotek fyzikálních veličin pak vedl ke vzniku soustav jednotek, kterými se budeme zabývat v tomto příspěvku.

Soustavy fyzikálních a technických jednotek

Fyzikální jednotky se vytvářely postupně od počátku civilizované historie v Babylonu, Egyptě pro astronomická a stavitelská měření. Tam vznikly mechanické jednotky a jednotky času definované na tehdejší dobu s velkou přesností, např. sekunda byla definována s přesností jedné setiny (0,01 s), jednotka délky byla definována babylonským dvojloktem z doby kyvu sekundového kyvadla. Takto definované jednotky jsou koherentní, tj. vzájemně souvisejí. Jednotka hmotnosti byla definována dobou výtoku kapaliny (vody) z nádoby, podobně i objem. Takové koherentní pojetí jednotek vzniklo v Evropě za více než 3 000 let.

S rozvojem fyziky zvláště od 17. století vznikají nové jednotky mechanické, elektrické, magnetické a další. To vedlo ke vzniku soustav jednotek, z nichž k nejznámějším patří *absolutní soustava* označovaná CGSE a CGSM, kde základními jednotkami byly pro délku centimetr – cm (C), hmotnost gram – g (G), čas sekunda – s (S). V soustavě CGSE se zavádí absolutní jednotka elektřiny (E) tak, že konstanta v Coulombově zákoně má jednotkovou velikost. To znamená, že dva bodové jednotkové náboje ve vzájemné vzdálenosti 1 cm na sebe působí jednotkovou silou (v soustavě CGSE 1 dyn). V soustavě CGSM má jednotkovou hodnotu konstanta v Ampérově zákoně. Kombinací obou soustav je *Gaussova soustava*, která pro elektrické veličiny používá soustavu CGSE a pro magnetické veličiny soustavu CGSM. S touto soustavou se můžeme ještě setkat ve starší fyzikální literatuře. Jinou soustavou jednotek je později zavedená technická soustava jednotek a absolutní soustava MKSA. Vedle těchto soustav existují např. v anglosaském světě soustavy jednotek, které se ještě dnes ve světě běžně užívají, i když v roce 1948 byla uzákoněna mezinárodní soustava jednotek označovaná ve zkratce SI (*Système international d'unités*). Soustavy jednotek zahrnují značné množství jednotek různých fyzikálních veličin, počet prakticky užívaných veličin je však relativně malý a jejich přehled je v tabulce 1.

Tabulka 1 Nejužívanější základních a odvozené fyzikální veličiny

Veličina	Název jednotky SI	Značka	Anglosaské jednotky
délka	metr	m	palec – inch (in = 25,4 mm) stopa – foot (ft = 304,8 mm) yard (yd = 914,4 mm) míle (mile = 1609,3 m)
plocha	čtvereční metr	m ²	sq. in., sq. ft., sq. yd., sq. mile (sq. = čtvereční)
objem	krychlový metr	m ³	gallon (gal $\doteq$ 4,55 dm ³) pint (pt $\doteq$ 1/8 gal $\doteq$ 0,57 dm ³)
hmotnost	kilogram	kg	pound (lb $\doteq$ 0,454 kg) ounce (oz = 1/16 lb $\doteq$ 28,35 g)
čas	sekunda	s	
rychlost	metr za sekundu	m · s ⁻¹	

zrychlení	metr za sekundu na druhou	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	
síla	newton	N	
energie, práce	joule	J	
výkon	watt	W	
tlak, mech. napětí	pascal	Pa	
teplota	kelvin, Celsiův stupeň	K, °C	
úhel	radián	rad	
prostorový úhel	steradián	sr	
teplo	joule	J	
el. proud	ampér	A	
el. napětí	volt	V	
intenzita el. pole	volt na metr	$\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$	
el. odpor	ohm	Ω	
el. vodivost	siemens	S	
kapacita	farad	F	
svítivost	kandela	cd	
světelný tok	lumen	lm	
osvětlení	lux	lx	

Jednotky soustavy SI a způsob jejich využívání stanoví norma [1]. Přehled jednotek fyzikálních veličin najdeme v mnoha publikacích, především v učebnicích nebo v publikaci [2] a také na webu (viz např. [3], popř. [4]).

Základní jednotky jsou pro některá praktická měření příliš malé a někdy příliš velké, takže se jednotky užívají v násobcích a dílech. V soustavě SI jsou přípustné pouze násobky a díly, z nichž největší je násobek 10^{24} (předpona yotta – Y, např. yottacoulomb YC) a nejmenší díl 10^{-24} (yokto – y, např. yoktosekunda ys). Byly navrženy, ale dosud nezavedeny další předpony pro násobky, popř. díly jednotek [5], a to pro 10^{27} xenna (X)

(xennometr – X_m), pro 10^{30} weka (W) a pro 10^{33} vendeka (V), pro 10^{-27} xenno (x) (xenometr – x_m), 10^{-30} weko (w) (wekojoule – wJ), 10^{-33} vendeko (v) (vendekokelvin – vK).

K vývoji soustav fyzikálních jednotek

Dříve než uvedeme stručný komentář k méně běžným a známým jednotkám, pojednáme o několika zajímavých historických skutečnostech vývoje jednotek a o filosofii jejich dalšího vývoje. Je zajímavou skutečností, že vývoj jednotek má svůj původ na středním východě zvláště v Mezopotamii a Egyptě. V Evropě byly délkové jednotky odvozeny nejprve z rozměru lidského těla, pak z rozměru Země, vytvářením délkových normálů, až pomocí vlnových délek spektrálních čar atomů. Podobně čas byl odvozen z astronomických měření, přes kyvadlový pohyb, kmitavý pohyb oscilátorů, až z frekvence přechodů energetických hladin v atomových hodinách. Vývoj jednotek hmotnosti ustrnul prozatím na úrovni normálu platinoiridiového válečku. Také jednotka elektrického proudu, původně definovaná množstvím vyloučeného stříbra při elektrolýze, byla nahrazena silovým působením magnetických účinků proudu. Jednotka teploty je definována termodynamicky.

Při definici jednotek je třeba vzít v úvahu současný stav přesnosti techniky a požadavek na stabilitu jednotky. Tu je možné zajistit tak, že definice je založena na atomovém systému, který se z historie fyziky jeví nejstabilnějším a nezníčitelným podle velkého třesku již po dobu kolem 20 miliard let. Z tohoto hlediska se jeví současná definice jednotky hmotnosti jako nekoherentní a definice jednotky elektrického proudu jako málo přesná. Vzhledem k tomu, že dnes již existují měření energie na atomových soustavách s přesností řádově 10^{-16} až 10^{-58} J, jeví se výhodnější možnost zavést jako základní jednotku místo hmotnosti buď energii, nebo hmotnost odvozovat od jednotky energie. Podobně je tomu i s elektrickým proudem, kde daleko přesněji než dosud definovaná jednotka proudu je měřena jednotka napětí. Také v tomto případě by bylo možné přejít k nové základní jednotce napětí, nebo jednotku proudu převádět z jednotky napětí. V obou případech by byly jednotky definovány přes atomové děje a tak by se soustava jednotek SI stala úplně koherentní. Objevy poslední doby, jako je kvantový Hallův jev, umožnily definovat velmi přesně i jednotku elektrického odporu na základě atomových dějů v pevných látkách. Jakou cestou se fyzika při volbě soustavy základních jednotek bude ubírat, je otázka pro budoucnost.

Méně časté fyzikální jednotky

Nyní obrátíme pozornost na jednotky, které nejsou tak běžné a známé nejširší veřejnosti. Jde např. o jednotky magnetických veličin. Vzhledem k tomu, že se magnetické účinky stále více užívají třeba k diagnostice nej-různějších chorob (viz např. počítačová tomografie využívající nukleární magnetickou rezonanci), setkáváme se stále častěji i v tisku s jednotkami veličin, které charakterizují magnetické pole. Jde o jednotky intenzity magnetického pole H , která se v soustavě CGSM vyjadřovala v oerstedech (Oe) a nyní se vyjadřuje v soustavě SI v jednotkách ampér na metr (A/m). Další častou veličinou je indukce magnetického pole B , jejíž jednotkou byl dříve gauss (G) a v soustavě SI je to nyní tesla (T). Chceme-li přepočítat intenzitu magnetického pole z jednotky v SI A/m na jednotky v Oe, musíme hodnotu v A/m násobit veličinou $4\pi \cdot 10^{-3}$. K převodu magnetické indukce z jednotek v SI na jednotky v G je nutné násobit číslem 10^4 , takže $1 \text{ A/m} = 4\pi \cdot 10^{-3} \text{ Oe}$ a $1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$.

V současné době s rozvojem jaderné fyziky a jejích aplikací se dostávají do popředí zájmu i jednotky jaderné fyziky, kterými se např. vyjadřují požadavky na bezpečnost z hlediska ozáření. Jde o jednotky radioaktivity, dávky záření a poločasu přeměny (rozpadu). Radioaktivita se měří počtem přeměn jader atomů radioaktivních látek za sekundu. Jednotkou je becquerel (Bq), což je jednotka vyjadřující jednu přeměnu za sekundu. Dříve užívaná jednotka radioaktivity byla curie (Ci), odpovídající počtu rozpadů jednoho gramu radia za jednotku času, takže platí $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$.

Pro bezpečnost jaderného provozu je třeba znát dávku ozáření. Jednotka je definována dávkou energie záření pohlcenou 1 kg látky a nazývá se gray – Gy ($1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$). Chceme-li hodnotit působení dávky záření na živý organismus, užíváme jednotku sievert (Sv), ve které je započtena i biologická účinnost různého druhu záření. Biologická dávka záření 10 Sv způsobuje nemoc ozářením a následnou smrt, dávka 1 Sv způsobuje rakovinu a dávka 0,8 mSv je normální dávka z přírodního pozadí, kterému je vystaven každý člověk, a způsobuje rakovinu jednoho ze 100 000 obyvatel. Dávky vystupující z jaderných elektráren nesmějí přestoupit hodnotu 0,05 mSv, což je hluboko pod přirozeným pozadím.

V poslední době v souvislosti se vznikem ozonové díry byla zavedena jednotka udávající obsah ozonu v atmosféře. Je měřena Dobsonovou jednotkou (DU – *Dobson Unit*) definovanou počtem $2,7 \cdot 10^{20}$ molekul ozonu na m^2 a představuje vrstvu ozonu o tloušťce 0,01 mm shromážděného ze sloupce vzduchu nad uvažovaným místem. Obsah molekul ozonu v horních vrst-

vách atmosféry reguluje pronikání ultrafialového záření atmosférou a filtruje jeho škodlivé účinky na živé organismy. Za standardních podmínek by měla mít vrstva ozonu tloušťku 3 mm, což odpovídá 300 DU. K nově používaným jednotkám můžeme přiřadit také jednotku bit (b) používanou v teorii informace. Tato jednotka udává, že ze dvou možných událostí nastane jediná. Její energetický ekvivalent je přibližně $8 \cdot 10^{-24}$ J/K.

S rostoucími rozsahem vědeckých poznatků bude docházet k novým definicím jednotek na základě přesnějších metod založených na jevech v atomech, dojde k přehodnocení i mezinárodní soustavy jednotek SI. Lze předpokládat i vznik nových měřitelných veličin a odpovídajících nových jednotek pro jejich vyjádření.

Přírozené fyzikální jednotky

Vedle historicky zavedených jednotek a jejich soustav, které ověřila praxe a osvědčily se jako užitečné (např. soustava SI), docházelo ke vzniku přirozených soustav jednotek, které více odpovídaly teoretickým představám fyziky a staly se nezávislými na historii jejich vzniku a invenci člověka a lépe odpovídají základním zákonům fyziky.

První, kdo přišel s myšlenkou přirozených jednotek ve fyzice, byl v roce 1899 pozdější objevitel kvantové podstaty světla *M. Planck*. Je zajímavé poznamenat, že Planck objevil přirozenou soustavu jednotek bez znalosti Planckovy konstanty h (popř. Diracovy konstanty $\hbar = h/2\pi$), na kterých je přirozená soustava jednotek založena. Planck hledal totiž soustavu jednotek použitelnou po všechny časy, pro všechny civilizace, popř. i mimozemské. Přirozená soustava jednotek dostala podle Plancka také jméno *Planckova (přirozená) soustava jednotek*. Je založena na pěti univerzálních fyzikálních konstantách. Je to rychlost světla ve vakuu $c = 299\,792\,458$ m/s, Diracova (Planckova) konstanta $\hbar = 1,054\,571\,596 \cdot 10^{-34}$ kg·m²·s⁻¹, gravitační konstanta $G = 6,673 \cdot 10^{-11}$ m³·kg⁻¹·s⁻², Boltzmannova konstanta $k_B = 1,380\,650\,3$ kg·m²·s⁻²·K⁻¹ a konstanta Coulombova zákona $1/4\pi\epsilon_0 = 8,987\,814 \cdot 10^9$ m·F⁻¹, kde ϵ_0 je permitivita vakua. Kromě univerzálních konstant se užívá v Planckově soustavě jednotek bezrozměrová základní fyzikální konstanta jemné struktury α , která souvisí s elementárním nábojem e definičním vztahem $\alpha = e^2/(\hbar c 4\pi\epsilon_0) = 7,297\,352\,537 \cdot 10^{-3}$.

Zatímco uzákoněná soustava SI je užitečná pro běžnou fyzikální a zvláště pro technickou praxi, jsou zavedené přirozené jednotky užitečné pro teoretickou fyziku a astrofyziku. Při užívání Planckovy soustavy jednotek získáme v ní všechny fyzikální rovnice tak, že v běžných fyzikálních rovnicích

a zákonech položíme univerzální konstanty $c = \hbar = G = k_B = 1/4\pi\epsilon_0 = 1$. V tabulce 2 je uveden přehled základních jednotek Planckovy soustavy a jejich ekvivalent v soustavě SI. Příklady odvozených jednotek Planckovy soustavy lze nalézt na adrese [6].

Tabulka 2 Základní jednotky Planckovy soustavy (viz [5])

Název jednotky	Vztah	Přibližný ekvivalent v SI
Planckova délka	$l_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$	$1,616\,252 \cdot 10^{-35}$ m
Planckova hmotnost	$m_p = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}}$	$2,17645 \cdot 10^{-8}$ kg
Planckův čas	$t_p = \frac{l_p}{c} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}}$	$5,391\,21 \cdot 10^{-44}$ s
Planckův náboj	$q_p = \sqrt{\hbar c 4\pi\epsilon_0}$	$1,875\,545\,9 \cdot 10^{-18}$ C
Planckova teplota	$T_p = \sqrt{\frac{\hbar c^5}{G k_B^2}}$	$1,416\,79 \cdot 10^{32}$ K

Zavedením Planckovy soustavy se změní všechny rovnice fyziky, kde se vyskytují základní jednotky Planckovy soustavy, které je třeba nahradit 1. Tak se změní Newtonův gravitační zákon pro sílu F_g z $F_g = -Gm_1m_2/r^2$ na $F_g = -m_1m_2/r^2$ a podobně další fyzikální rovnice, jako je Schrödingerova rovnice, výraz pro energii fotonu, Einsteinův vztah ekvivalence hmotnosti a energie, vztah pro ekvipartiční zákon, pro Coulombův zákon a pro Maxwellovy rovnice. Jejich úpravu do Planckovy soustavy najde čtenář rovněž na adrese [6].

Vedle Planckových přirozených jednotek se objevila celá řada dalších přirozených soustav, jako jsou např. *Stoneyova soustava* ($c = 1$, $G = 1$, $e = 1$, $1/4\pi\epsilon_0 = 1$, $k_B = 1$, $\hbar = 1/\alpha$), *Schrödingerova soustava* ($c = 1$, $G = 1$, $e = 1$, $1/4\pi\epsilon_0 = 1$, $k_B = 1$, $\hbar = 1$, $c = 1/\alpha$), *atomová (Hartreeova) soustava* ($c = 1/\alpha$, $e = 1$, $m_e = 1$, $1/4\pi\epsilon_0 = 1$, $k_B = 1$, $\hbar = 1$), *elektronická soustava* ($c = 1$, $e = 1$, $m_e = 1$, $1/4\pi\epsilon_0 = 1$, $k_B = 1$, $\hbar = 1/\alpha$), *kvantová elektrodynamická soustava* ($c = 1$, $e = 1$, $m_p = 1$, $1/4\pi\epsilon_0 = 1$, $k_B = 1$, $\hbar = 1/\alpha$), *geometrizedovaná soustava* ($1/4\pi\epsilon_0 = 1$, $k_B = 1$), která pro $\hbar = 1$ přechází v Planckovou soustavu.

Nové definice základních jednotek v soustavě SI

Jak bylo uvedeno již v historickém úvodu o jednotkách, není dosud celá soustava jednotek zcela koherentní. Hlavní výjimkou je jednotka hmotnosti, která je definována dosud antropometricky, tj. platinoiridiovým válečkem, který slouží jako normál (prototyp) jednotky. Další otázkou jednotek je jejich definice vztahující se k současné přesnosti měření. V tom smyslu je problematická definice ampéru. Poněvadž dosavadní soustava jednotek SI má své slabiny, uvažuje se o jejich předefinování. Z fyzikálního hlediska by měly být nové definice vázány na základní fyzikální konstanty elementární náboj e , Planckovou konstantu h , Boltzmannovu konstantu k_B a Avogadrovu konstantu N_A . V tom smyslu vydal v roce 2005 Mezinárodní výbor pro váhy a míry (CIPM) doporučení k přípravným krokům na vytvoření nových definicí kilogramu, ampéru, kelvinu a molu, vztažených na základní fyzikální konstanty. Termínem, kdy by nové definice jednotek měly být uvedeny do života, je uvažován rok 2011 [9]. Poněvadž podrobnosti k zavádění nových jednotek lze najít v tomto článku, budou uvedeny dále již jen návrhy na definice nových jednotek ve slovním vyjádření:

Kilogram je hmotnost tělesa, jehož ekvivalentní energie je rovna energii takového počtu fotonů, že součet jejich frekvencí je přesně $[(299\,792\,458)/266\,260\,693] \cdot 10^{41}$ Hz. Přitom se užívá Einsteinův vztah mezi hmotností a energií a Planckův vztah pro energii fotonu.

Ampér je elektrický proud, který odpovídá toku přesně $1/(1,602\,176\,33 \cdot 10^{-19})$ elementárních nábojů za sekundu.

Kelvin je změna termodynamické teploty, která vede ke změně tepelné energie $k_B T$ přesně o $1,380\,605 \cdot 10^{-23}$ J.

Mol je takové množství látky, které obsahuje přesně $6,022\,141\,5 \cdot 10^{23}$ specifikovaných elementárních jedinců, což mohou být atomy, molekuly, ionty, elektrony, jiné částice nebo jejich specifikované skupiny.

Metr je taková délková jednotka, že rychlost světla ve vakuu je přesně rovna $299\,792\,458$ m/s.

Sekunda je taková jednotka času, že frekvence přechodu mezi sousedními hladinami hyperjemné struktury základního stavu atomu cesia 133 je přesně rovna $9\,192\,631\,770$ Hz.

Kandela je taková jednotka svítivosti v daném směru, že spektrální světelná účinnost monochromatického záření o frekvenci $540 \cdot 10^{12}$ Hz je přesně rovna 683 lm/W.

Lze konstatovat, že v běžné praxi se zavedení nových jednotek významně neprojeví. V metrologii a ve vědních oborech závislých na přesném měření bude zavedení nových jednotek mít komplikovanější dopady. Přijetí nové soustavy v roce 2011 zaručí, že budou uspokojeny budoucí potřeby jak metrologie tak i kvantových disciplín a soustava jednotek SI bude nadále vytvářet spojení mezi vědou a praxí.

Zhodnocení a závěr

Z Planckových veličin uvedených v tab. 2 poznáváme, že některé jejich hodnoty, jako jsou např. Planckova délka, čas, teplota, síla, výkon, hustota, úhlová frekvence, tlak, elektrické napětí, se vymykají běžným fyzikálním představám a pro jejich řádové hodnoty nemáme dosud zavedeny ani vhodné zkratky. Dostaneme-li se v hodnotách délek a času pod hodnoty t_P a l_P , stává se tato část časoprostoru nespojitá, kvantovaná. Je třeba poznamenat, že přirozené jednotky jsou sice univerzální, ale pro praktickou činnost ve fyzice a technice jsou nepoužitelné. Pro výuku fyziky jsou však vhodné jako ilustrace, kam až fyzika může dosáhnout. Pro běžnou fyziku je třeba vnímat je jako teoretickou kuriozitu, která se hodí k užití pro teoretické univerzální úvahy, zvláště pak pro úvahy kolem velkého třesku.

Literatura

- [1] ČSN ISO 1000 Jednotky SI a doporučení pro užívání jejich násobků a pro užívání některých dalších jednotek, ČNI, Praha 1997.
- [2] *Mikulčák, J. – Charvát, J. – Macháček, M.*: Matematické, fyzikální a chemické tabulky a vzorce pro střední školy, Prometheus, Praha 2003.
- [3] <http://www.converter.cz/>
- [4] <http://physics.nist.gov/cuu/Units/index.html>
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Non-SI_unit_prefix
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Planck_units
- [7] *Svoboda, P.*: Kvantové jevy v pevných látkách a jejich využití k měření elektrických veličin. Čs. Čas. Fyz. 47, 1997, č. 3, s. 137.
- [8] *Šindelář, V.*: 130 let od vzniku Metrické konvence. Čs. Čas. Fyz. 56, 2006, č. 4, s. 240.
- [9] *Svoboda, P.*: Nové definice některých základních jednotek měření v soustavě SI. Čs. Čas. Fyz. 57, 2007, č. 2, s. 99.