



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Jméno autora: Mgr. Zdeněk Chalupský

Datum vytvoření: 6. 9. 2012

Číslo DUM: VY_32_INOVACE_05_FY_A

Ročník: I. a II.

Fyzika

Vzdělávací oblast: Přírodovědné vzdělávání

Vzdělávací obor: Fyzika

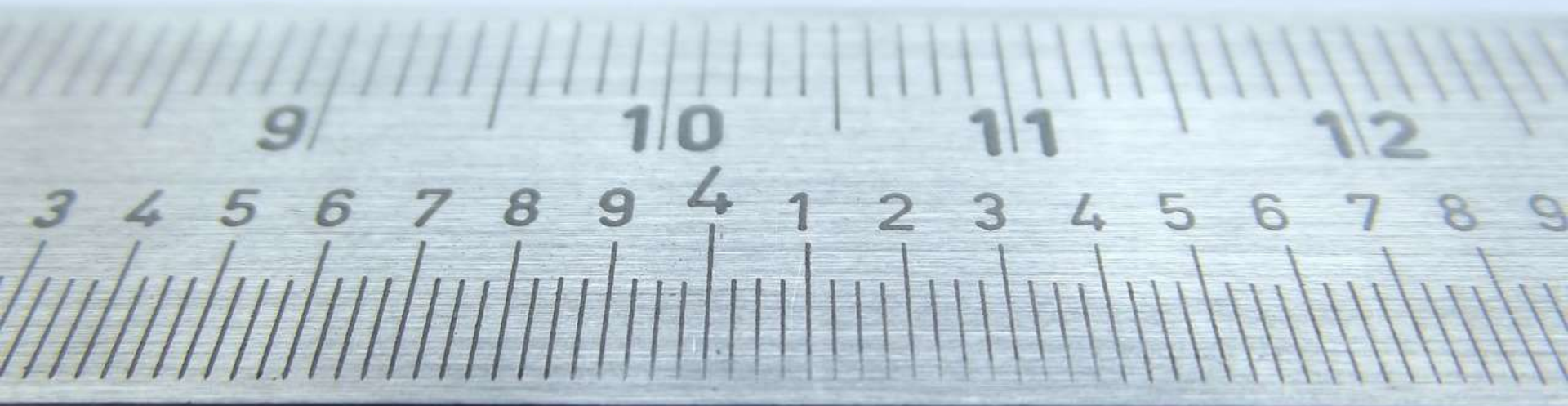
Tematický okruh: Úvod

Téma: Vznik soustavy SI

Metodický list/anotace:

- Důvody vzniku mezinárodní soustavy SI, její principy – požadavky na základní strukturu jednotek, nedostatky vyplývající ze současných požadavků na přesnost a neměnnost hodnot základních jednotek, řešení.

Soustava SI



- ▶ Vznik mezinárodní soustavy SI
- ▶ Obecné požadavky na systém jednotek
- ▶ Definice základních jednotek SI
- ▶ Struktura soustavy SI
- ▶ Hmotnost – slabý článek SI
- ▶ Původní definice SI
- ▶ Nové definice SI
- ▶ Základní jednotky SI v Aj
- ▶ Související odkazy

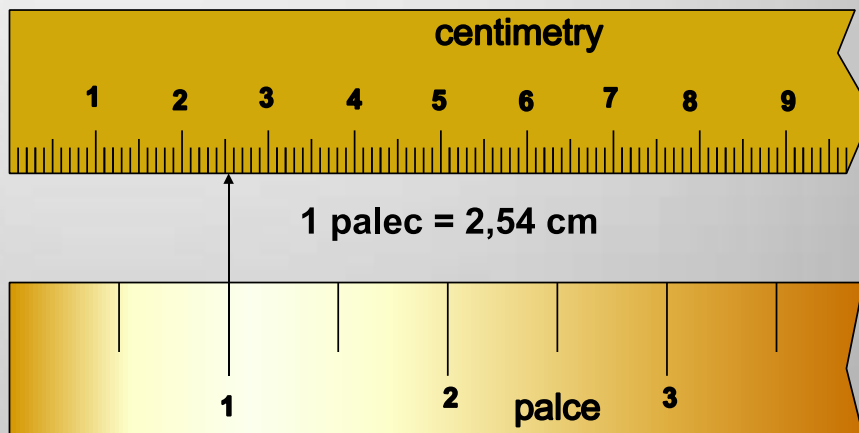
Vznik mezinárodní soustavy SI

Potřeba sjednotit používané míry a váhy pro společný obchod a výrobu a výzkum.



Obr. 2

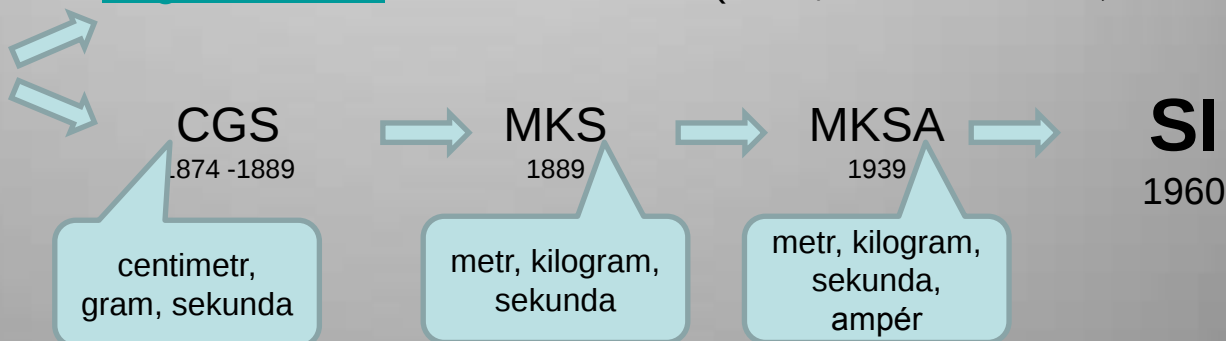
Historický palec v mm	
Bavorsko	24,32
Francie	27,07
Portugalsko	27,5
Prusko	26,15
Rakousko	26,34
Sasko	23,60
Španělsko	23,22
Švédsko	24,74



Obr. 3

Měrné soustavy a vznik mezinárodní soustavy SI

Angloamerická měrná soustava (USA, Velká Británie, Barma)

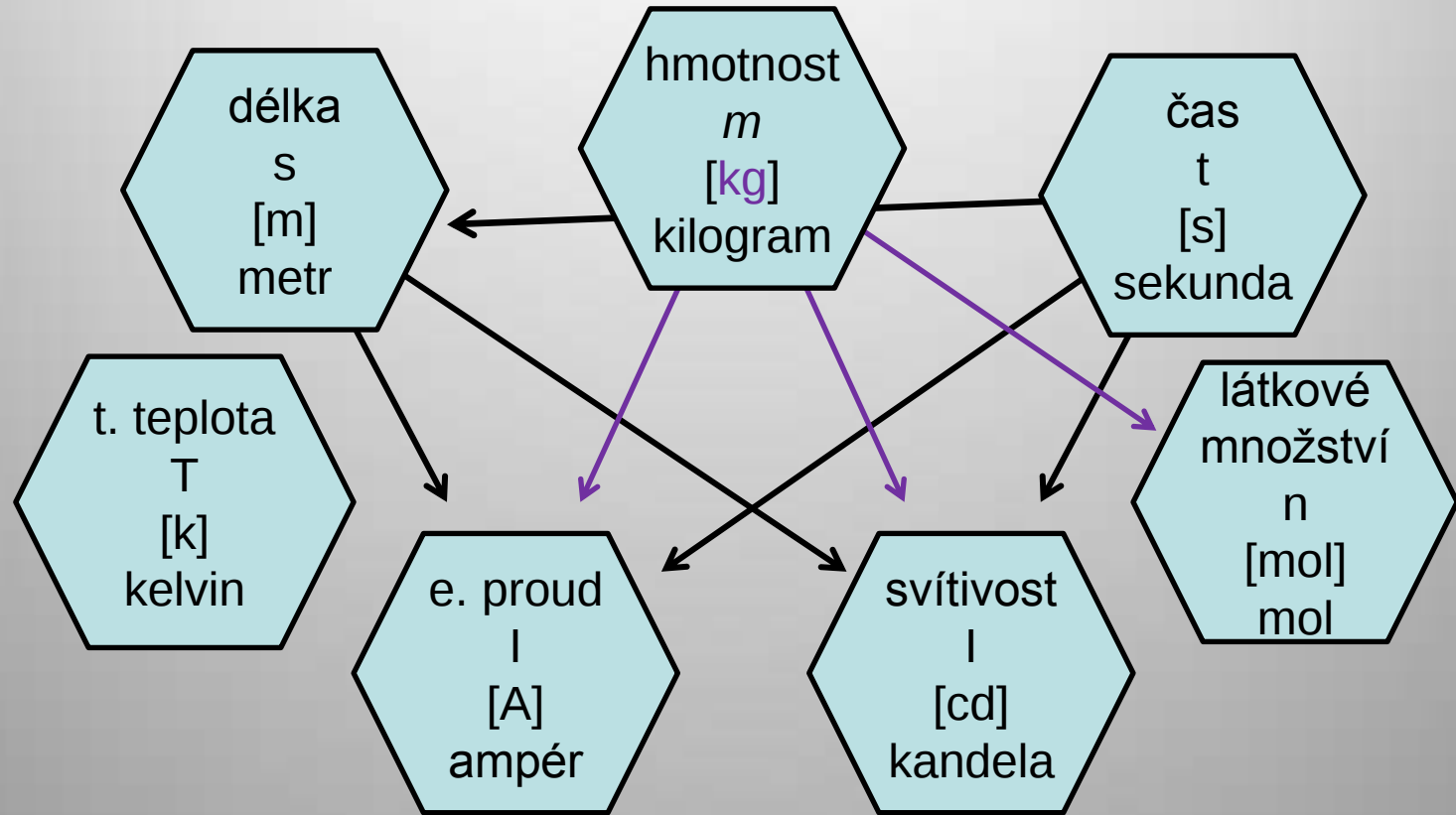


Metrický systém prokázal svou praktičnost, ukázal se jako mnohem racionálnější než jakýkoliv jiný systém (jeho předností je používání desetinného systému, který se uplatňuje ve vztazích mezi veličinami: $1 \text{ liter vody} \triangleq 1 \text{ kg} \triangleq 1 \text{ dm}^3$)

Obecné požadavky na systém jednotek

1

Nejdříve zvolíme malý počet, na sobě nezávislých, základních veličin.



2 ke zvoleným základním veličinám stanovíme základní jednotky.

Původně byly základní jednotky stanoveny jako na sobě vzájemně nezávislé.

U současných základních jednotek však není vzájemná nezávislost zcela zajištěna.



Definice základních jednotek SI

Červeně uvedené jednotky mají vazbu na „nepřesný“ kilogram.

hmotnost [m] – kilogram [kg]

1 kg je hmotnost mezinárodního prototypu kilogramu, který je uložen v Mezinárodním úřadu pro míry a váhy v Sèvres u Paříže.

čas [t] – sekunda [s]

1 s je doba trvání 9 192 631 770 period záření, které přísluší přechodům mezi dvěma hladinami velmi jemné struktury základního stavu atomu césia 133Cs.

délka [s] – metr [m]

1 m je délka rovnající se vzdálenosti, kterou uběhne světlo ve vakuu za $1/299\,792\,458$ s.

elektrický proud [I] – ampér [A]

1 A je proud, který při stálém průtoku dvěma rovnoběžnými přímými velmi dlouhými vodiči zanedbatelného průřezu, umístěnými ve vakuu ve vzdálenosti 1 m od sebe, vyvolá mezi vodiči sílu $2 \cdot 10^{-7}$ newtonů na jeden metr délky.

teplota [T] – kelvin [K]

1 K je $1/273,16$ -tý díl termodynamické teploty trojného bodu vody.

látkové množství [n] – mol [mol]

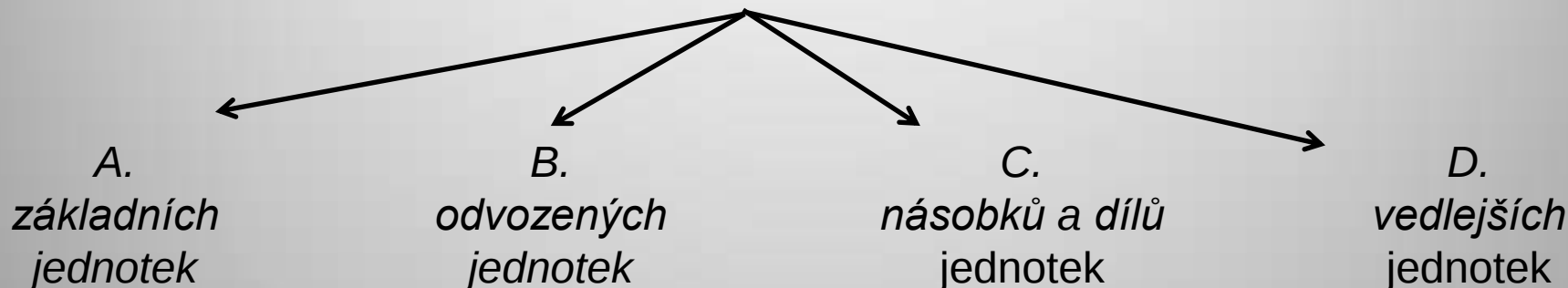
1 mol je látkové množství soustavy, která obsahuje právě tolik elementárních jedinců, kolik je atomů v 0,012 kg uhlíku 12C.

svítivost [I] – kandela [cd]

cd je svítivost zdroje, který vysílá monochromatické záření frekvence 540,1012 Hz a jehož zářivost v daném směru činí $1/683$ wattů na steradián.

Struktura soustavy SI

Soustava SI (zkratka z francouzského Le **S**ystème International d'Unités)
mezinárodně domluvená soustava jednotek fyzikálních veličin, která se skládá ze:



1. hmotnost – m
kilogram [kg]
2. Čas – t
sekunda [s]
3. délka – s
metr [m]
4. elektrický proud – I
ampér [A]
5. teplota – T
kelvin [K]
6. látkové množství – n
mol [mol]
7. svítivost – I
kandela [cd]

Ze základních jednotek se odvozuje velký počet odvozených jednotek pomocí definičních rovnic. To jsou takové, které se dají vytvořit ze základních jednotek přímo, bez použití převodního vztahu. Mohou mít vlastní název.

Například rychlost:

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{\{m\}}{[s]}$$

Násobky a díly jednotek se tvoří ze základních a odvozených jednotek násobením nebo dělením mocninou deseti. Zavedená praxe upřednostňuje mocninu 10^3 . V odůvodněných případech 10^2 .

Normalizované předpony.

Příklad:

$$F = 1 \cdot 10^3 \text{ N} = 1 \text{ kN}$$

$$p = 25 \cdot 10^2 \text{ Pa} = 25 \text{ hPa}$$

Vedlejší jednotky se používají z praktických důvodů, ale do soustavy SI nepatří.

Vedlejší jednotky:

pro čas

minuta, hodina, den, ...

pro objem

litr

pro hmotnost

tuna, atomová hmotnostní jednotka

pro energii

elektronvolt

a další

Hmotnost – slabý článek SI

Kilogram je poslední z jednotek SI, která je definována fyzickým etalonem.

Prototyp kilogramu ovlivňuje 4 ze 7 jednotek a přitom je nejméně přesný, stálost mezinárodního prototypu totiž nelze zaručit.

Při vážení etalonu kilogramu (ze slitiny platiny a iridia) v roce 1988, bylo zjištěno, že je 50 mikrogramů lehčí než jeho kopie.[1]

$$50\mu g = 0,00005g = 50 \cdot 10^{-6}g$$



Obr. 4

Na definici kilogramu v současnosti závisí také jednotky, viz snímek 4.:

ampér [A]

mol [mol]

kandela [cd]

Proto také jejich hodnoty nemohou být považovány, z hlediska vlivu času na etalon kilogramu, za zcela přesné.

V posledních letech vrcholí přípravy na redefinici základních jednotek SI tak, aby byly všechny odvozeny od přírodních konstant po vzoru stávající definice metru. Klíčovou konstantou je Planckova konstanta.

Původní definice SI

metr – (1793) „Původně byl metr odvozen od rozměrů [Země](#) a 1 metr byl definován jako délka jedné desetimilióntiny zemského kvadrantu (poloviny délky [poledníku](#)).“[5]

kilogram – (1793) „Kilogram byl zvolen tak, aby odpovídal hmotnosti 1 [litru vody](#) prosté vzduchu při teplotě, při které má voda maximální hustotu (3,98 °C), při normálním [atmosférickém tlaku](#) (760 [mm Hg](#)).“[6]

sekunda – (1960) „Sekunda tak byla definována jako $1 / 31\,556\,925,9747$ [tropického roku](#) pro 12 hodin 0. ledna 1900 [efemeridového času](#).“[7]

ampér – (1946) „Ampér byl původně definován jako jedna desetina elektromagnetické jednotky proudu ze [soustavy CGS](#) (známá jako [abampér](#), [absolutní ampér](#)), která generuje sílu dvou [dynů](#) ($1 \text{ dyn} = 10^{-5} \text{ N} \approx 1,019716 \cdot 10^{-6} \text{ kp}$) na [centimetr](#) délky mezi dvěma vodiči, které jsou od sebe vzdáleny jeden centimetr.“[8]

kelvin – (1743) Původně Celsia stupnice, byla získána tím, že 0 ° C se přiřadila bodu mrazu vody a 100 ° bodu varu vody. 1°C potom rozdělením stupnice na 100 dílků.

mol – (1900) Molekulová hmotnost látky v jednotkách hmotnosti – gramech.

kandela – (1967) Kandela je svítivost $1/600\,000 \text{ m}^2$ povrchu černého tělesa ve směru kolmém k tomuto povrchu při teplotě tuhnutí platiny 1 768 °C a při tlaku 101 328 Pa.

Nové definice SI

- [Mezinárodní výbor pro míry a váhy](#) (CIPM) v roce 2011 navrhl **změnu definic základních jednotek soustavy SI**.
- Změna definic může vstoupit v platnost po 25. [Generální konferenci pro míry a váhy](#) (CGPM) v roce 2014 anebo později.
- Změna definic je závislá na pokroku v přesnosti a **konzistenci** určení Planckovy konstanty.
- Sada sedmi základních jednotek, ale zůstane zachována: [metr](#), [kilogram](#), [sekunda](#), [kelvin](#), [ampér](#), [kandela](#), [mol](#).
- Stávající definice sekundy, metru a kandely jsou považovány za vyhovující, a proto se změní jen jejich formulace s ohledem na jednotný formát pro všechny jednotky.
- Definice kilogramu, ampéru, kelvinu a molu ale budou principiálně změněny, aby každá z těchto jednotek byla pevně spjata s určitou neměnnou vlastností přírody.
- Důležitým požadavkem na nové definice je samozřejmě [zpětná kompatibilita](#), tedy aby nové jednotky byly stejně velké jako stávající s maximální dostupnou přesností.

Text nově navrhované definice.

„[Kilogram](#) „kg“ je jednotka [hmotnosti](#); jeho velikost je určena číselnou hodnotou [Planckovy konstanty](#), která je rovna přesně $6,626\,068 \times 10^{-34}$, je-li vyjádřena v jednotkách $\text{s}^{-1} \text{m}^2 \text{kg}$, což je ekvivalent jednotky J s .“ [2]

Základní jednotky SI v Aj

Tabulka převzata s anglické verze Wikipede [9]

Unit name	Unit symbol	Quantity name	Definition (Incomplete)	Dimension symbol
metre	m	length	Original (1793): 1/10000000 of the meridian through Paris between the North Pole and the Equator Current (1983): The distance travelled by light in vacuum in 1/299792458 second	L
kilogram	kg	mass	Original (1793): The grave was defined as being the weight [mass] of one cubic decimetre of pure water at its freezing point. Current (1889): The mass of the International Prototype Kilogram	M
second	s	time	Original (Medieval): 1/86400 of a day Current (1967): The duration of 9192631770 periods of the radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of the caesium 133 atom	T
ampere	A	electric current	Original (1881): A tenth of the electromagnetic CGS unit of current. The [CGS] emu unit of current is that current, flowing in an arc 1 cm long of a circle 1 cm in radius creates a field of one oersted at the centre. Current (1946): The constant current which, if maintained in two straight parallel conductors of infinite length, of negligible circular cross-section, and placed 1 m apart in vacuum, would produce between these conductors a force equal to 2×10^{-7} newton per metre of length	I
kelvin	K	thermodynamic temperature	Original (1743): The centigrade scale is obtained by assigning 0° to the freezing point of water and 100° to the boiling point of water. Current (1967): The fraction 1/273.16 of the thermodynamic temperature of the triple point of water	Θ
mole	mol	amount of substance	Original (1900): The molecular weight of a substance in mass grams. Current (1967): The amount of substance of a system which contains as many elementary entities as there are atoms in 0.012 kilogram of carbon 12.	N
candela	cd	luminous intensity	Original (1946): The value of the new candle is such that the brightness of the full radiator at the temperature of solidification of platinum is 60 new candles per square centimetre Current (1979): The luminous intensity, in a given direction, of a source that emits monochromatic radiation of frequency 540×10^{12} hertz and that has a radiant intensity in that direction of 1/683 watt per steradian.	J

Související odkazy

<http://www.cmi.cz> – „Český metrologický institut zabezpečuje jednotnost a přesnost měřidel a měření ve všech oborech vědecké, technické a hospodářské činnosti v rozsahu podle § 14 zákona č. 505/1990 Sb. o metrologii, ve znění pozdějších předpisů.

Institut provádí metrologický výzkum a uchovává státní etalony, zajišťuje přenos hodnot měřicích jednotek na měřidla nižších přesností, vykonává certifikaci referenčních materiálů, provádí výkon státní metrologické kontroly měřidel a řadu dalších činností.“[3]

<http://www.unmz.cz/urad/unmz> – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. „Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) byl zřízen zákonem České národní rady č. 20/1993 Sb. o zabezpečení výkonu státní správy v oblasti technické normalizace, metrologie a státního zkušebnictví. ÚNMZ je organizační složkou státu v resortu Ministerstva průmyslu a obchodu ČR. Hlavním posláním ÚNMZ je zabezpečovat úkoly vyplývající ze zákonů České republiky upravujících technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví a úkoly v oblasti technických předpisů a norem uplatňovaných v rámci členství ČR v Evropské unii. Od roku 2009 zajišťuje také tvorbu a vydávání českých technických norem.“ [4]

<http://www.bipm.org/en/home/> – BIPM – *Bureau international des poids et mesures (fr.)*
Mezinárodní úřad pro míry a váhy založený v roce 1875. Má za cíl vytvořit jednotnou soustavu měř a organizovat mezinárodní výzkum v oblasti metrologie.

http://www.bipm.org/en/si/new_si/ – informace k revizi Mezinárodní soustavy jednotek (SI)

Citace

- Obr. 1** SAULHM. *Pravidlo, Matematické, Rozměry, Míra - Veřejně přístupný obrázek 106355*[online]. [cit. 6.9.2012]. Dostupný na WW: <http://pixabay.com/cs/pravidlo-matematick%C3%A9-rozm%C4%9Bry-m%C3%ADra-106355/>
- Obr. 2** NEMO. *Znamení, Černá, Ikona, Dvě, Symbol, Ruka - Veřejně přístupný obrázek 25607*[online]. [cit. 6.9.2012]. Dostupný na WWW: <http://pixabay.com/cs/znamen%C3%AD-%C4%8Dern%C3%A1-ikona-dv%C4%9B-symbol-25607/>
- Obr. 3** Archiv autora
- Obr. 4** AUTOR NEUVEDEN. *Soubor:Standard kilogram, 2.jpg – Wikipedie* [online]. [cit. 6.9.2012]. Dostupný na WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Standard_kilogram,_2.jpg
- [1]** DUTTON, Judy. The Not-So-Perfect Kilogram and Why the Metric System Might Be Screwed Read the full text here: <http://mentalfloss.com/article/31122/not-so-perfect-kilogram-and-why-metric-system-might-be-screwed#ixzz2WGS5OPLZ> -- brought to you by mental_floss!. In: *Mentalfloss_com* [online]. 2012 [cit. 2012-09-06]. Dostupné z: <http://mentalfloss.com/article/31122/not-so-perfect-kilogram-and-why-metric-system-might-be-screwed>
- [2]** AUTOR NEUVEDEN. *Nové definice SI* [online]. [cit. 6.9.2012]. Dostupný na WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Nov%C3%A9_definice_SI
- [3]** AUTOR NEUVEDEN. *Český metrologický institut* [online]. [cit. 6.9.2012]. Dostupný na WWW: <http://www.cmi.cz/>
- [4]** AUTOR NEUVEDEN. *Charakteristika úřadu* [online]. [cit. 6.9.2012]. Dostupný na WWW: <http://www.unmz.cz/urad/o-uradu>
- [5]** AUTOR NEUVEDEN. *Historie* [online]. [cit. 6.9.2012]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Metr#Historie>
- [6]** AUTOR NEUVEDEN. *Problémy definice* [online]. [cit. 6.9.2012]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kilogram>
- [7]** AUTOR NEUVEDEN. *Historický vývoj* [online]. [cit. 6.9.2012]. Dostupný na WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Sekunda#Historick.C3.BD_v.C3.BDvoj
- [8]** AUTOR NEUVEDEN. *Historie* [online]. [cit. 6.9.2012]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Amp%C3%A9r>
- [9]** AUTOR NEUVEDEN. *Base units* [online]. [cit. 6.9.2012]. Dostupný na WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/International_System_of_Units

Literatura

- Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2013 [cit. 2013-09-06]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
- SVOBODA, Emanuel. *Přehled středoškolské fyziky*. 2. vyd. Praha: Prometheus, 1996, 497 s. ISBN 80-7196-006-3.