

Opracował Adrian Bożydar Knyziak  
Politechnika Warszawska Wydział Mechatroniki

## Odtwarzanie i przekazywanie jednostek dozymetrycznych

Opracowanie zaliczeniowe z przedmiotu  
"Metody i Technologie Jądrowe"  
Uczelniana Oferta Dydaktyczna PW,  
Prowadzący: prof.dr hab. Jan Pluta  
rok ak. 2008/2009

## WZORCE JEDNOSTEK MIAR

- Wzorzec jednostki miary
- Wzorzec międzynarodowy jednostki miary
- Wzorzec państwowy jednostki miary
- Wzorzec pierwotny jednostki miary
- Wzorzec wtórny jednostki miary
- Wzorzec odniesienia jednostki miary
- Wzorzec roboczy jednostki miary
- Jednostka miary

## WZORZEC JEDNOSTKI MIARY

Wzorzec miary, przyrząd pomiarowy, materiał odniesienia lub układ pomiarowy, przeznaczony do zdefiniowania, zrealizowania, zachowania lub odtwarzania jednostki miary albo jednej lub wielu wartości pewnej wielkości i służący jako odniesienie.

## WZORZEC MIĘDZYNARODOWY JEDNOSTKI MIARY

Wzorzec jednostki miary uznany umową międzynarodową za podstawę do przypisywania wartości innym wzorcom jednostki miary danej wielkości.

## WZORZEC PAŃSTWOWY JEDNOSTKI MIARY

Wzorzec jednostki miary uznany urzędowo w danym kraju za podstawę do przypisywania wartości innym wzorcom jednostki miary danej wielkości.

## WZORZEC PIERWOTNY JEDNOSTKI MIARY

Wzorzec jednostki miary, który jest ustalony lub powszechnie uznany jako charakteryzujący się najwyższą jakością metrologiczną i którego wartość jest przyjęta bez odniesienia do innych wzorców jednostki miary tej samej wielkości.

## WZORZEC WTÓRNY JEDNOSTKI MIARY

Wzorzec jednostki miary, którego wartość jest utworzona przez porównanie z wzorcem pierwotnym jednostki miary tej samej wielkości.

## WZORZEC ODNIESIENIA JEDNOSTKI MIARY

Wzorzec jednostki miary o najwyższej zazwyczaj jakości metrologicznej dostępny w danym miejscu lub danej organizacji, który stanowi odniesienie dla wykonywanych tam pomiarów.



## WZORZEC ROBOCZY JEDNOSTKI MIARY

Wzorzec jednostki miary używany zwykle do wzorcowania lub sprawdzania wzorów miar, przyrządów pomiarowych lub materiałów odniesienia.

## JEDNOSTKA MIARY

Wielkość określona, zdefiniowana i przyjęta umownie, z którą porównuje się inne wielkości tego samego rodzaju w celu ich ilościowego wyrażania w stosunku do tej wielkości przyjętej umownie.

## WIELKOŚCI I JEDNOSTKI

- Dawka ekspozycyjna
- Moc dawki ekspozycyjnej
- Kerma w powietrzu
- Moc kermy w powietrzu

## DAWKA EKSPozyCYJNA

$$X = \frac{dQ}{dm} \quad \left[ \frac{C}{kg} \right]$$

$$\dot{X} = \frac{dX}{dt} \quad \left[ \frac{A}{kg} \right]$$

## KERMA W POWIETRZU

$$K = \frac{dE}{dm} \quad \left[ \frac{J}{kg} \right]$$

## MOC KERMY W POWIETRZU

$$\dot{K} = \frac{dK}{dt} \quad \left[ \frac{\text{Gy}}{\text{s}} \right]$$

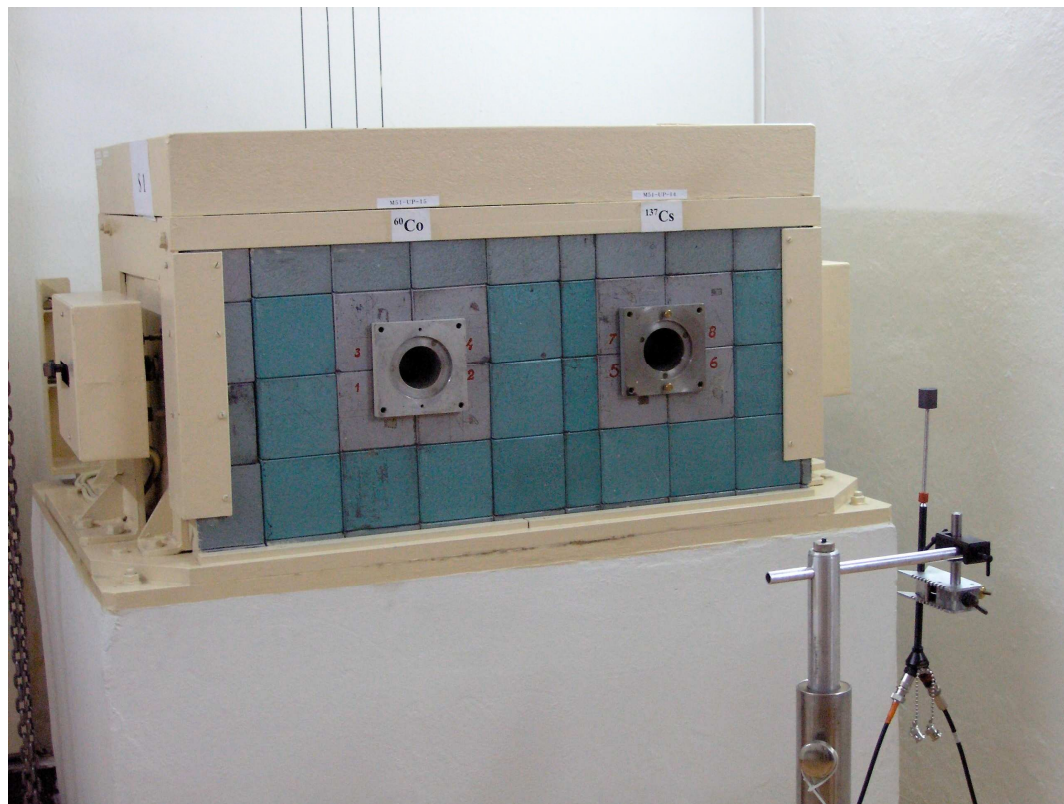
## WZORCE PROMIENIOWANIA FOTONOWEGO

Laboratorium Promieniowania Jonizującego GUM zajmuje się głównie wzorcami fotonowego promieniowania jonizującego tzn. wzorcami promieniowania  $X$  i  $\gamma$  w zakresie dawki ekspozycyjnej i kermy w powietrzu. Są to wzorce pierwotne odtwarzające jednostkę miary zgodnie z jej definicją. LPJ na swoich wzorcowych stanowiskach pomiarowych odtwarza i przekazuje jednostkę miary dawki ekspozycyjnej i kermy w powietrzu, nie ma możliwości odtwarzania na tym poziomie dawki pochłoniętej np. w wodzie. Wzorce te to w przypadku:

- pomiarów promieniowania rentgenowskiego – komora jonizacyjna o elektrodach płasko-równoległych i ściankach powietrznych.
- pomiarów promieniowania  $\gamma$  – grafitowa wnękowa komora jonizacyjna.

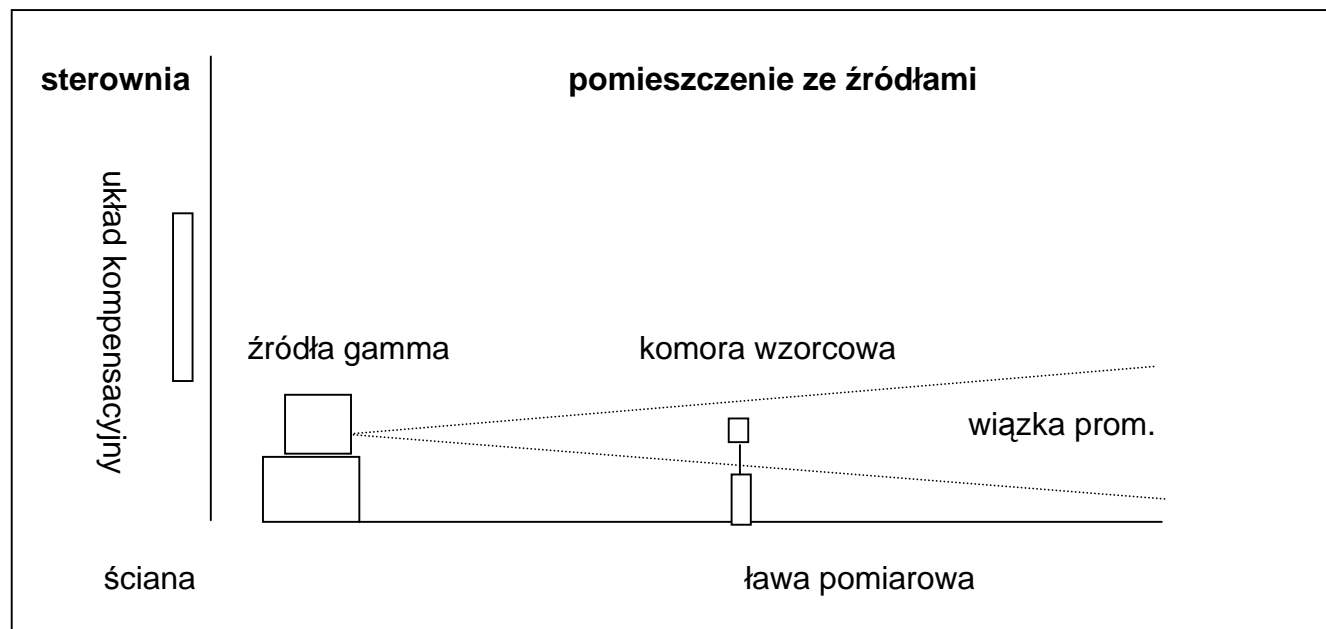


## POMIAR PROMIENIOWANIA $\gamma$



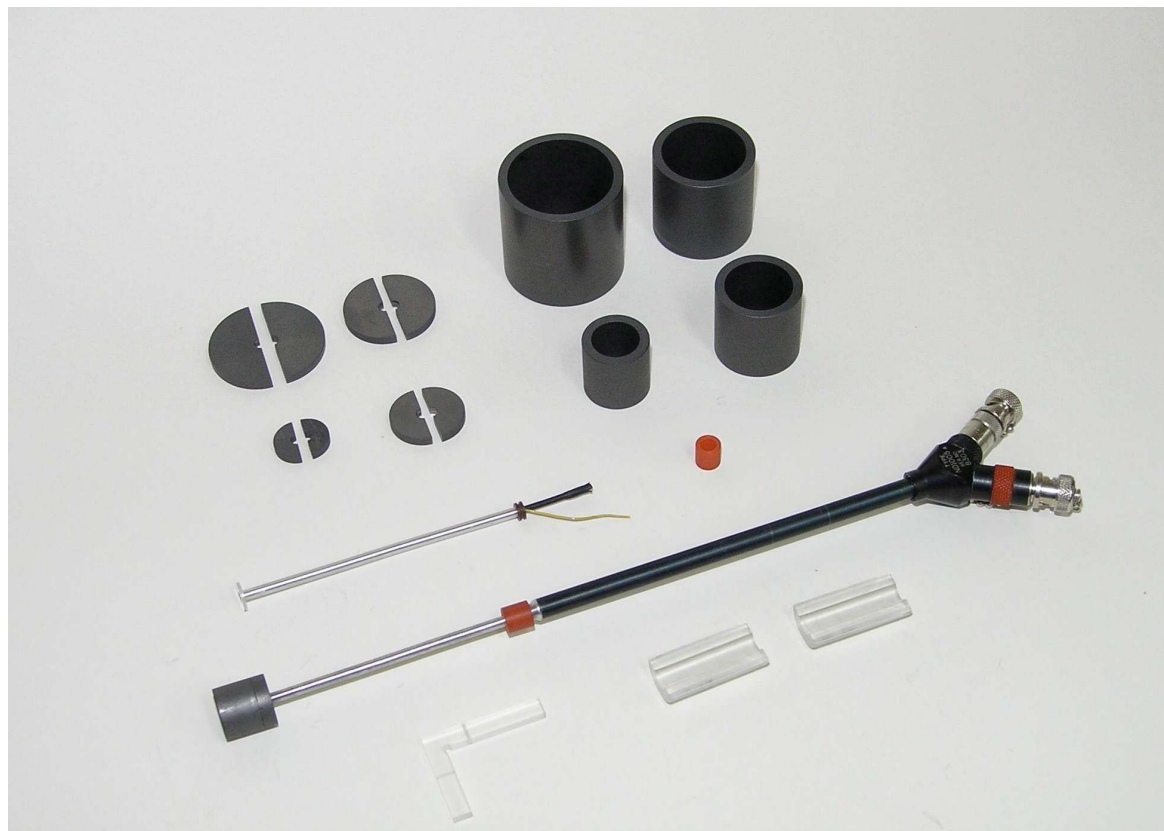
Komora wzorcowa na stanowisku pomiarowym gamma.

# POMIAR PROMIENIOWANIA $\gamma$



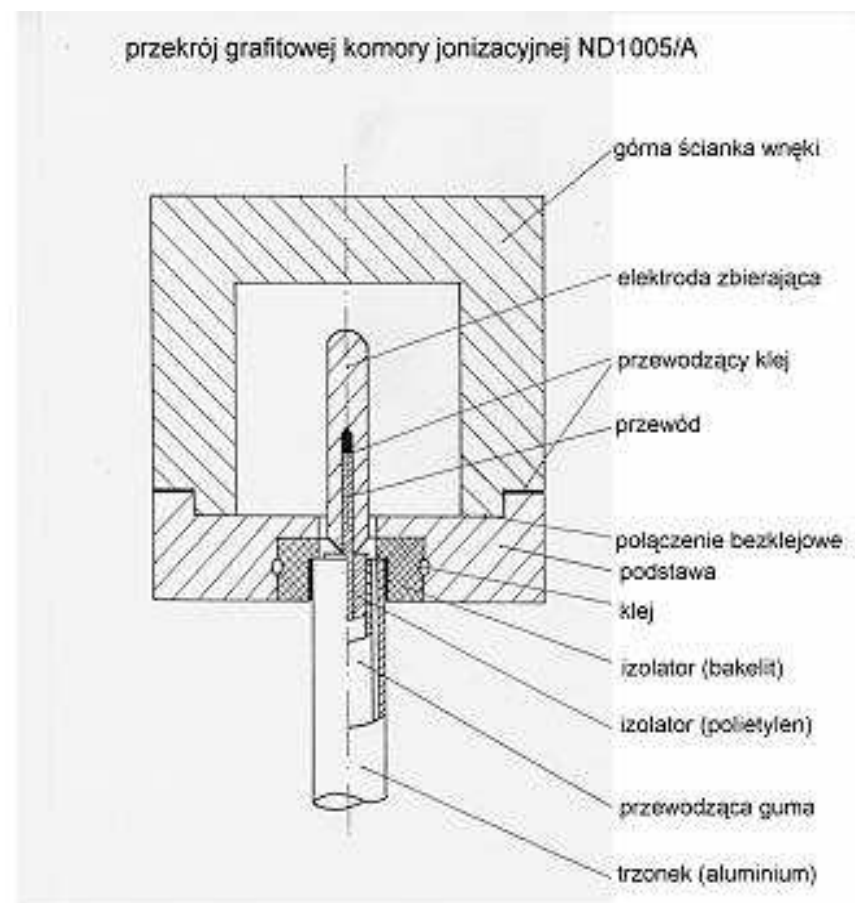
Schematyczny rysunek stanowiska wzorcowego gamma.

## POMIAR PROMIENIOWANIA $\gamma$

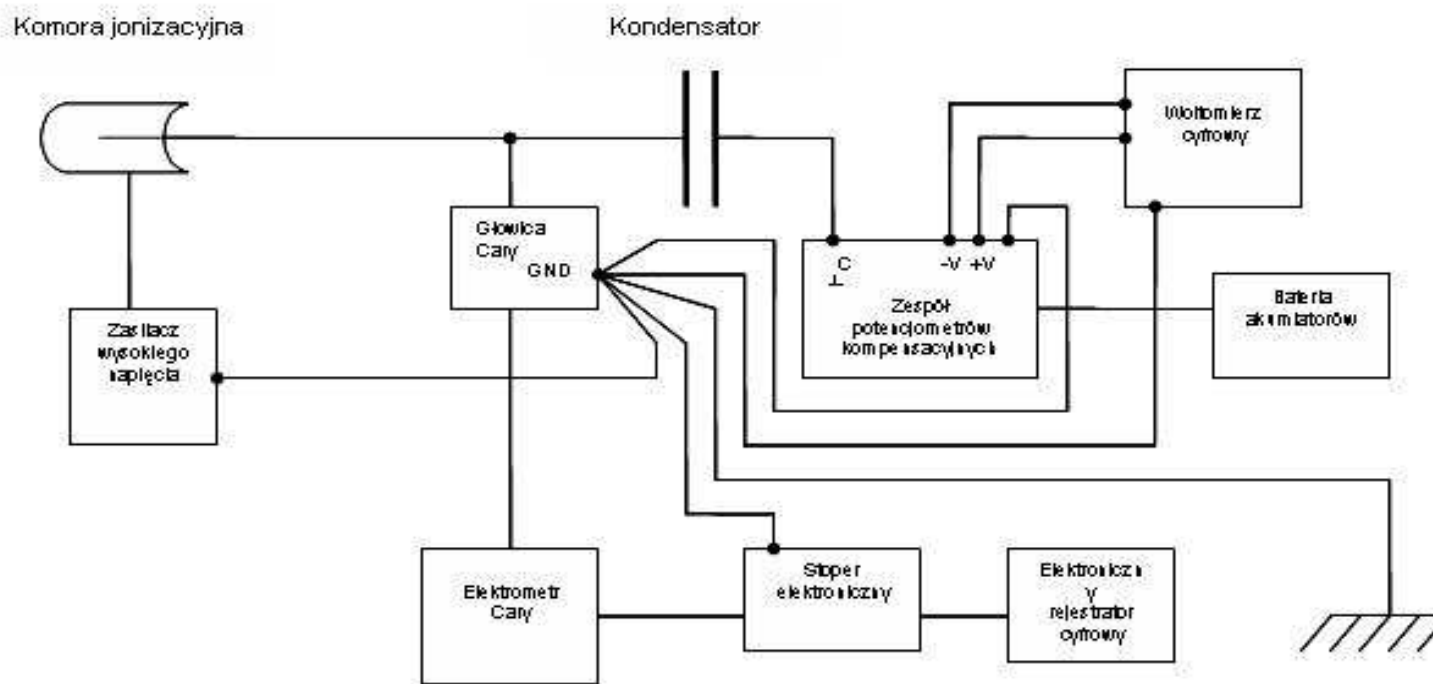


Wzorzec pierwotny-grafitowa komora jonizacyjna ND1005/A.

## POMIAR PROMIENIOWANIA $\gamma$



# POMIAR PROMIENIOWANIA $\gamma$



Blokowy schemat stanowiska wzorcowego wraz z układem Townsenda do pomiarów prądów i ładunków jonizacyjnych.

$$\dot{K} = \frac{I}{m} \frac{W}{e} \frac{1}{1 - \bar{g}} \left( \frac{\mu_{\text{en}}}{\rho} \right)_{\text{a,c}} \bar{S}_{\text{c,a}} \prod k_i$$

# POMIAR PROMIENIOWANIA $\gamma$

Table 3. Physical constants and correction factors with their estimated relative uncertainties of the BIPM and GUM standards for the  $^{137}\text{Cs}$  gamma radiation beam at the BIPM

	BIPM standard			GUM standard			
	values	uncertainty <sup>(1)</sup>		values	uncertainty <sup>(1)</sup>		
		100 $s_1$	100 $u_1$		100 $s_1$	100 $u_1$	
<b>Physical Constants</b>							
$\rho_0$	dry air density <sup>(2)</sup> / kg m <sup>-3</sup>	1.2930	0.01		1.2930	0.01	
$(\mu_{en} / \rho)_{e,C}$		0.9990	0.05		0.9990	0.05	
$\bar{S}_{e,w}$		1.0104	0.11 <sup>(3)</sup>		1.0101	0.11 <sup>(3)</sup>	
$W / e$	J/C	33.97			33.97		
$\bar{g}$	bremsstrahlung loss	0.0012	0.02		0.0012	0.02	
<b>Correction factors:</b>							
$k_s$	recombination losses	1.0014	0.01	0.01	1.0019	0.01	0.01
$k_h$	humidity	0.9970	0.03		0.9970	0.03	
$k_{sp}$	stem scattering	0.9998	0.01		0.9986	0.01	
$k_{at}$	wall attenuation	1.0540	0.01	0.04			
$k_{sc}$	wall scattering	0.9535	0.01	0.15	1.0175	0.01	0.10
$k_{rep}$	mean origin of electrons	0.9972	0.01		0.9986	0.01	
$k_{ax}$	axial non-uniformity	0.9981	0.07		1.0000	0.01	
$k_m$	radial non-uniformity <sup>(4)</sup>	1.0011	0.01	0.03	1.0002	0.01	0.02
$V$	chamber volume / cm <sup>3</sup>	6.8344	0.01	0.10	1.013	–	0.20
$I$	ionization current / pA		0.03			0.03	
<b>Relative standard uncertainty</b>							
quadratic summation			0.04	0.24		0.04	0.28
combined uncertainty			0.24			0.29	
<b>Relative standard uncertainty neglecting contributions from physical constants and <math>k_h</math></b>							
quadratic summation			0.04	0.20		0.04	0.25
combined uncertainty			0.20			0.26	

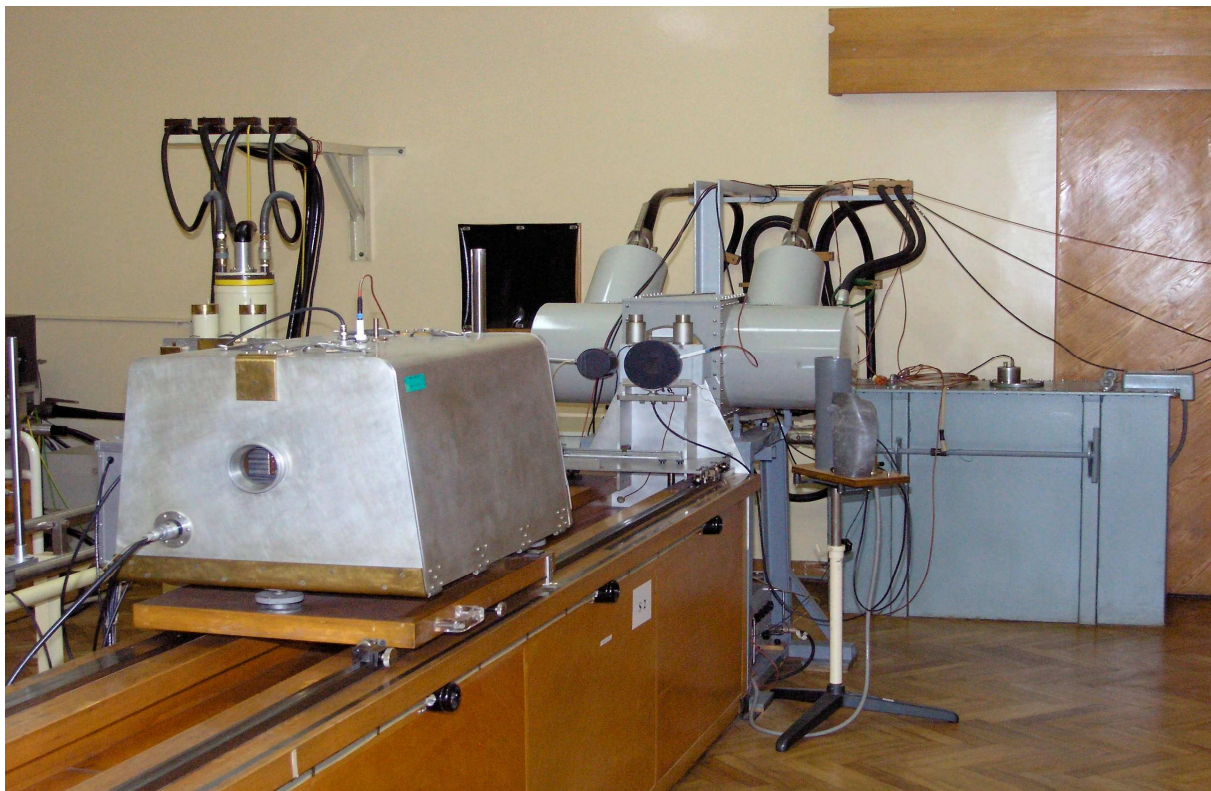
<sup>(1)</sup> Expressed as one standard deviation  
 $s_1$  represents the relative standard uncertainty estimated by statistical methods, type A  
 $u_1$  represents the relative standard uncertainty estimated by other means, type B

<sup>(2)</sup> At 101.325 Pa and 273.15 K

<sup>(3)</sup> Combined uncertainty for the product of  $\bar{S}_{e,w}$  and  $W / e$

<sup>(4)</sup> For the 20 cm diameter  $^{137}\text{Cs}$  beam.

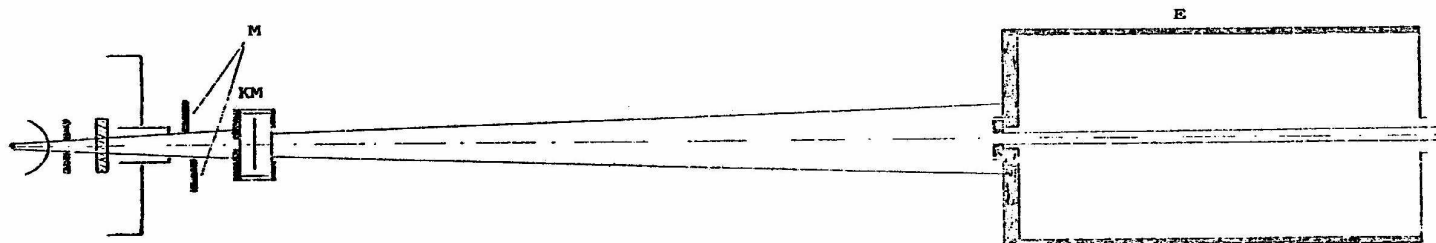
## POMIAR PROMIENIOWANIA RENTGENOWSKIEGO



Ława pomiarowa stanowiska wzorcowego X.



## POMIAR PROMIENIOWANIA RENTGENOWSKIEGO



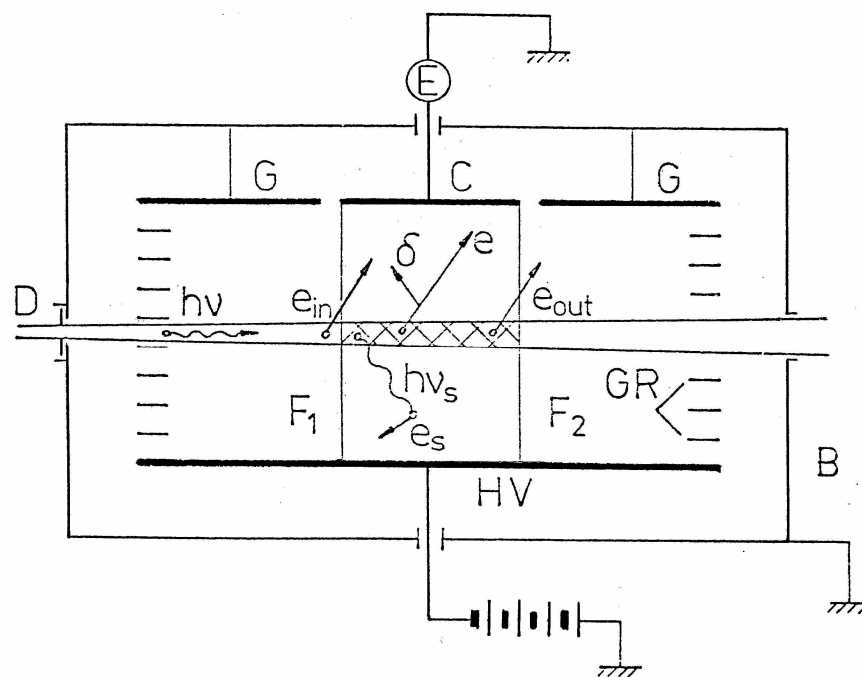
stanowisko wzorcowe do pomiarów promieniowania X

## POMIAR PROMIENIOWANIA RENTGENOWSKIEGO



Wzorzec pierwotny - komora o elektrodach płasko - równoległych i o ściankach powietrznych.

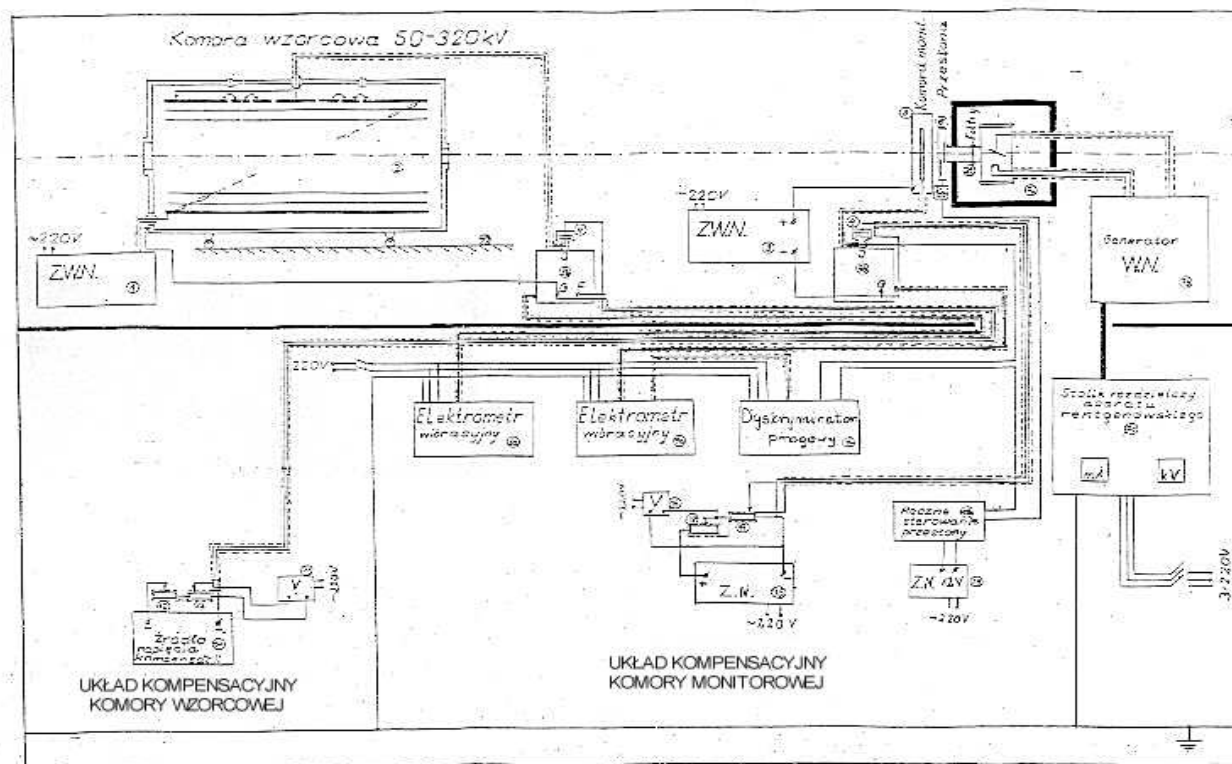
# POMIAR PROMIENIOWANIA RENTGENOWSKIEGO



budowa komory płasko-równoległej o ściankach powietrznych

# POMIAR PROMIENIOWANIA RENTGENOWSKIEGO

SCHEMAT POŁĄCZEŃ



$$K = \frac{Q}{m} \cdot \frac{W}{e} \cdot \frac{1}{1 - \bar{g}} \cdot \prod k_i$$

$$X = \frac{Q}{m} \cdot \prod k_i$$

# POMIAR PROMIENIOWANIA RENTGENOWSKIEGO

**Table 5. Main dimensions of the GUM standard (100 kV to 250 kV) and correction factors**

plate separation/mm	239,9 2			
collecting plate width/mm	99,88 0			
collecting plate height/mm	280,5 6			
air path-length/mm	393,3			
diaphragm diameter/mm	10,278			
measuring volume/cm <sup>3</sup>	8,287			
applied voltage/V	± 5 000			
<b>Correction factors</b>	<b>100 kV</b>	<b>135 kV</b>	<b>180 kV</b>	<b>250 kV</b>
scattered radiation	0,993 1	0,994 3	0,995 0	0,995 5
electron loss	1,000 0	1,000 5	1,001 4	1,003 0
air attenuation <sup>(1)</sup>	1,013 6	1,009 2	1,008 0	1,006 6
recombination loss	1,000 3	1,000 3	1,000 4	1,000 6
field distortion	1,000 0	1,000 0	1,000 0	1,000 0
transmission through diaphragm edge	0,999 7	0,999 6	0,999 4	0,999 2
transmission through standard walls	1,000 0	1,000 0	1,000 0	1,000 0
humidity	0,998	0,998	0,998	0,998
polarity effect	0,999 8	0,999 7	0,999 6	0,999 7
101 325 Pa and 20 °C	$k = 4,60439$	$k = 2,00154$	$k = 1,000175$	$k = 1,00021$

## WZORCOWANIE

- **Wzorcowanie, kalibracja**  
Zbiór operacji ustalających, w określonych warunkach, relację między wartościami wielkości mierzonej wskazanymi przez przyrząd pomiarowy lub układ pomiarowy albo wartościami reprezentowanymi przez wzorzec miary lub przez materiał odniesienia a odpowiednimi wartościami wielkości realizowanymi przez wzorce jednostki miary.
- **Współczynnik wzorcowania (kalibracji)**  
Jest to współczynnik przekształcający wskazywaną przez dawkomierz wartość, skorygowaną do określonych warunków odniesienia w wartość poprawną w ustalonym punkcie pomiarowym.
- **Warunki odniesienia (warunki referencyjne)**  
Warunki użytkowania przewidziane do badania przyrządu pomiarowego lub do wzajemnego porównania wyników pomiarów.

## METODY POMIAROWE

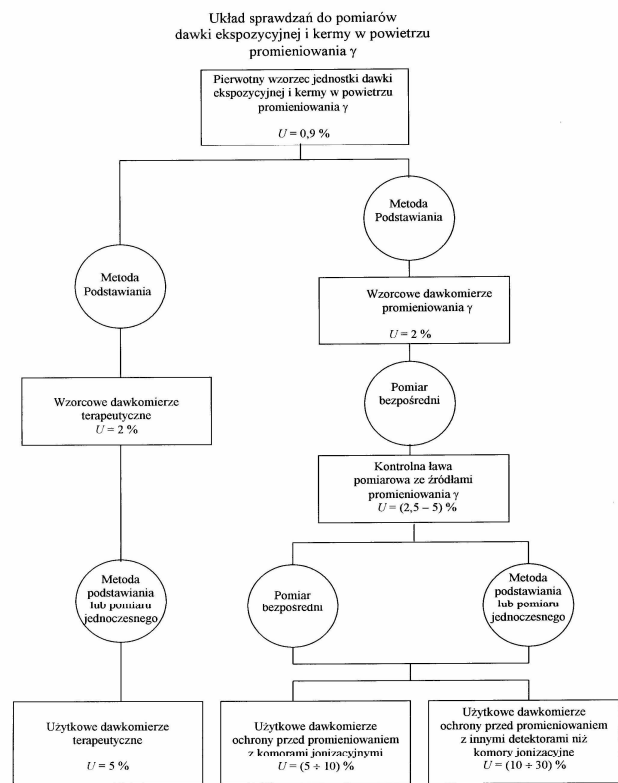
- **Metoda bezpośredniego pomiaru**, polegającą na pomiarze prądów jednocześnie napromienianych komór (wzorcowej i sprawdzanej), umieszczonych w jednakowej odległości od źródła promieniowania.
- **Metoda przez podstawienie**, polegającą na pomiarze najpierw jedną, a następnie drugą komorą.



## WZORCOWANIE

$$k_{\gamma} = \frac{\dot{K}}{M \cdot k_D}$$

# WZORCOWANIE



Uwaga: Wartości niepewności rozszerzonej podano przy poziomie ufności 95% i dla współczynnika rozszerzenia  $k = 2$ .

## SPÓJNOŚĆ POMIAROWA

Właściwość wyniku pomiaru lub wzorca jednostki miary polegająca na tym, że można je powiązać z określonymi odniesieniami, na ogół z wzorcami państwowymi lub międzynarodowymi jednostki miary, za pośrednictwem nieprzerwanego łańcucha porównań, z których wszystkie mają określone niepewności.

## SPÓJNOŚĆ POMIAROWA

Spójność pomiarowa jest charakteryzowana przez:

**nieprzerwany łańcuch porównań** – prowadzący do ustalonych odniesień akceptowalnych dla stron, zazwyczaj do krajowych lub międzynarodowych wzorców;

**niepewność pomiaru** – niepewność pomiaru dla każdego stopnia w łańcuchu spójności pomiarowej musi być obliczona lub oszacowana według uzgodnionych metod i musi być ustalona tak, aby całkowita niepewność całego łańcucha mogła być obliczona lub oszacowana;

**dokumentacja** – wzorcowanie na każdym stopniu łańcucha musi być wykonywane zgodnie z udokumentowanymi i powszechnie uznanymi procedurami, wyniki muszą być zapisywane;

**kompetencje** – laboratoria lub organizacje realizujące jeden lub więcej stopni w łańcuchu muszą przedstawić dowody dla swoich kompetencji technicznych (np. poprzez akredytację);

**odniesienie do jednostek SI** – łańcuch porównań musi, gdzie to możliwe, kończyć się na wzorcach pierwotnych jednostek miar odtwarzających jednostki SI;

**odstępny czas między wzorcowaniami** – wzorcowania muszą być powtarzane we właściwych odstępach czasu; długość tych odstępów czasu będzie zależna od wielu zmiennych (np. wymagana niepewność, częstość użytkowania, sposób użytkowania, stabilność wyposażenia).