

Fakulta elektrotechnická

Katedra technologií a měření

KET/+MET

8. přednáška

**Etalonáž a měření délky (pokračování),
Etalonáž a měření hmotnosti,
Etalonáž a měření svítivosti,
Etalonáž a měření času**

11.2 Současnost

11.2.1 Současná definice

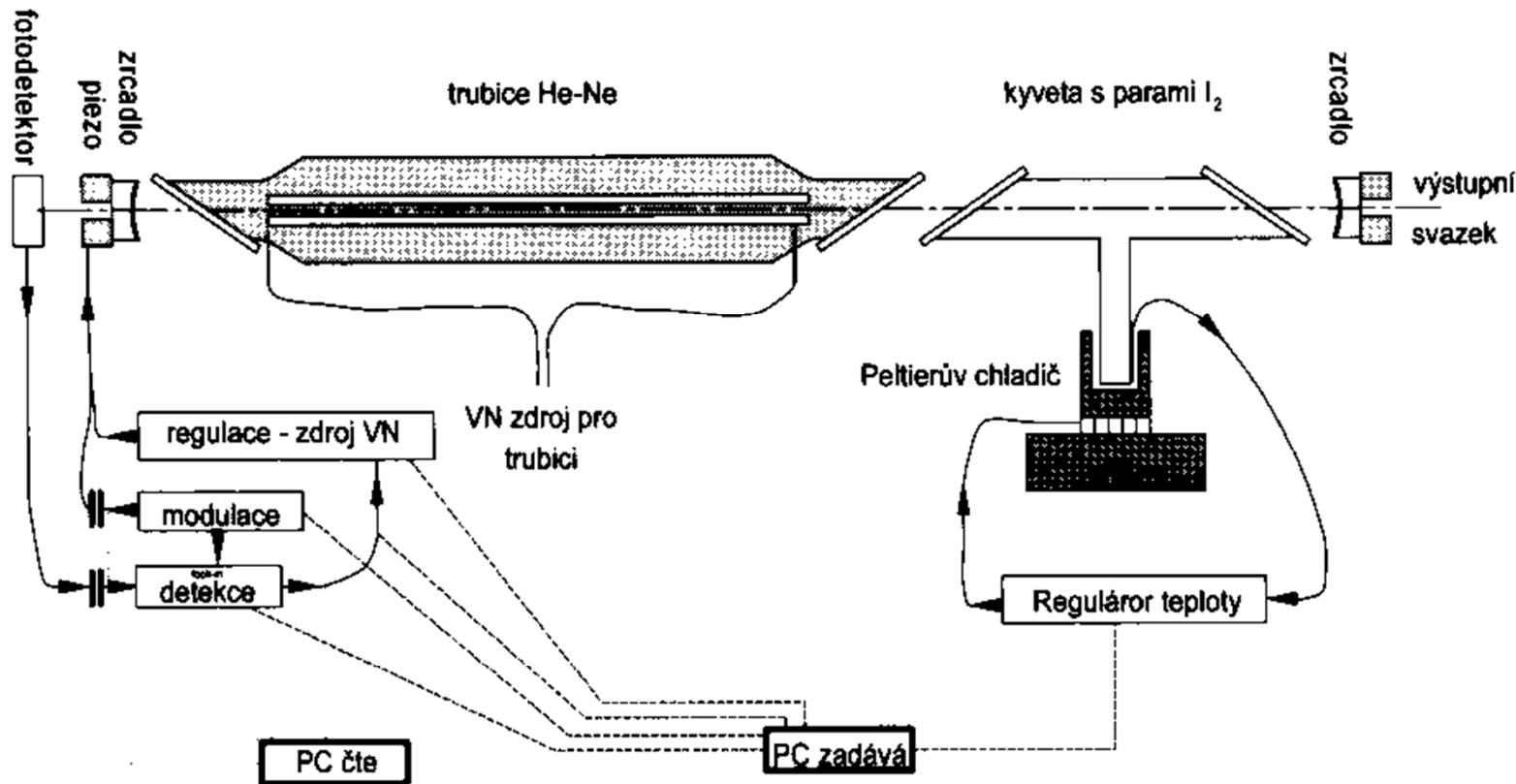
- 1 metr
- = délka dráhy, kterou proběhne světlo ve vakuu za $1 / 299\ 792\ 458$ sekundy
- realizace 3 způsoby:
- měřením času, které potřebuje světlo k překonání měřené vzdálenosti,
- pomocí vln.délky záření, jehož frekvenci měříme,
- pomocí vln.délky záření primárního etalonu – laseru, stabilizovaného na 1 z referenčních přechodů

11.2.2 Současné etalony

státní etalon

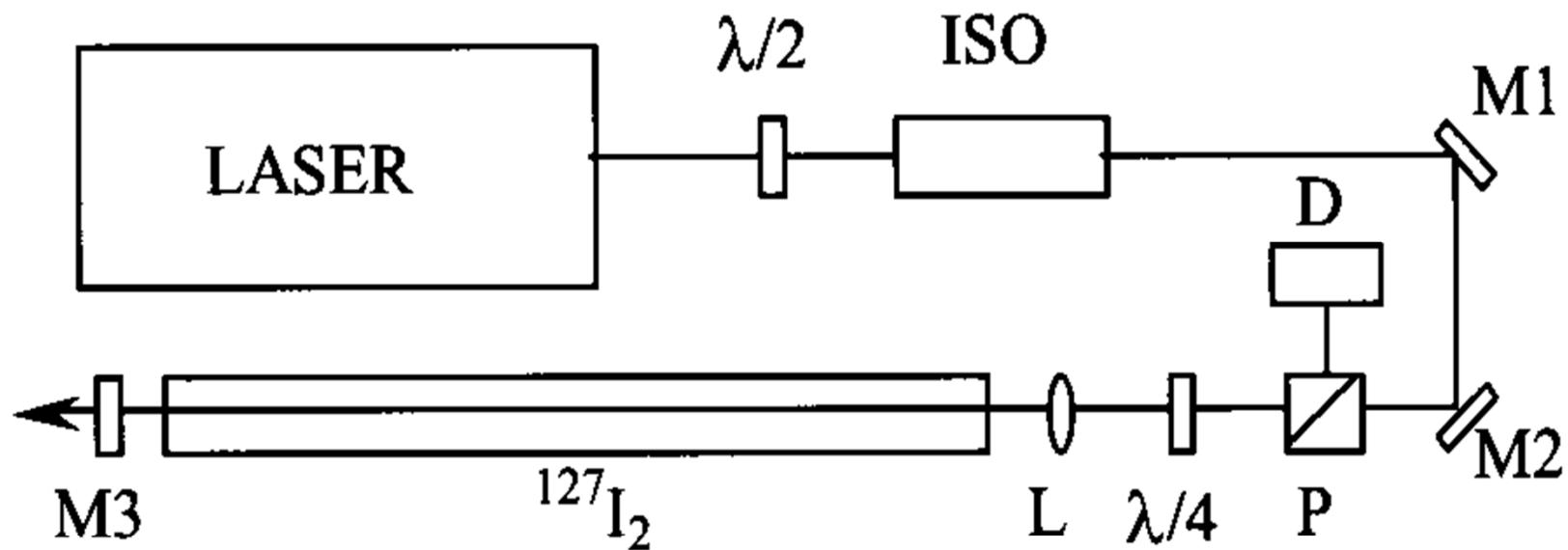
- soubor He-Ne laserů s vlnovou délkou $\lambda = 633 \text{ nm}$
- (červená barva) s interní jódovou kyvetou, frekvenčně stabilizovaných na hyperjemné komponenty molekul jódu
- vlnová délka ve vakuu $\lambda = 632,991\ 398\ 22 \text{ nm}$
- relativní nejistota = $5E^{-11}$

Etalon



Obr. 2: Uspořádání etalonu 633 nm s interní jodovou kyvetou.

Etalon



Obr. 3: Uspořádání etalonu 543 nm s externí jodovou kyvetou.

- pozn. provedení laserů a použití v metrologii
používají se při interferometrických měřeních (Hilbertův měrkový interferometr)
- dělí se:
 - a) podle aktivního prostředí: plynové,
molekulární,
s pevnou fází,
polovodičové a
kapalinové
 - b) podle typu vybuzené výstupní energie: pulzní a
s kontinuálním provozem

sekundární etalon

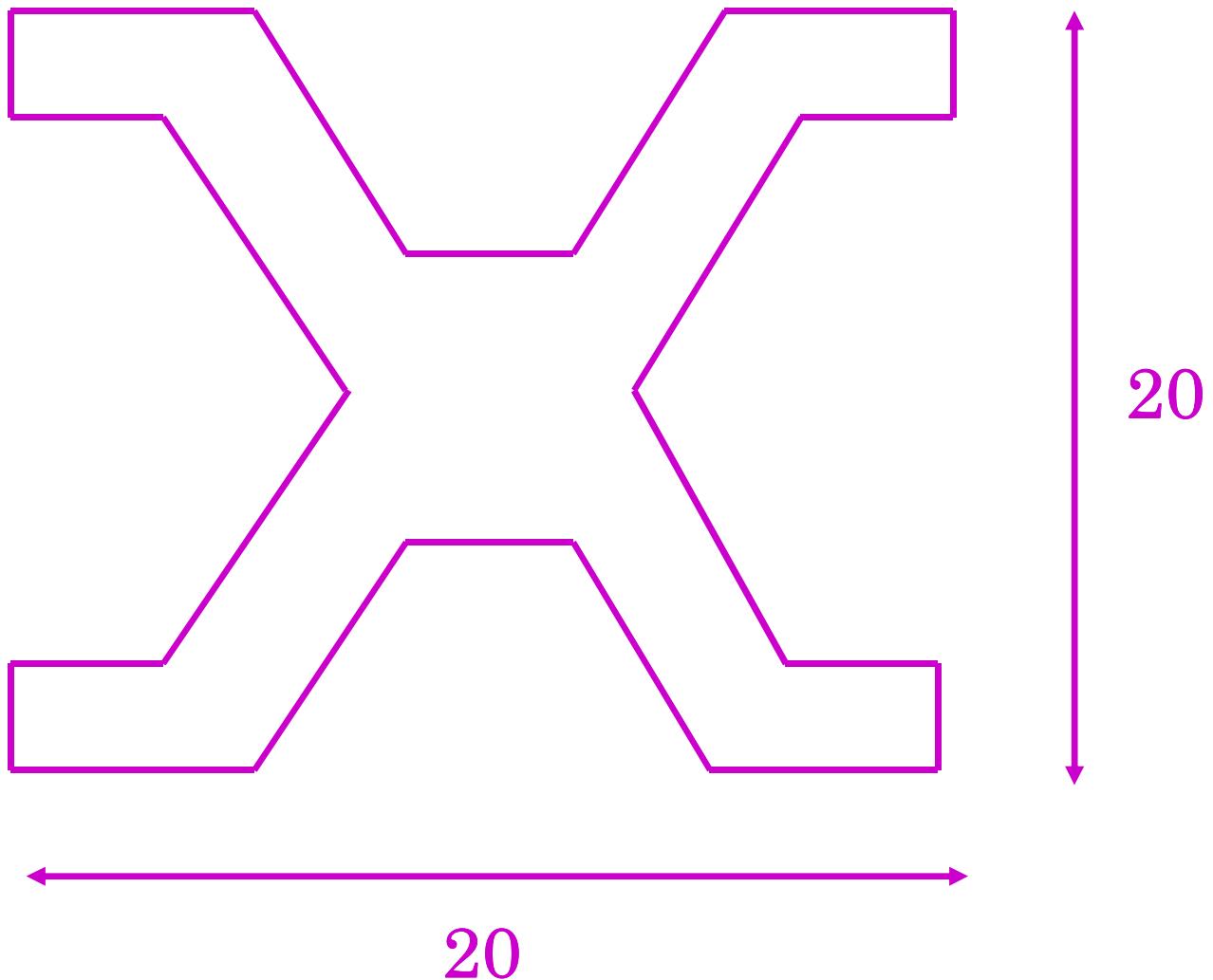
- Pt-Ir tyč
- tvar tyče: k dosažení velkého momentu v ohybu,
- 3 rysky vzdálené o 0,5 mm, šířka rysek 4 – 9 μm
- 1m = vzdálenost mezi středními ryskami

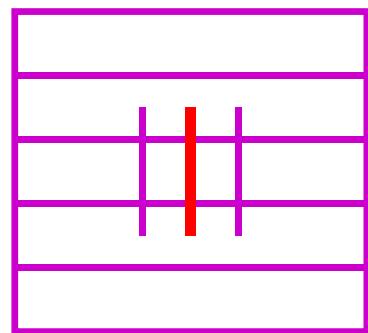
při $t = 0^\circ\text{C}$,

normálním atmosférickém tlaku,

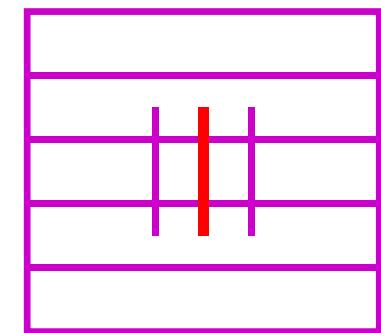
tyč uložena vodorovně,

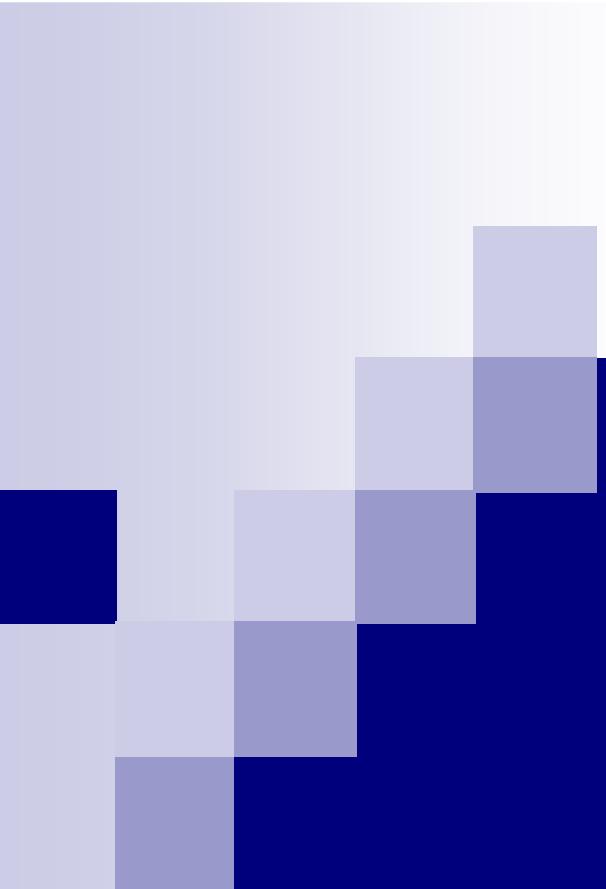
podložena 2 válečky ve vzdálenosti 571 mm.





A horizontal logarithmic scale with arrows at both ends. The numbers 10, 1000, and 10 are placed along the axis to indicate its logarithmic nature.





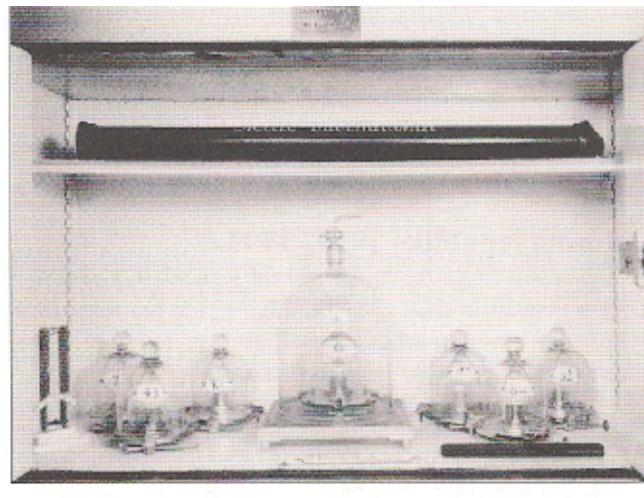
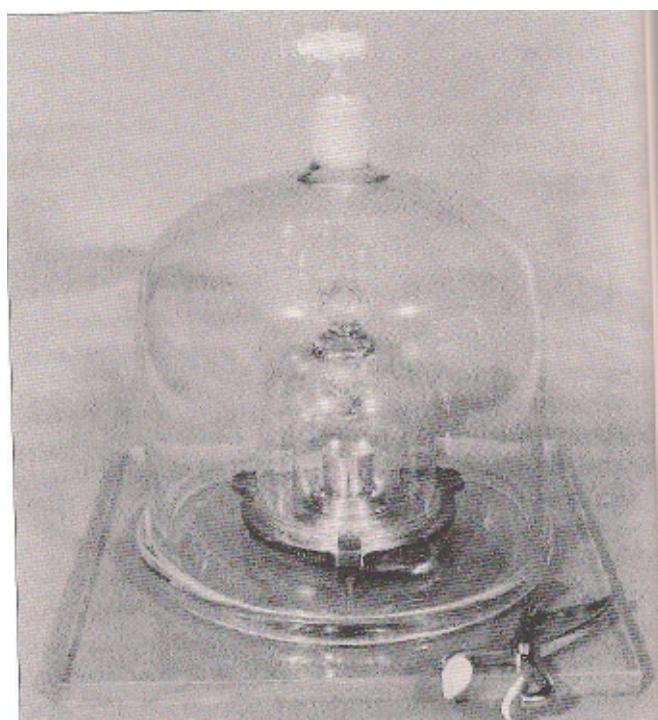
12 Etalonáž a měření hmotnosti

12.1 H i s t o r i e

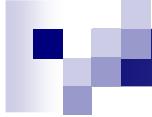
- původně navržená jednotka gram byla odvozena od jednotky délky jako hmotnost cm^3 vody při její největší hustotě, tj. při teplotě 3,98 °C
- po zkušenostech byla zvolena jednotka 10^3 -krát větší
- r. 1799 –
- původní archivní etalon (Pt s příměsí Ir a Pa), uložen ve Francii
- r. 1876 - 1889 :
- vyrobeny prototypy (slitina Pt+Ir) v počtu 43 kusů (rovnostran. válec o průměru 39 mm)



- r. 1883: 1. mezinárodní prototyp
vybrán 1 ze 3 kusů – označených (KI – KIII)
- 6 svědeckých etalonů vybráno z označení (1 – 40)
- zbylých 36 kusů prodáno jako státní etalony zemím, které podepsaly Metrickou konvenci
- r. 1899: oficiální prohlášení základní jednotky hmotnosti
- r. 1928 – 1974:
 - vyrobeno dalších 23 prototypů s označením 41 – 63 jako státní prototypy
 - státní etalony se kalibrují za 15-20 let



8.přednáška

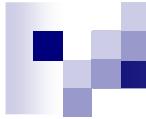


- ČR: r. 1928 – r. 1992

- r. 1928 – zakoupen prototyp č. 41
- r. 1981 – zakoupen prototyp č. 65
(tyto prototypy jsou nyní v SMÚ v Bratislavě)

Umístění a přenášení státních etalonů:

- Speciální kleštičky
- Vlastní podložka
- Umístění ve vakuu



• ČR po r. 1992

- r. 1995 –
 - mezinárodní návaznost řešena na Švýcarský metrolog. institut (tam prototyp č. 38)
 - ve stejném roce - kalibrace 2 referenčních etalonů
 - $m = 1\text{kg}$ z austenitické oceli (prozatímní funkce státních etalonů hmotnosti v ČR)
- r. 1999 –
 - zakoupen prototyp č. 67 (90 % Pt a 10 % Ir), který od 17. 12. 1997 nebyl čištěn, po 9 týdnech byl zkontořován a zaznamenán nárůst o +0,002 mg
 - Rovnostranný válec ($h = d = 39 \text{ mm}$)

12.2 Současnost

12.2.1 Současná definice

- 1 kilogram
- = hmotnost mezinárodního prototypu kilogramu uchovaného v Mezinárodním úřadu pro míry a váhy v Sèvres u Paříže
- V současné době se řeší nová definice – 2 projekty:
 - Projekt Avogadro
 - Projekt výkonových vah (Planckova konst.)

12.2.2 Současné etalony

státní etalon

- jednokilogramové závaží ze slitiny Pt a Ir
- je vyroben novou technologií a má následující parametry
 - hustota při 0 °C = 21 535,40 kg/m³
 - objem při 0 °C = 46,4352 cm³
 - standardní nejistota u_C = 0,0003 cm³
 - koeficient objemové expanze α mezi 0 a 90 °C = $(25,869 + 0,005\ 656) \cdot 10^{-6}\ C^{-1}$
 - rovnostranný válec ($h = d = 39$ mm) – umístěn ve vakuu pod 2 skleněnými „zvony“ nebo ve speciálním prostředí

- hmotnost $17.12.1997 = 1 \text{ kg} + 0,164 \text{ mg}$
- kalibrace před odvozem do ČR (20. – 22.2.1999)
 $= 1 \text{ kg} + 0,165 \text{ mg}$
- to, že se nejedná o zcela nový prototyp, je z hlediska stálosti výhodnější!

sekundární etalony

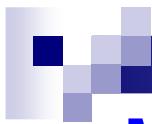
- **1. řád** – mosaz, nerez ocel, monez (Ni+Cu), baroz (Ni+Cr+Mn); proti korozi povlak z Cr nebo Au; malá závaží vyráběna z Pt nebo Al
- **2. řád** – mosaz, nerez ocel, Al
- **3. řád** – závaží z litiny

**V ČMI se provádí kalibrace 2 závaží z austenitické oceli:
(Využívány jako kopie státního prototypu)**

$$m_t = m_{67} + \Delta V \cdot \rho_a + \Delta U \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_j}\right),$$

- m_t** **hmotnost závaží z nerezové oceli,**
 m_{67} **hmotnost státního etalonu,**
 ΔV **rozdíl objemů obou závaží,**
 ρ_a **hustota vzduchu, při které kalibrace probíhá,**
 ρ_j **hustota závaží, které bylo použito při justáži (hmotnostní stupnice komparátoru)**

Hustota závaží z austenitické oceli se určí hydrostatickým vážením (měření hmotnosti v jiném prostředí o jiné známé hustotě



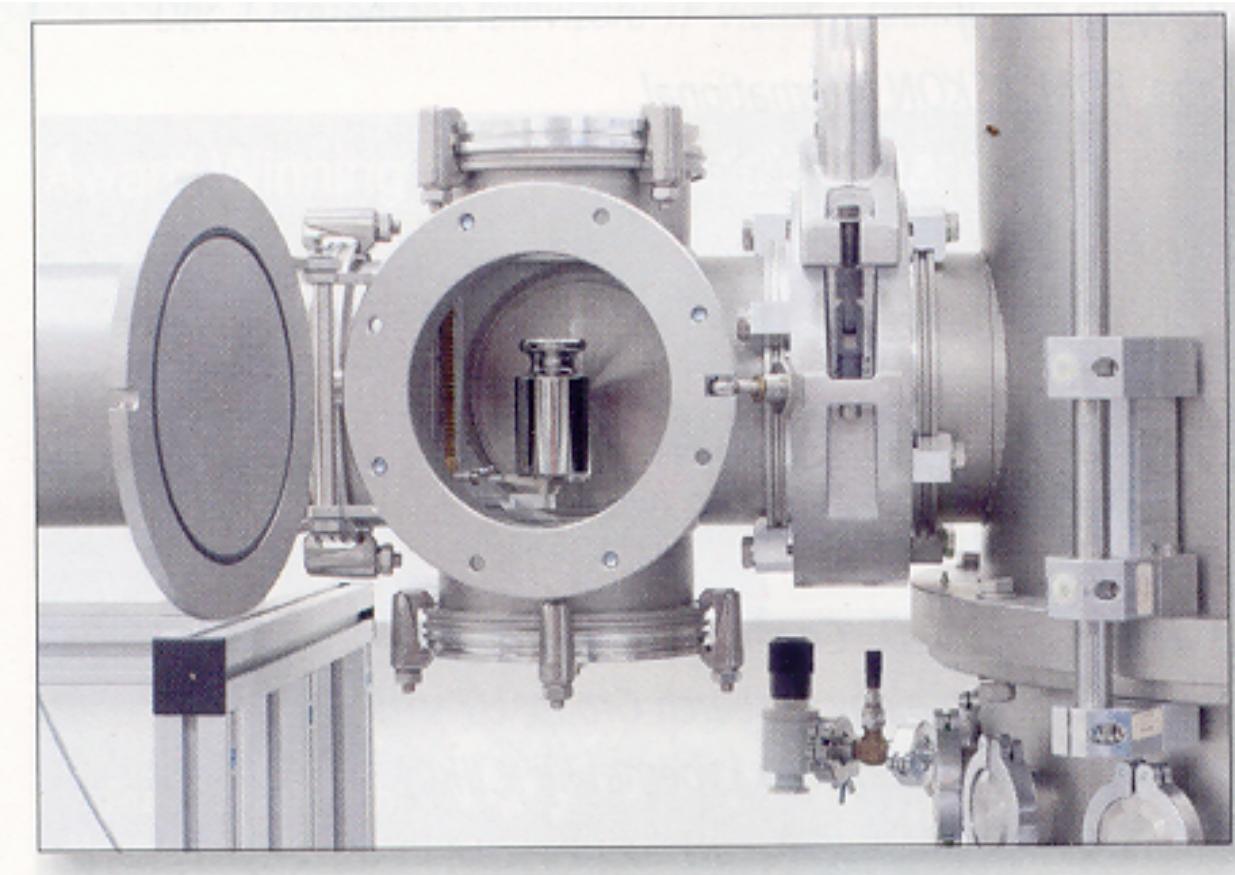
Měření v ČMI:

- **Vakuový komparátor hmotnosti** od r. 2010
- (pro až 6 závaží do max. hmotnosti 1 kg)
- Délky stupnice po 0,0001 mg
- Rozsah stupnice 2 g
- Doplněn podávacím zařízením
- Min.tlak po 24 h čerpání = $1,2 \cdot 10^{-4}$ Pa
- Lze plnit i atmosférickým vzduchem nebo jiným plyнем
- na libovolný tlak (i konstantní průtok plynu)

- Základní problém v metrologii hmotnosti:
- zohlednění vztakové síly (Archimédův zákon)
- 2 nutné parametry:
- hustota prostředí, kde měření probíhá
- hustota nebo objem měřeného tělesa
(u pracovních měřidel rozdíl v měření až 0,1 g)

ČMI – etalon hmotnosti

(uložení ve vakuovém komparátoru)



12.2.3 Navazování etalonů na prototyp

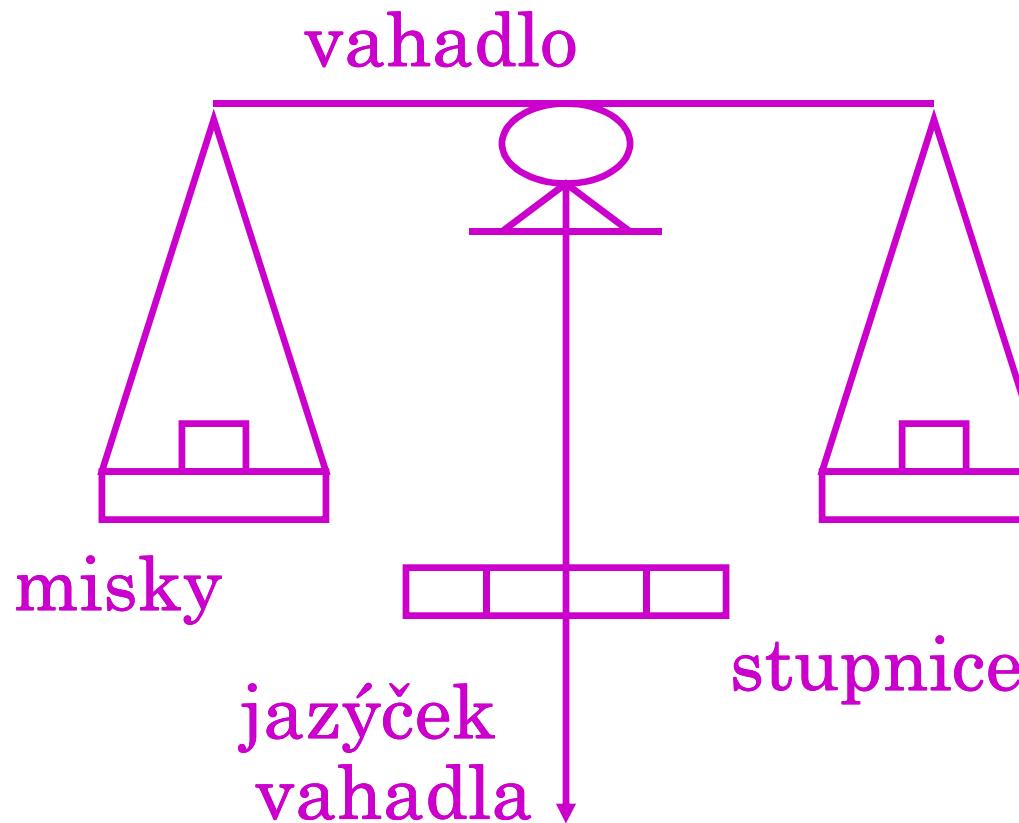
- Digitální váhy:

- využívá se substituční metoda

$$\begin{array}{lll} \bullet & A - B - A & \text{nebo} & A - B - B - A \\ & & & \\ & & \text{hmotnost} & \\ & m_n, m_x, m_n & & m_n, m_x, m_x, m_n \end{array}$$

- Analogové rovnoramenné váhy –

- využívá se Gaussova metoda

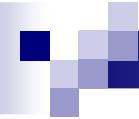


<i>váže -ní</i>	<i>Levá miska</i>	<i>Pravá miska</i>	<i>Rovnovážná poloha</i>
1.	ověřovaný etalon m_x	etalon o známé m_n	r_1
2.	etalon o známé m_n	ověřovaný etalon m_x	r_2
3.	etalon o známé m_n + přívažek Δm_n	ověřovaný etalon m_x	r_3

- 3. vážení určuje v podstatě citlivost vah
- **hmotnost ověřovaného etalonu je**

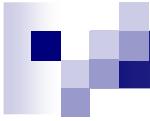
$$m_X = m_n + \frac{r_1 - r_2}{2} \frac{\Delta m_n}{r_3 - r_2}$$

- Nové možnosti řešení definice 1 kg
- 2 současné výzkumné úkoly – využití fundamentálních konstant:
 - Avogadrova konstanta
 - Planckova konstanta



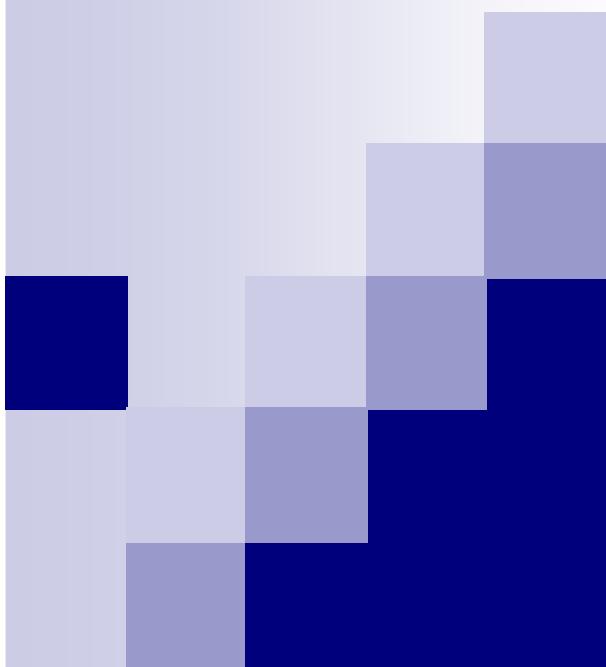
12.3 Druhy vah (1)

- Váhy s neautomatickou činností (NAWI)
- Váhy s automatickou činností (AWI)
- Plnící váhy,
- Váhy pro vážení vozidel za pohybu
- Pásové váhy
- Diferenciální kontinuální váhy



12.3 Druhy vah (2)

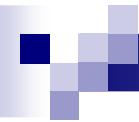
- Zvláštní případy:
- Kontrolní váhy
- Kontrolní váhy s dopravníkem
- Váhy pro balené zboží ovládané manuálně
- Etiketovací váhy se statickým nebo dynamickým módem
- Váhy instalované na vozidlech pro vážení odpadu nebo jako kolové nakladače



13 Etalonáž a měření svítivosti

13.1 Definice jednotky svítivosti

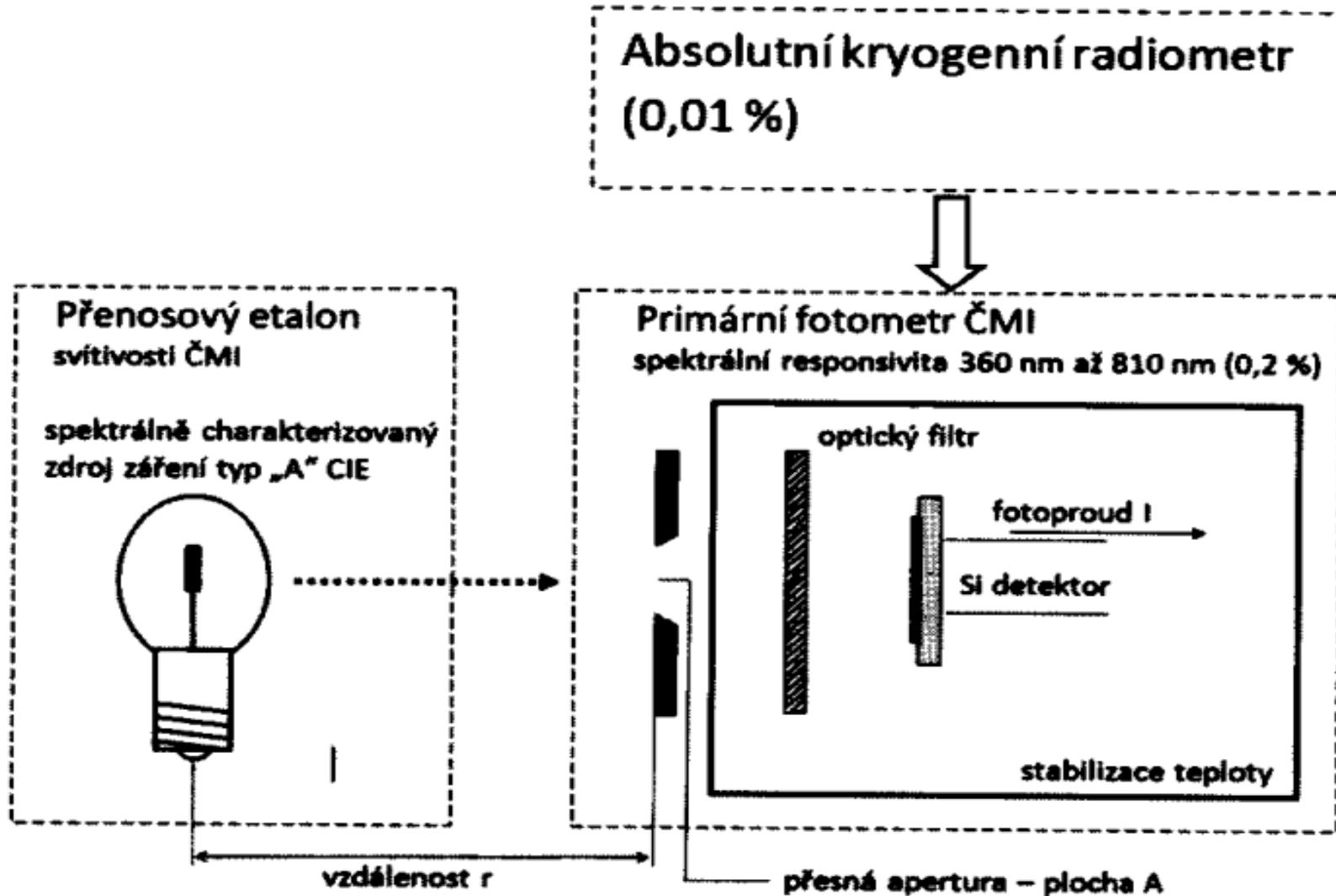
- 1 Kandela
- = svítivost zdroje záření v daném směru, který vyzařuje monochromatické záření o frekvenci $540 \cdot 10^{12}$ Hz a které má v tomto směru zářivost 1/683 wattu na steradián.
- název je podle latinského výrazu pro svíčku (candela) –
- 1 cd je svítivost obyčejné parafinové svíčky
- **Svítivost je jedinou základní jednotkou, která kvantifikuje fundamentální fotobiologický proces – lidské vnímání elmag.záření okem.**



13.2 Etalony svítivosti

13.2.1 Primární etalon

- Nejvhodnější způsob realizace jednotky, založený na bázi detektorové radiometrie fotometrickou veličinou a tedy s návazností na primární absolutní kryogenní radiometr.
- Jednotka svítivosti je realizována primárním fotometrem, navázaným na státní etalon celkového zářivého toku viditelného záření (kryogenní radiometr ČMI) v kombinaci s plně spektrálně charakterizovaným zdrojem záření typu „A“ CIE.



Obr. 1: Principiální schéma realizace jednotky svítivosti v ČMI

- **Základem etalonu je optický detektor, jehož responsivita je navázána na absolutní kryogenní radiometr.**
- **Profil spektrální responsivity je upraven transmisním filtrem tak, aby co nejvíce odpovídal fotopické citlivostní křivce $V(\lambda)$.**
- **Optický vstup je upraven kruhovou přesně charakterizovanou aparaturou.**
- **Bodový světelný zdroj leží na kolmici ve středu aparatury fotometru.**
- Barvy na grafech v rozsahu: fialová, modrá, zelená, žlutá, oranžová, červená

- Výsledná svítivost bodového světelného zdroje :

- $I_V = \frac{K_m \cdot F \cdot i \cdot r^2}{s_{555} \cdot A}$ (lm/sr, tj.cd)

$K_m = 683$ lm/W pro $\nu = 540 \cdot 10^{12}$ Hz ($\lambda = 555$ nm) pro fotopické vidění

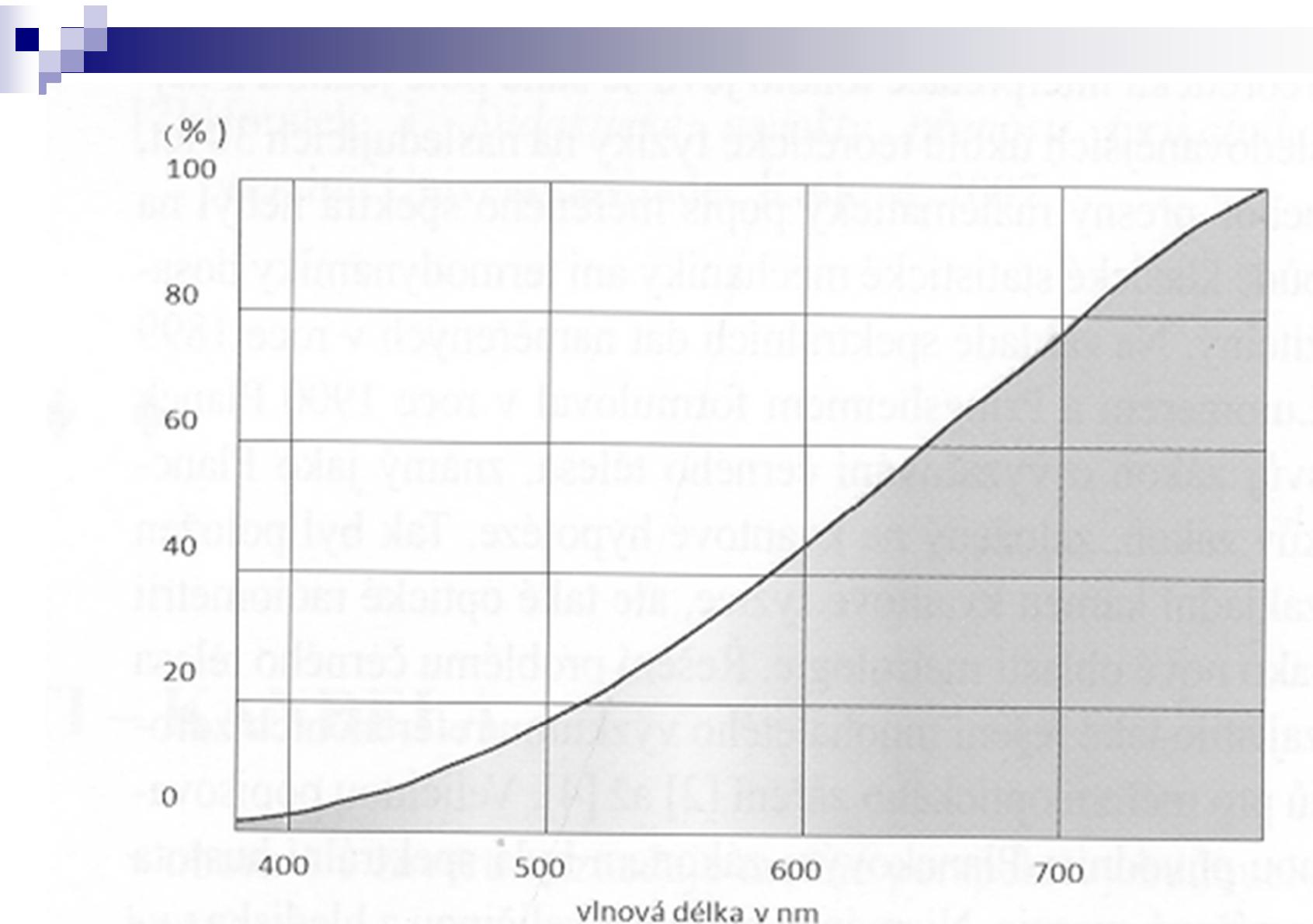
F spektrální korekční faktor (není 100% přizpůsobení spektrální citlivosti reálných fotometrů,

i měřený fotoprůtok, generovaný detektorem,

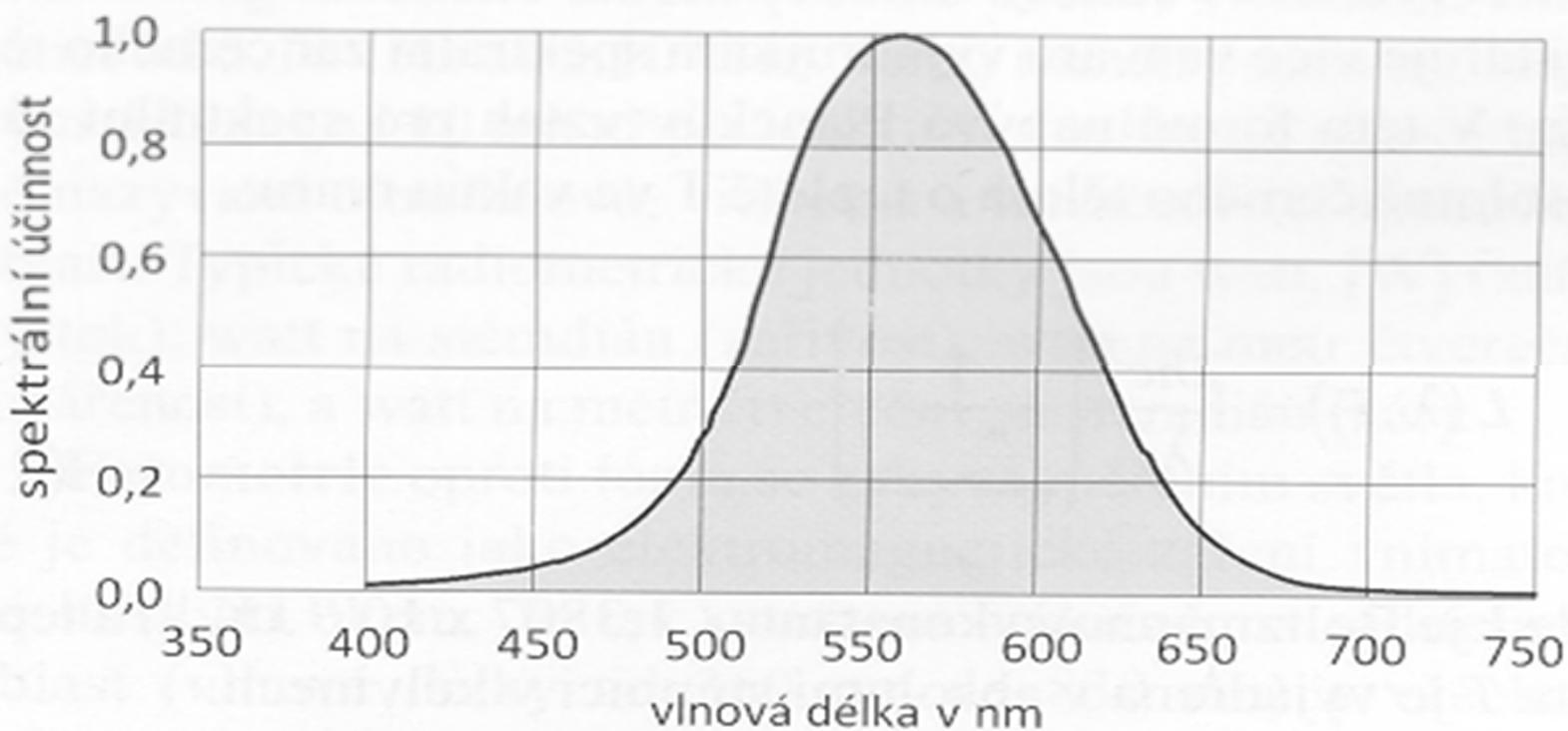
r vzdálenost bodového zdroje od roviny vstupní aparatury fotometru,

A plocha aparatury fotometru,

s_{555} absolutní spektrální citlivost (responsivita) detektoru na $\lambda = 555$ nm

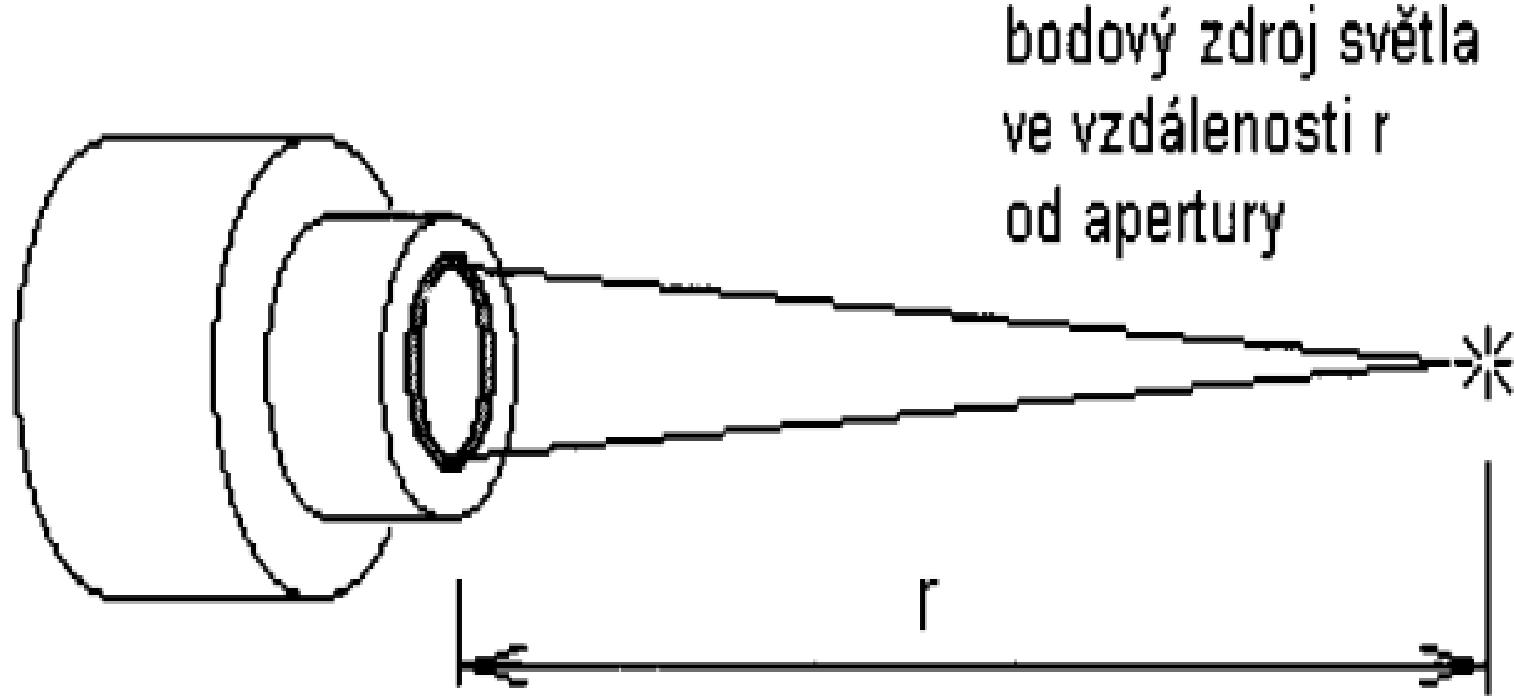


Obr. 2 Spektrální charakteristika zdroje záření – přenosového etalonu ČMI



Obr. 3 $V(\lambda) \approx s_n(\lambda)$ – fotopická citlivostní křivka

Primární fotometr ČMI je, obecněji vyjádřeno, etalono-vý filtrovaný radiometr v měřicím uspořádání pro spektrálně korigované integrální měření ozářenosti.



Obr. 4: Geometrie pro měření svítivosti etalonovým fotometrem

- **Jednotky a vzájemné vztahy:**

- | | | |
|----------------------------------------------|---------|-------------------------------------------|
| ● svítivosti I | kandela | $\text{cd} = (\text{lm} / \text{sr})$ |
| ● osvětlení E_V | lux | $\text{lx} = (\text{lm} / \text{m}^2)$ |
| ● světelného toku \mathcal{O} , výkonu F | lumen | $\text{lm} = (\text{cd} \cdot \text{sr})$ |
| ● jasu L | | cd / m^2 |

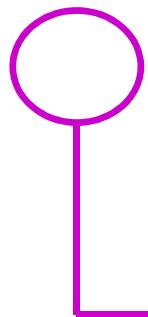
13.2.2 Sekundární etalony

- jsou realizovány fotometrickými žárovkami

13.3 Měření svítivosti

- lze měřit nepřímými metodami
 - nejznámější způsob měření - fotometrická lavice
-
- jeden konec: světelný zdroj se známou svítivostí,
 - druhý konec: měřený zdroj
 - mezi nimi na posuvném vozítku fotometr
 - porovnává jas dvou zdrojů
 - Posun fotometru – až jas obou zdrojů stejný

známá
svítivost



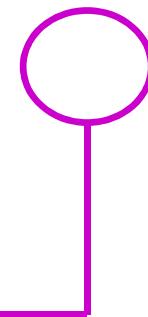
fotometr



n

x

neznámá
svítivost



- neznámá svítivost

$$I_x = I_n \frac{x^2}{n^2}$$

14 Etalonáž a měření času

- čas
- = základní veličinou ve všech soustavách jednotek
- fyzikální veličina (společně se frekvencí) nejpřesněji reprodukovatelná a protensivního charakteru (tj. bez možnosti zpětné reprodukce)
- použití:
 - a) **určení časového okamžiku** (stanovení časových bodů na konvenční stupnici)
 - b) **vyjádření** doby trvání, **časového intervalu**
- **Nepřímé měření** –
- počtem periodicky se opakujících dějů (Země – Slunce, kyvy kyvadla, frekvence určité spektrální čáry)

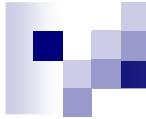


- **Hodiny a chronometry:**
 - Sluneční hodiny a jejich předchůdci (gnómóny)
 - Vodní hodiny (rovnoměrně odkapající voda)
 - Přesýpací hodiny (písek),
 - Mechanické hodiny
 - Hodiny řízené krystalem
 - Atomové hodiny (Anglie, r. 1955)
 - nepravidelnou změnu úhlové rychlosti Země ukazují sluneční hodiny
- **Kalendářní systémy:**
 - **Solární:** Juliánský římský, Juliánský křesťanský, Gregoriánský (u nás od r. 1584)
 - **Lunosolární:** židovský
 - **Lunární:** islámský

14.1 Historie

astronomický způsob určování jednotky času

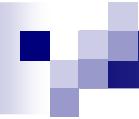
- hvězdný čas – rotace Země vzhledem ke stálicím
- střední sluneční čas – rotace Země vůči Slunci
- pravý sluneční čas – proměnlivý, vlivem zpomalování rotace Země
- jarní bod = postavení Slunce v jarní rovnodenosti vůči pozorovateli
- tropický rok = doba mezi dvěma jarními body
(tropický r.1900: 1 a = 365 d 5 h 48 min 45,71 s)



- Nepravidelnost rotace Země:
 - slapové jevy (prodloužení dne o 2 ms/ 100 let),
 - deklinace (odchylka magnet.a zeměpisného pólu),
 - Sekulární zpomalování (změna gravitace) o 2 ms/100 let,
 - Měsíc urychluje rotaci o 11 s/ 10 000 let

Pozn: 1.7.2015 vložena navíc 1 sekunda ráno ve 2 h
(1:59:59; 1:59:60; 2:00:01) - SELČ , TUCP

Do TUC vkládána sekunda 31.12. nebo 30.6.
Podobně před 3 roky (1.7.2012), poprvé v r. 1975



● Místní čas

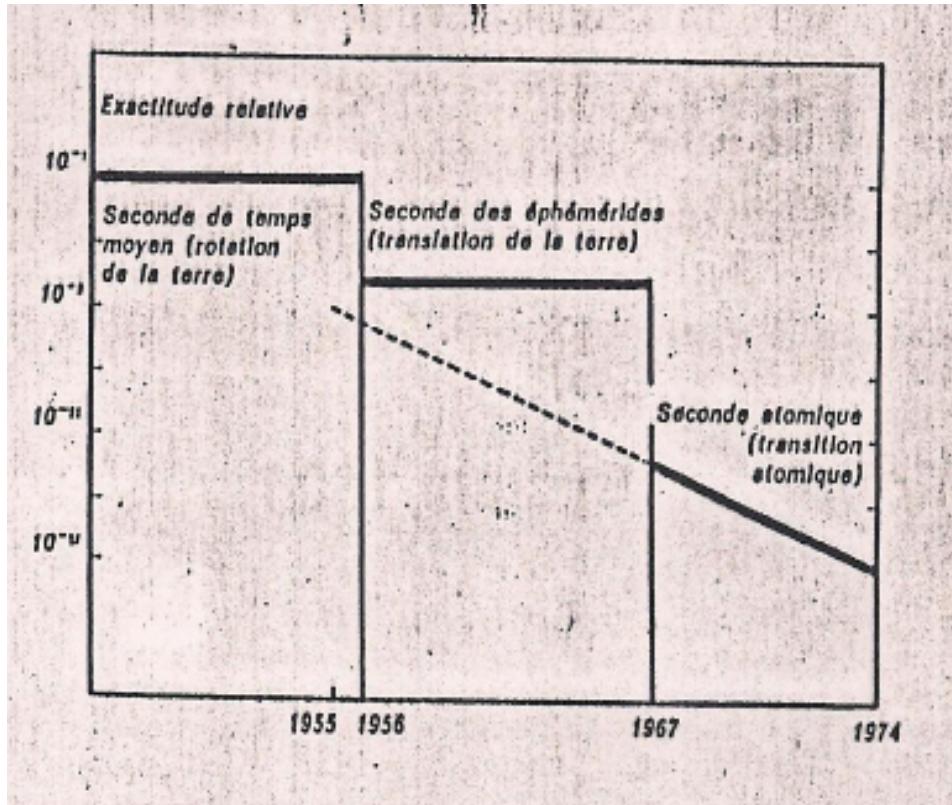
- poledne středního času – Slunce prochází místním poledníkem - **pravé poledne**
- Každý poledníkový stupeň se liší o 4 min
- (v ČR je **rozdíl pravého poledne** cca 28 min)
- 15° poledník – náměstí v Jindřichově Hradci
- $14^{\circ}25'17''$ poledník na Staroměstském náměstí, (od r. 1652 tam Mariánský sloup vrhal stín)
- **Čas východu a západu Slunce** závisí nejen na času pravého dne, ale i délce dne. V ČR se počítá na 15° poledníku a 50° s.š. (Votelež u Kouřimi)
- **Délka dne** se i v ČR liší (nejsevernější místo $51^{\circ} 3' s.š.$, nejjižnější $48^{\circ} 33' s.š.$), v nejsevernějším místě den v létě nejdelší a v zimě nejkratší



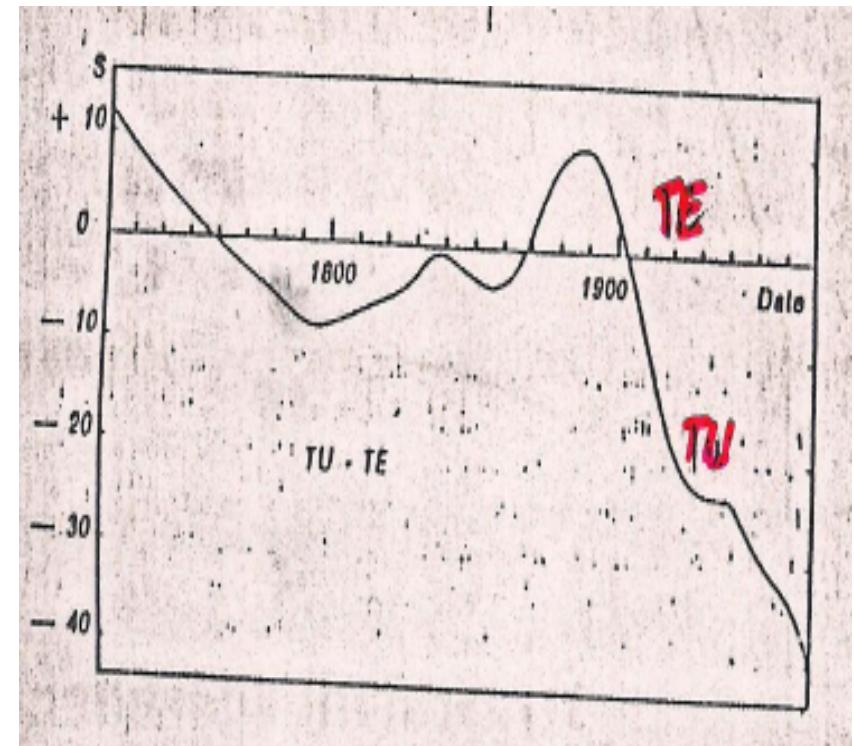
- S rozvojem spojení (železnice, telegraf) došlo ke sjednocování času a **zavedení nultého poledníku** :
- **R. 1884** – Washingtonská konference, zaveden střední čas GMT (Greenwich Mean Time)
- Od r. 1885 – Greenwichský poledník a rozdělení času na pásmá
- Z GMT vznikl **čas světový TU** (Tempe Universal, Universal Time) – ovlivněn otáčením Země, která není dokonale tuhé těleso (varianty UT0, UT1, UT2).
- **efemeridní čas TE** – určen dle efemerid (časové údaje o poloze nebeských těles), ovlivněn orbitálními pohyby planet a Měsíce

- r. 1925 – efemeridní čas posunut o 12 h
- r. 1956 – $1\text{ s} = (1 / 86\,400)$ -část střed. sluneč. dne
- stupnice vyjadřuje tzv. střední čas, který závisí na zeměpisné délce pozorovatele
- TE je mnohem rovnoměrnější
- střední sluneční čas
- = střední (občanský) čas = čas Greenwichského poledníku = čas světový
- čas pásmový – SEČ v ČR
(jednotlivé místní časy nahrazeny pásmi – 24 pásem po 15° a rozdílem 1h)

V současnosti: SEČ (ne „zimní“) a letní čas



Zpřesňování měření času



Rozdíl mezi TE a TU

14.2 Současnost

- 2 přístupy k definici jednotky
 - a) astronomický přístup TU (UT) – použití: astronomie, geodézie, navigace
 - b) kvantový přístup – atomový čas TA (AT), je přesněji reprodukovatelný
- kompromisem je tzv. koordinovaný univerzální čas TUC – časová stupnice je stejně rovnoměrná jako atomová, ale dělají se u ní pravidelně korekce, aby se jednotky TUC a TU co nejvíce shodovaly

14.2.1 Státní etalon frekvence a času

- Státním etalonem času a frekvence je realizována sekunda SI a z ní odvozena národní časová stupnice UTC(TP). Její odchylka od koordinovaného světového času a nejistota je uvedena níže (pro $k = 2$):

Vlastnost	Specifikace
Prediktční interval	20 dnů
Odchylka UTC od UTC(TP)	$\pm 100 \text{ ns}$
Nejistota (10,6 ns

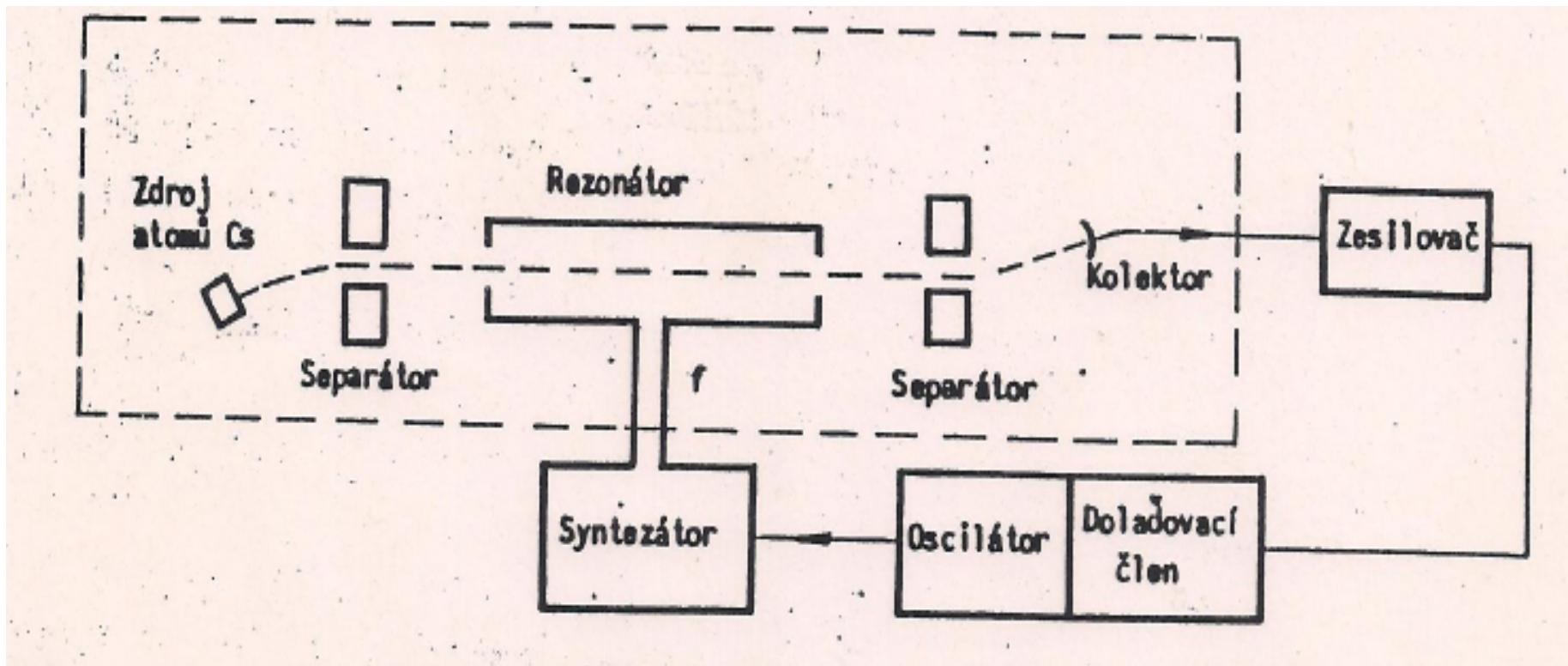
Uvedené nejistoty stanovuje BIPM a publikuje v dokumentu označovaném *Circular T*.

změna místa a času vyhotovení etalonu: ÚFE AV ČR

Etalon se skládá z následujících základních částí:

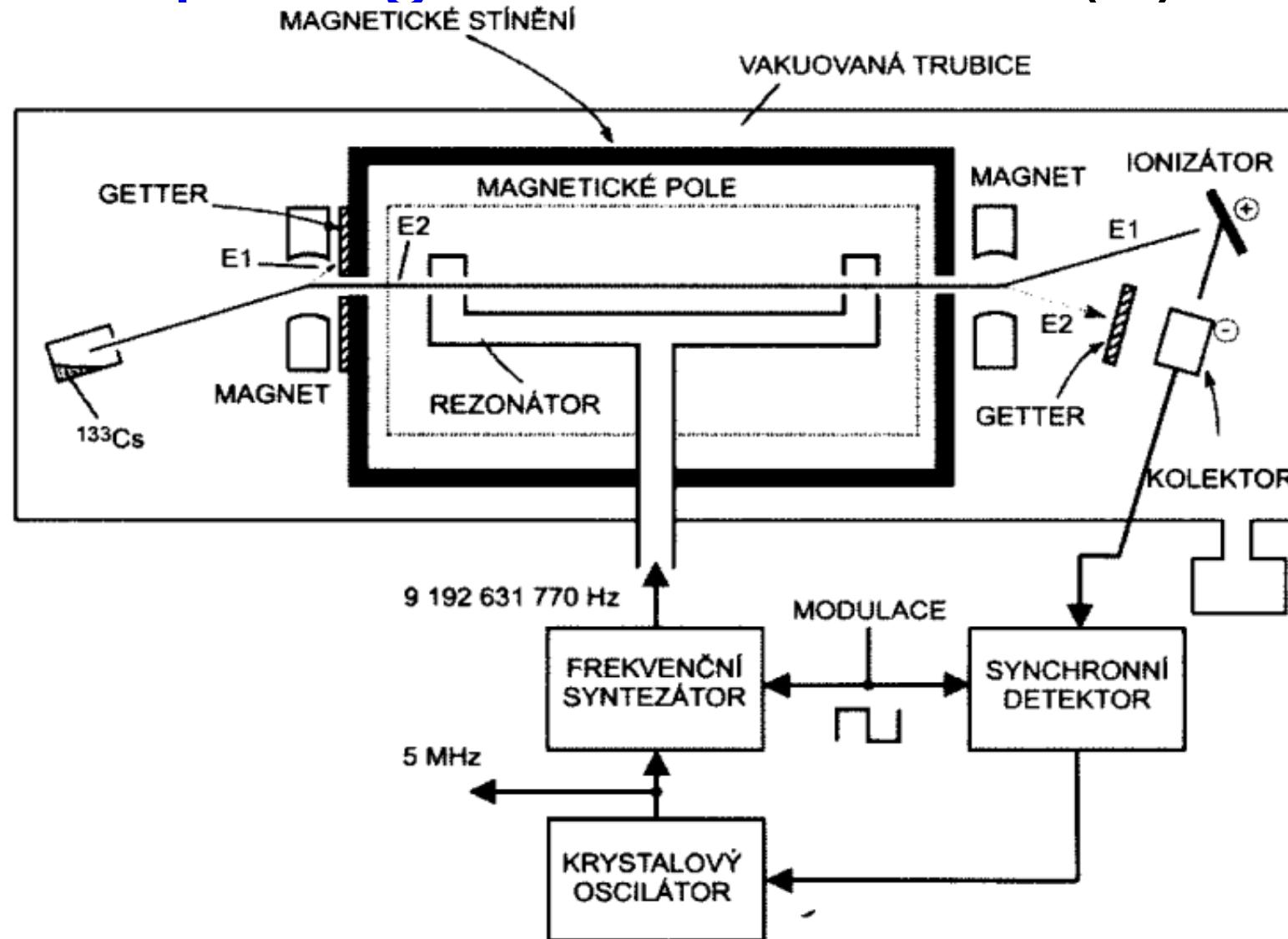
Název	Výrobce	Typ	Identifikační číslo
Cesiové svazkové hodiny se speciální trubicí	Hewlett Packard	HP 5071A	v. č. 1227
Cesiové svazkové hodiny se speciální trubicí	Symmetricom	5071A	v. č. 2476
Časový přijímač GPS	Dicom	GTR50	v. č. 002
Krystalový oscilátor BVA 5MHz	Oscilloquartz	8600-BC5GE	v. č. 291
Krystalový oscilátor BVA 5MHz	Oscilloquartz	8600-BC5GE	v. č. 315
Distribuční zesilovač signálu 1pps	Symmetricom	TSC-2032	v. č. 47
Distribuční zesilovač signálu 1pps	Symmetricom	TSC-2032	v. č. 48
Automatický měřicí systém	ÚFE		

Princip Cs generátoru (1)



- 1 sekunda = doba rovnající se 9 192 631 770 periodám záření, které odpovídá přechodu mezi dvěma hladinami velmi jemné struktury základního stavu atomu ^{133}Cs

Princip Cs generátoru (2)



8.přednáška
Obr. 1: Schéma cesiového svazkového oscilátoru.

Princip Cs generátoru (3)

Hlavní součásti jsou v trubici s vysokým vakuem.

Na jednom konci je komůrka o konstantní teplotě, z níž vede úzký kanálek (nebo svazek kanálků) do trubice s mg.polem a rezonátorem. V levé komůrce je náplň izotopu Cs133 (v kapalném skupenství), při teplotě 100 °C.

Uvolňuje se řídká pára s tak nízkým tlakem, že emitované elektrony přejdou do rezonátoru bez vzájemných kolizí.

Mikrovlnný rezonátor je mezi 2 silnými magnety, svazky atomů Cs mají 2 energetické stavy E1 a E2.

Část atomů ve stavu E1 se odkloní mimo rezonátor (zachycen v getteru), atomy ve stavu E2 pokračují do rezonátoru, za rezonátorem pak naopak.

Svazek atomů se pohybuje k druhému konci trubice, kde je velmi citlivý detektor intenzity svazku atomů Cs.

Princip Cs generátoru (4)

Detektor obsahuje:

ionizátor (žhavý wolframový drátek, tam atomy Cs předají elektrony, vznikají kladné ionty, připojeno napětí +) a

kolektor iontů (- napětí) - vzniká slabý el.proud úměrný počtu atomů Cs
Tento el.proud pokračuje do synchronního detektoru.

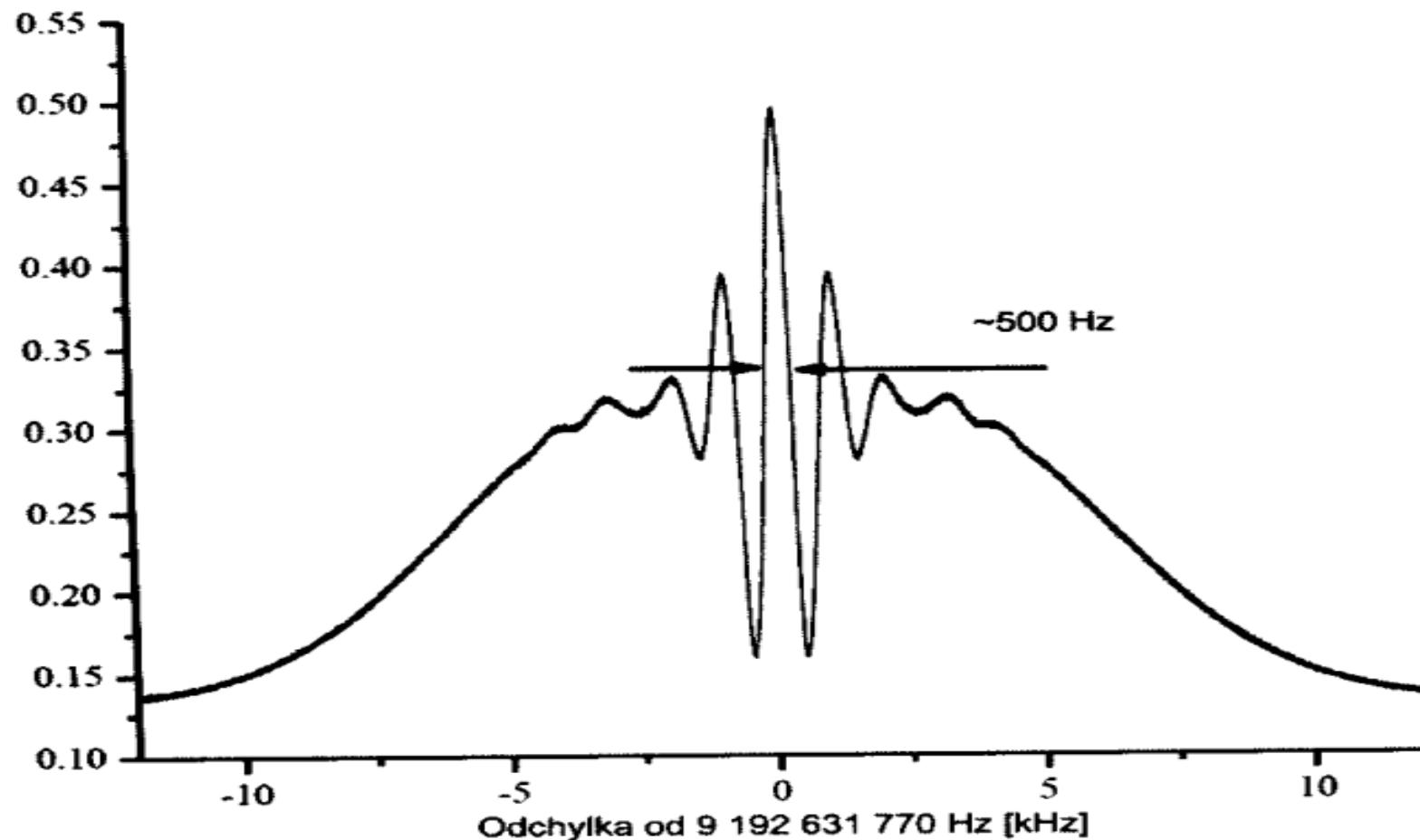
Mikrovlnný rezonátor:

- Působí ss magnetické pole
- Mikrovlnné mg pole generované **frekvenčním syntetizátorem** z **krystalového oscilátoru**, má $f = 9\ 192\ 631\ 770\ \text{Hz}$.
- Frekvence oscilátoru se v malém rozsahu řídí napětím.
- Krystalový oscilátor pracuje na některé „standardní“ frekvenci (většinou 5 MHz).

Výrazná rezonanční čára v nejbližším okolí f :

- Nepatrнě rozladit elmg.pole a sledovat proud detektoru,
- to odpovídá **přechodu mezi 2 energetickými stavy Cs**;
- čím přesnější nastavení **rezonance**, tím přesnější **realizace sekundy SI**.

Princip Cs generátoru (5)



Průběh rezonanční křivky při použití Ramseyova rezonátoru.
Komerčně vyráběný Cs svazkový etalon

© Růmová
8.přednáška

Světový etalon času

země	váha % celková	počet hodin	Tabulka 1 váha % na hodiny
USA	27,3	57	0,48
Japon	7,9	18	0,44
Německo	4,99	13	0,38
Rusko	3,17	4	0,79
Francie	2,91	5	0,58
<u>ČR</u>	<u>2,9</u>	<u>4</u>	<u>0,72</u>
Itálie	2,53	8	0,32
Rakousko	2,38	4	0,59
Čína	0,05	11	0,19
Holandsko	2,0	4	0,5
Švýcarsko	1,73	11	0,16
Maďarsko	0,17	1	0,17
Polsko	0,07	1	0,07



- Světový etalon času:
- Z dílčích státních etalonů vybraných států (Rusko, USA, Japonsko, ČR ...)
- ČR
- s kvalitními etalonovými hodinami zaujímá cca 3 % váhy celkového světového času –
- *Pozn.: Astronomický čas se využíval do r. 1967 (viz definice na str.44)*

- Další vývoj primárních etalonů:
 - Cesiová fontána
 - Aktivní vodíkový maser
 - Rubidiový etalon
 - Optické hodiny:
 - hodinový laser a referenční rezonátor
 - iontové hodiny
 - hodiny s optickou mřížkou
 - *Pozn:* v ČR Projekt vývoje opt.hodin do 12/2019

14.2.2 Sekundární etalony času a frekvence v ČR

- na primární etalon lze navazovat:
- metodou přímého porovnávání – kvantové generátory, fázově zavěšené krystalové oscilátory, autonomní krystalové generátory, čítače, hodiny a stopky
- metodou zprostředkujících signálů – signál globálního navigačního systému GPS

14.2.3 Jednotky

- 1 a = 1 rok (z latinského *aura*)
- 1 d = 1 den (z latinského *dies*)
- 1 h = 1 hodina (z latinského *hora*)
- 1 min = 1 minuta,
z lat. *par minuta prima* (první malá část)
- 1 s = 1 sekunda, (nikoliv vteřina!!)
z lat. *par minuta sekunda* (druhá malá část)



Konec 8. přednášky

DĚKUJI
ZA POZORNOST