

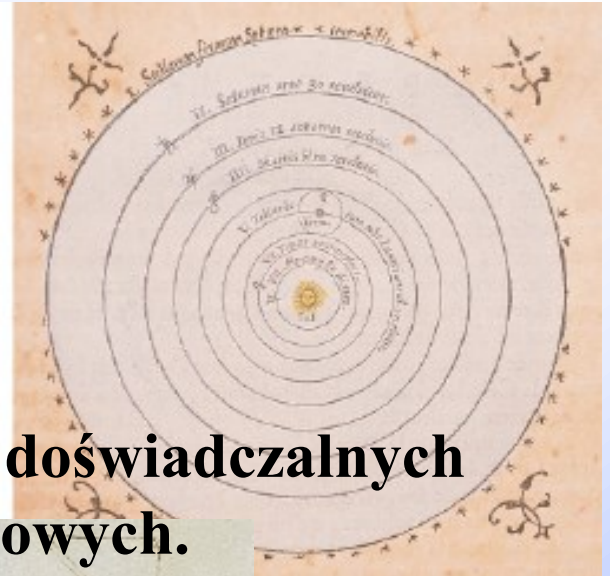
dr inż. Wojciech Wróbel

Podstawy fizyki

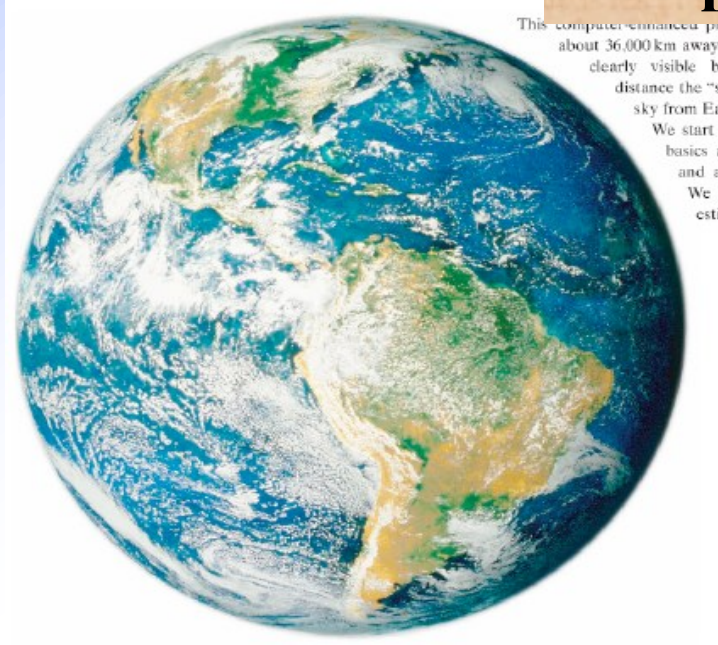
Bibliografia

- David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, **Podstawy fizyki tom 1,2,3,4,5** , Wydaw. Naukowe PWN,2005.
- Władysław Bogusz, Jerzy Garbarczyk, Franciszek Krok, **Podstawy Fizyki** , Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997 (lub wydanie nowsze)
- B.M Jaworski, A.A. Dietłaf, **Fizyka - poradnik encyklopedyczny**, Wydaw. Naukowe PWN,1997 (lub nowsze).
- Jay Orear **fizyka tom 1,2** , Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1990,2004
- **Fizyka. Repetytorium. Wzory i Prawa z Objasńnieniami**
Kazimierz Sierański, Piotr Sitarek, Krzysztof Jezierski
- **Fizyka. Repetytorium. Zadania z Rozwiązaniami** Krzysztof Jezierski, Kazimierz Sierański, Izabela Szlufarska
- **Fizyka. Zadania z Rozwiązaniami. Część I i Część II** Krzysztof Jezierski, Bogumił Kołodka, Kazimierz Sierański
- Skrypt dostępny na stronie

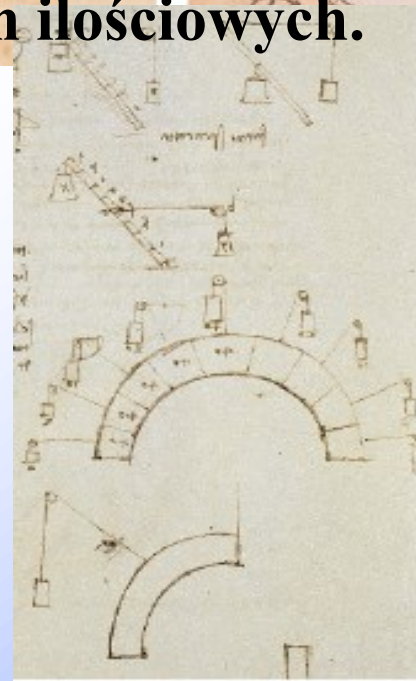
Podstawy fizyki



Fizyka opiera się na obserwacjach doświadczalnych oraz na pomiarach ilościowych.



This computer-enhanced picture of Earth from space, taken about 36,000 km away, clearly shows the horizon. At this distance the "sky" from Earth is clearly visible. We start with the basics and go on to advanced topics. We are here to help you learn and understand the world around us.



Podstawy fizyki



Fizyka opiera się na obserwacjach doświadczalnych oraz na pomiarach ilościowych.



Podstawy fizyki

Uproszczenie problemów

Tworzenie prostych modeli, pojęć i operowanie nimi

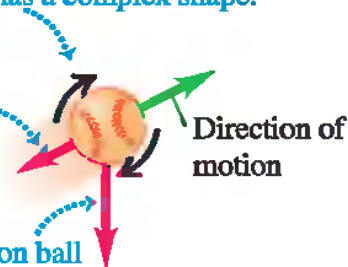


(a) A real baseball in flight

Baseball spins and has a complex shape.

Air resistance and wind exert forces on the ball.

Gravitational force on ball depends on altitude.

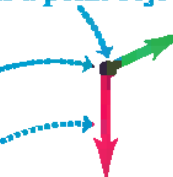


(b) An idealized model of the baseball

Baseball is treated as a point object (particle).

No air resistance.

Gravitational force on ball is constant.



Fizyka

Fizyka jest nauką ścisłą i empiryczną, czyli opartą na doświadczeniu ponieważ:

- Używa wielkości fizycznych dokładnie zdefiniowanych. W definicji wielkości fizycznej zawarte są informacje dotyczące jej pomiaru. Wielkością fizyczną jest każda wielkość, która daje się mierzyć czyli porównywać ze wzorcem jednostki tej wielkości
- Stosuje opis matematyczny zjawisk („matematyka jest językiem fizyki”)
- Prawa fizyczne formułuje na podstawie doświadczeń

Jednostki fizyczne

- Fizyka opiera się na pewnej minimalnej liczbie praw podstawowych o charakterze pewników, które nazywamy zasadami.
- Inne szczegółowe prawa fizyczne wyprowadzamy z zasad fizyki za pomocą modeli fizycznych opisywanych zjawisk.
- Istnienie zasad i praw szczegółowych powoduje wzajemne powiązanie wielkości fizycznych.
- Stąd z kolei wynika, że jest w fizyce pewna liczba podstawowych wielkości fizycznych, a pozostałe wielkości są wielkościami zależnymi, pochodnymi.
- Wzorce jednostek fizycznych potrzebne tylko dla wielkości podstawowych.

Jednostki fizyczne

Ustalono, że są cztery podstawowe wielkości fizyczne: długość, masa, czas i natężenie prądu. Stworzono zatem wzorce metra, kilograma, sekundy i ampera.

Wzorce : maksymalna dokładność i powszechność, uniwersalność

Jednostki podstawowe

Wielkość	Nazwa	Symbol
Długość	metr	m
Masa	kilogram	kg
Czas	sekunda	s
Natężenie prądu elektrycznego	amper	A
Temperatura termodynamiczna	kelwin	K
Ilość materii	mol	mol
Światłość	kandela	cd
Jednostki uzupełniające używane w układzie SI		
Kąt płaski	radan	rad
Kąt bryłowy	steradian	sr

Jednostki pochodne

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Jednostki pochodne

Wielkość	Nazwa	Symbol	Definicja	Wymiar
Częstotliwość	herc	Hz	1 Hz = 1/1·s	s ⁻¹
Siła	niuton	N	1 N = 1 kg · 1 (m/s ²)	kg·m·s ⁻²
Ciśnienie, naprężenie mechaniczne, ciśnienie akustyczne	paskal	Pa	1 Pa = 1 N/1 m ²	m ⁻¹ ·kg·s ⁻²
Energia, praca, ilość ciepła	dżul	J	1 J = 1 N·1 m	m ² ·kg·s ⁻²
Moc, strumień promieniowania	wat	W	1 W = 1 J/1 s	m ² ·kg·s ⁻³
Ładunek elektryczny	kulomb	C	1 C = 1 A·1 s	A·s
Potencjał elektryczny, napięcie elektryczne, siła elektromotoryczna	wolt	V	1 V = 1 W/1 A	m ² ·kg·s ⁻³ ·A ⁻¹
Pojemność elektryczna	farad	F	1 F = 1 C/1 V	m ⁻² ·kg ⁻¹ ·s ⁴ ·A ²
Rezystancja, (opór elektryczny)	om	Ω	1 Ω = 1 V/1 A	m ² ·kg·s ⁻³ ·A ⁻²
Konduktancja (przewodność elektryczna)	simens	S	1 S = 1 Ω ⁻¹	m ⁻² ·kg ⁻¹ ·s ³ ·A ²
Strumień magnetyczny	weber	Wb	1 Wb = 1 V·1 s	m ² ·kg·s ⁻² ·A ⁻¹
Indukcja magnetyczna	tesla	T	1 T = 1 Wb/1 m ²	kg·s ⁻² ·A ⁻¹
Indukcyjność	henr	H	1 H = 1 V·1 s/1 A	m ² ·kg·s ⁻² ·A ⁻²
Temperatura Celsjusza	stopień Celsjusza	°C	1 °C = 1 K	K
Strumień świetlny	lumen	lm	1 lm = 1 cd · 1 sr	cd
Natężenie oświetlenia	luks	lx	1 lx = 1 lm/1 m ²	cd·m ⁻²
Aktywność promieniotwórcza	bekerel	Bq	1 Bq = 1/1 s	s ⁻¹
Dawka pochłonięta, energia przekazana właściwa, kerma	grej	Gy	1 Gy = 1 J/1 kg	m ² ·s ⁻²
Równoważnik dawki, przestrzenny równoważnik dawki, kierunkowy równoważnik dawki, indywidualny równoważnik dawki	siwert	Sv	1 Sv = 1 J/1 kg	m ² ·s ⁻²
Aktywność katalityczna	katal	kat	1 kat = 1 mol/1 s	mol·s ⁻¹

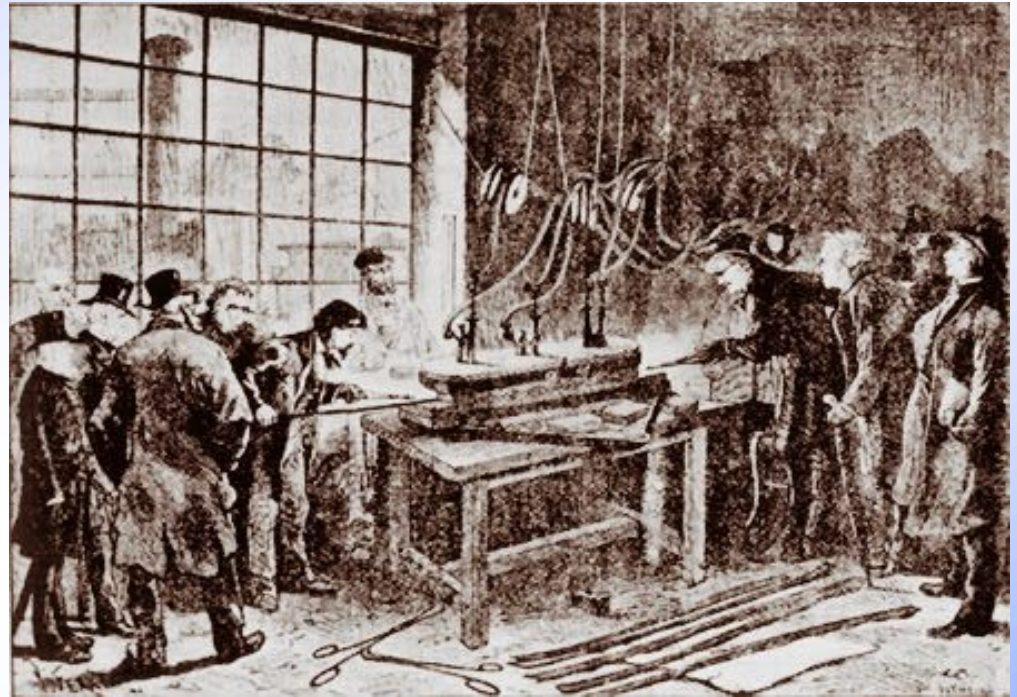
wzorce: metr

Wzorce : maksymalna dokładność i powszechność, uniwersalność

- 1795 – 1889 10^{-7} długości mierzonej wzdłuż południka paryskiego od równika do bieguna
- 1889-1960 odległość między odpowiednimi kreskami na wzorcu, równą $0,999914 \cdot 10^{-7}$ ćwiartki południka ziemskiego.



- 1960 - 1983 długość równa 1 659 763,73 długości fali promieniowania w próżni odpowiadającego przejściu między poziomami $2p^{10}$ a $5d^5$ atomu ^{86}Kr kryptonu 86.



Generalna Konferencja Miar i Wag (1983)

Odległość, jaką pokonuje światło w próżni w czasie $1/299\,792\,458$ s

wzorce: metr

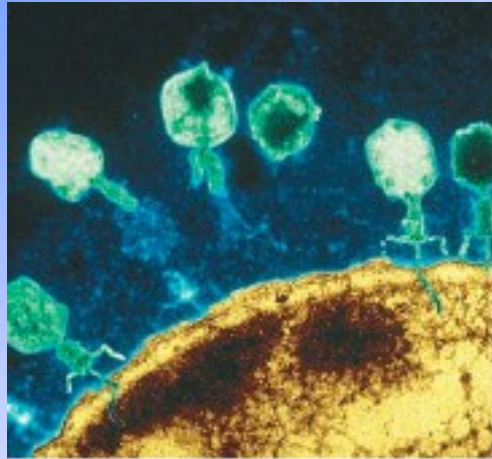


TABLE 1.1 Approximate Values of Some Measured Lengths

	Length (m)
Distance from the Earth to most remote known quasar	1.4×10^{26}
Distance from the Earth to most remote known normal galaxies	9×10^{25}
Distance from the Earth to nearest large galaxy (M 31, the Andromeda galaxy)	2×10^{22}
Distance from the Sun to nearest star (Proxima Centauri)	4×10^{16}
One lightyear	9.46×10^{15}
Mean orbit radius of the Earth about the Sun	1.50×10^{11}
Mean distance from the Earth to the Moon	3.84×10^8
Distance from the equator to the North Pole	1.00×10^7
Mean radius of the Earth	6.37×10^6
Typical altitude (above the surface) of a satellite orbiting the Earth	2×10^5
Length of a football field	9.1×10^1
Length of a housefly	5×10^{-3}
Size of smallest dust particles	$\sim 10^{-4}$
Size of cells of most living organisms	$\sim 10^{-5}$
Diameter of a hydrogen atom	$\sim 10^{-10}$
Diameter of an atomic nucleus	$\sim 10^{-14}$
Diameter of a proton	$\sim 10^{-15}$

Generalna Konferencja Miar i Wag (1983)

Odległość, jaką pokonuje światło w próżni w czasie
1/299 792 458 s

wzorce: kilogram

I Generalna Konferencja Miar (1889)

Masa wzorca (walca o wysokości i średnicy podstawy 39 mm wykonanego ze stopu platyny z irydem) przechowywanego w Międzynarodowym Biurze Miar w Sèvres koło Paryża.



- W przybliżeniu masa 1 litra wody w temperaturze 4 stopni Celsjusza przy ciśnieniu normalnym.

TABLE 1.2

Masses of Various Bodies (Approximate Values)

Body	Mass (kg)
Visible Universe	$\sim 10^{52}$
Milky Way galaxy	7×10^{41}
Sun	1.99×10^{30}
Earth	5.98×10^{24}
Moon	7.36×10^{22}
Horse	$\sim 10^3$
Human	$\sim 10^2$
Frog	$\sim 10^{-1}$
Mosquito	$\sim 10^{-5}$
Bacterium	$\sim 10^{-15}$
Hydrogen atom	1.67×10^{-27}
Electron	9.11×10^{-31}

wzorce: sekunda

Międzynarodowy Układ Jednostek Miar (1967)

9 192 631 770 okresów promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma poziomami $F = 3$ i $F = 4$ struktury nadsubtelnej stanu podstawowego $^2S_{1/2}$ atomu cezu ^{133}Cs w stanie podstawowym w temperaturze 0 K.

- Poprzednio sekundę definiowano jako 1/31 556 925,9747 część roku zwrotnikowego 1900 lub 1/86400 część doby.

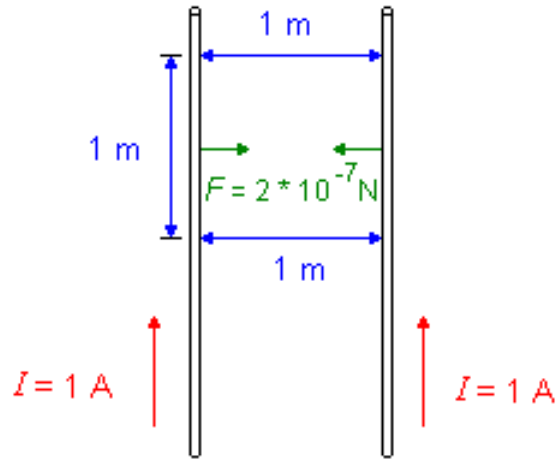
TABLE 1.3 Approximate Values of Some Time Intervals

	Interval (s)
Age of the Universe	5×10^{17}
Age of the Earth	1.3×10^{17}
Average age of a college student	6.3×10^8
One year	3.16×10^7
One day (time for one rotation of the Earth about its axis)	8.64×10^4
Time between normal heartbeats	8×10^{-1}
Period of audible sound waves	$\sim 10^{-3}$
Period of typical radio waves	$\sim 10^{-6}$
Period of vibration of an atom in a solid	$\sim 10^{-13}$
Period of visible light waves	$\sim 10^{-15}$
Duration of a nuclear collision	$\sim 10^{-22}$
Time for light to cross a proton	$\sim 10^{-24}$

wzorce: amper

Międzynarodowy Kongres Elektryczny, Chicago, 1893
Generalna Konferencja Miar i Wag 1946

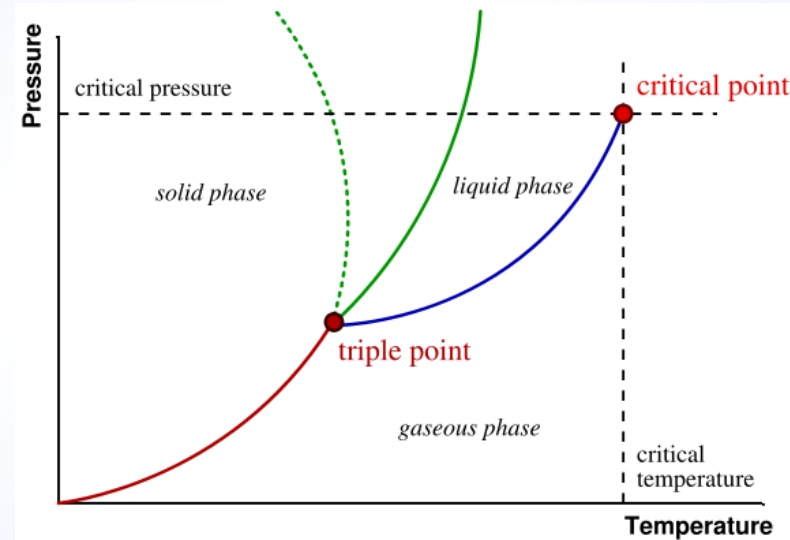
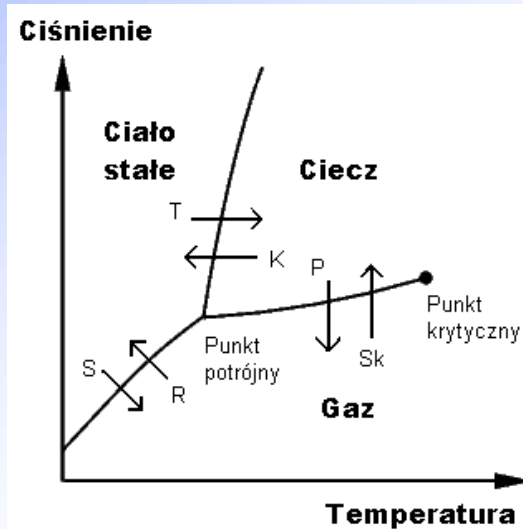
Stały prąd elektryczny, który płynąc w dwóch równoległych, prostoliniowych, nieskończenie długich przewodach o znikomo małym przekroju kołowym, umieszczonych w próżni w odległości 1 m od siebie, spowodowałby wzajemne oddziaływanie przewodów na siebie z siłą równą $2 \cdot 10^{-7}$ N na każdy metr długości przewodu.



wzorce: kelwin

Generalna Konferencja Miar i Wag 1954

1/273,16 temperatury termodynamicznej punktu potrójnego wody.



- Skala Kelwina to skala termodynamiczna – „0K” oznacza zero absolutne, najniższą teoretycznie możliwą temperaturę, jaką może mieć kryształ doskonały, w którym ustały wszelkie drgania cząsteczek.
- Woda używana w określeniu wzorca to woda oceaniczna (**Vienna Standard Mean Ocean Water**) posiadające punkt potrójny w 0.01°C, przy ciśnieniu 611.657 Pa. Woda słodka i deszczowa zawierają więcej izotopów lekkich, które ulegają szybszemu parowaniu.

wzorce: mol

Generalna Konferencja Miar i Wag 1971

Jeden mol jest to liczność materii układu zawierającego liczbę cząstek równą liczbie atomów w masie 12 gramów izotopu węgla ^{12}C . W jednym molu znajduje się ok. $6,0221415(10) \cdot 10^{23}$ cząstek. Liczba ta jest nazywana stałą Avogadra (liczbą Avogadra).

Równocześnie z licznością musi być podawany rodzaj cząstek (cząsteczki, atomy, jony, elektrony itp.)

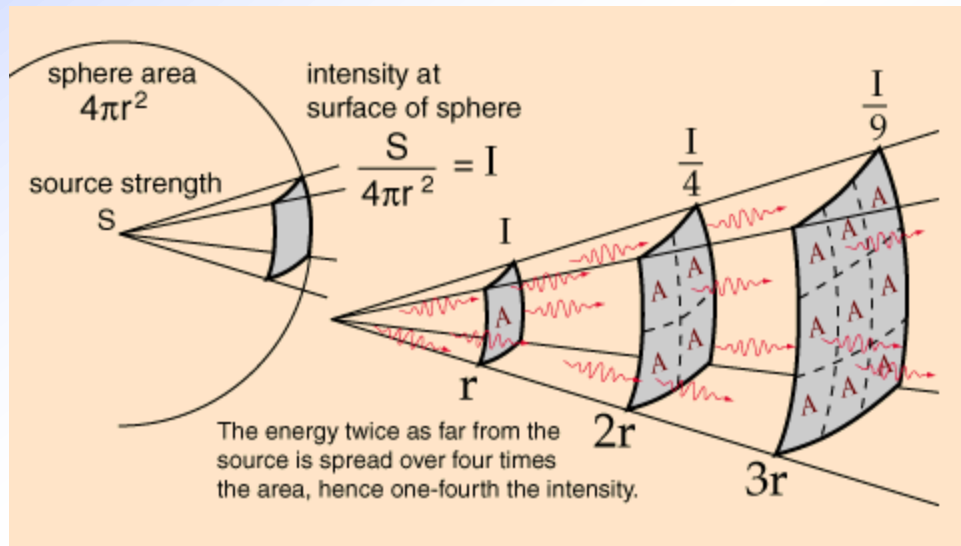
- Definicja alternatywna: Liczność substancji, przy której masa wyrażona w gramach jest jednakowa z masą atomową.
- Masa atomowa: liczba określająca ile razy jeden reprezentatywny atom danego pierwiastka chemicznego jest cięższy od 1/12 izotopu ^{12}C
- Jednostką pochodną jest masa molowa (masa jednego mola)
- Masa molowa wodoru H_2 wynosi około 2g/mol

wzorce: kandela

Generalna Konferencja Miar i Wag 1979

Światłość, z jaką świeci w określonym kierunku źródło emitujące promieniowanie monochromatyczne o częstotliwości $540 \cdot 10^{12}$ Hz, i którego natężenie w tym kierunku jest równe $1/683$ W/sr

- 1948: światłość $1/600000$ m² ciała doskonale czarnego w temperaturze topnienia platyny pod ciśnieniem 1 atmosfery fizycznej.
- Częstotliwość odpowiada światłu zielonemu, na które ludzkie oko jest najbardziej czułe.



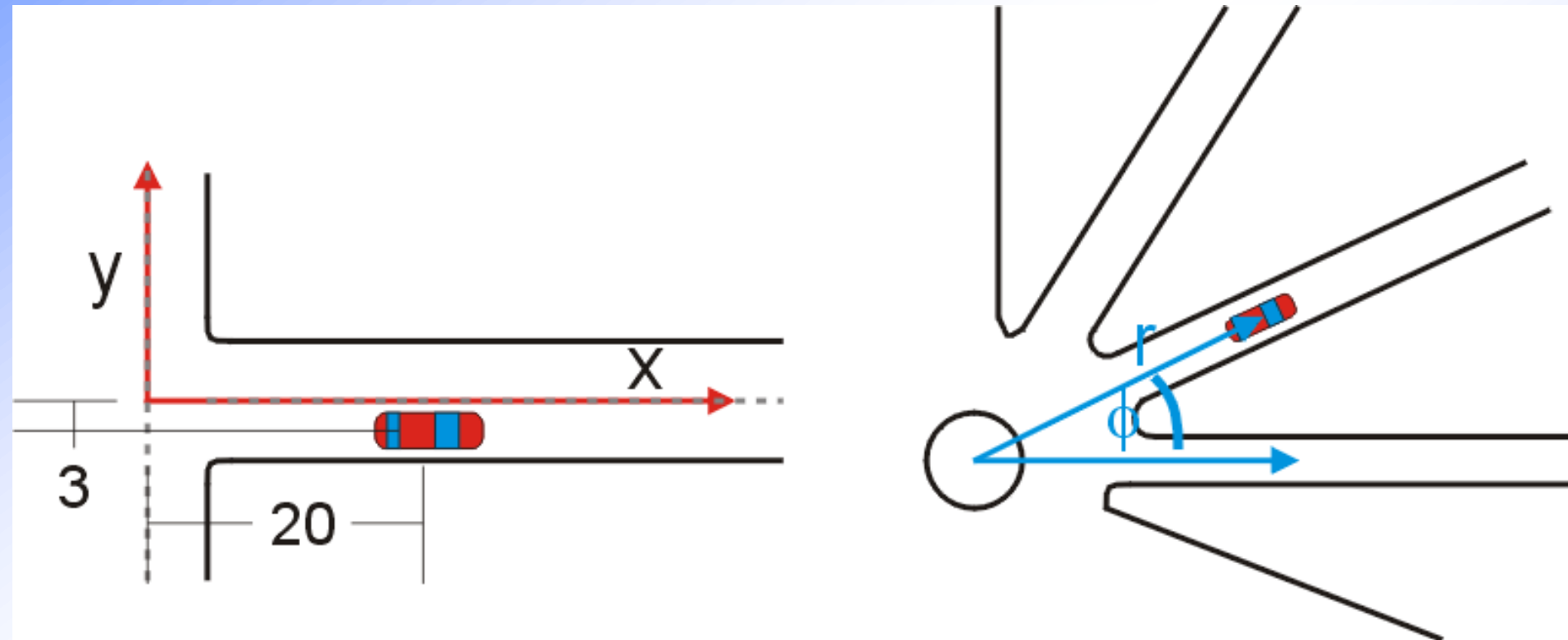
Wielokrotności jednostek miar: przedrostki

Nazwy i oznaczenia przedrostków		Mnożnik	
jotta	Y	1.000.000.000.000.000.000.000.000 =	10^{24}
zetta	Z	1.000.000.000.000.000.000.000 =	10^{21}
eksa	E	1.000.000.000.000.000.000 =	10^{18}
peta	P	1.000.000.000.000.000 =	10^{15}
tera	T	1.000.000.000.000 =	10^{12}
giga	G	1.000.000.000 =	10^9
mega	M	1.000.000 =	10^6
kilo	k	1.000 =	10^3
hekto	h	100 =	10^2
deka	da	10 =	10^1
decy	d	0,1 =	10^{-1}
centy	c	0,01 =	10^{-2}
mili	m	0,001 =	10^{-3}
mikro	μ	0,000.001 =	10^{-6}
nano	n	0,000.000.001 =	10^{-9}
piko	p	0,000.000.000.001 =	10^{-12}
femto	f	0,000.000.000.000.001 =	10^{-15}
atto	a	0,000.000.000.000.000.001 =	10^{-18}
zepto	z	0,000.000.000.000.000.000.001 =	10^{-21}
jokto	y	0,000.000.000.000.000.000.000.001 =	10^{-24}

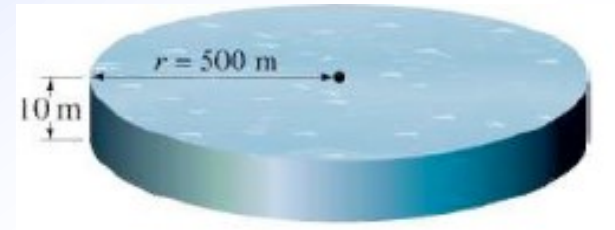
Przeliczanie jednostek miar



Układ odniesienia, układ współrzędnych



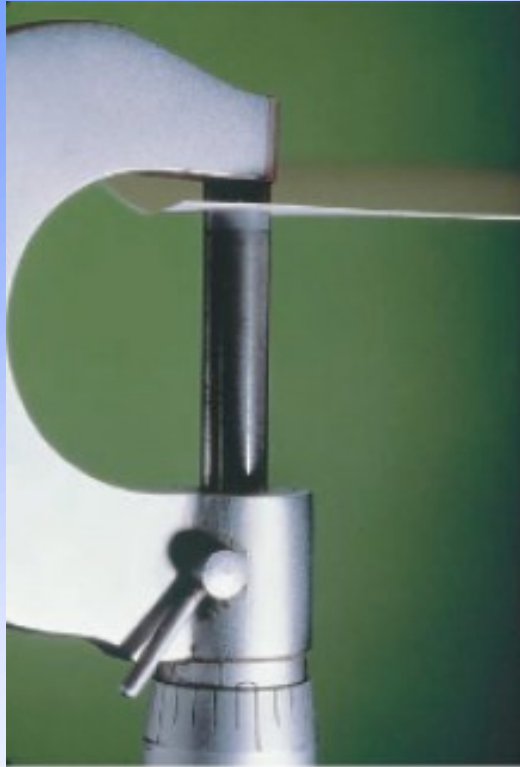
Szacowanie, rząd wielkości



$$V = h\pi r^2 \approx (10 \text{ m}) \times (3) \times (5 \times 10^2 \text{ m})^2 \approx 8 \times 10^6 \text{ m}^3 \approx 10^7 \text{ m}^3$$

$$(10^3 \text{ kg/m}^3)(10^7 \text{ m}^3) \approx 10^{10} \text{ kg}$$

Szacowanie, rząd wielkości



$$\frac{1.5 \text{ cm}}{250 \text{ pages}} \approx 6 \times 10^{-3} \text{ cm} = 6 \times 10^{-2} \text{ mm},$$

Oszacuj ilość kroków z Warszawy do Krakowa.

Szacunkowa odległość z Warszawy do Krakowa to **300km**.

Szacunkowa długość kroku to **80cm**.

Dzieląc odległość Warszawa-Kraków przez długość kroku otrzymujemy:

$$300000\text{m}/0.8\text{m}=375000=3.75 \times 10^5 \text{ kroków}$$

10^5 kroków

Szacowanie, rząd wielkości

Oszacuj liczbę stroicieli pianin w Warszawie

1 osoba na 100 ma pianino

w Warszawie mieszka 2×10^6 osób czyli liczba pianin jest rzędu 2×10^4

jeden stroiciel może nastroić 3 pianina/dzień czyli około 10^3 pianin/rok

średnio pianino stroi się 1 raz/rok

liczba stroicieli: (liczba pianin do nastrojenia)/(liczba pianin, które stroiciele mogą nastroić) $= 2 \times 10^4 / 10^3$, czyli **20**

Szacowanie, rząd wielkości

Oszacuj liczbę stroicieli pianin w Warszawie

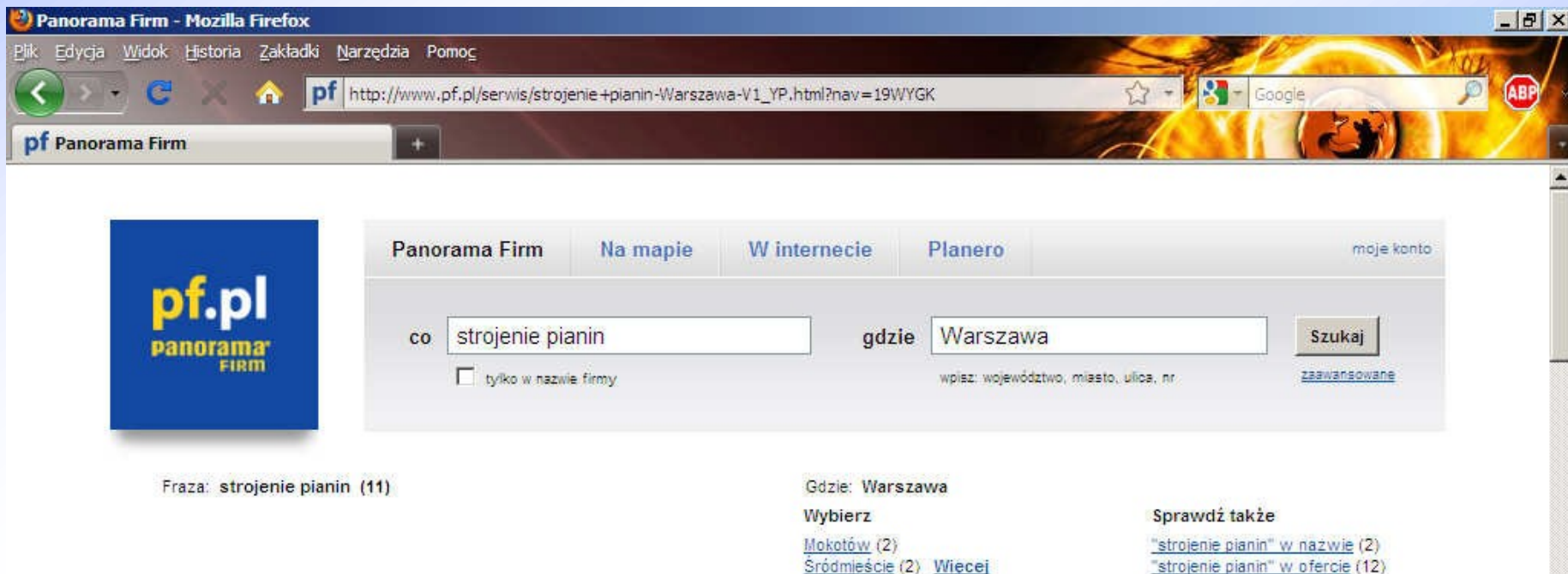
1 osoba na 100 ma pianino

w Warszawie mieszka 1.5×10^6 osób czyli liczba pianin jest rzędu 1.5×10^4

jeden stroiciel może nastroić 3 pianina/dzień czyli około 10^3 pianin/rok

średnio pianino stroi się 1 raz/rok

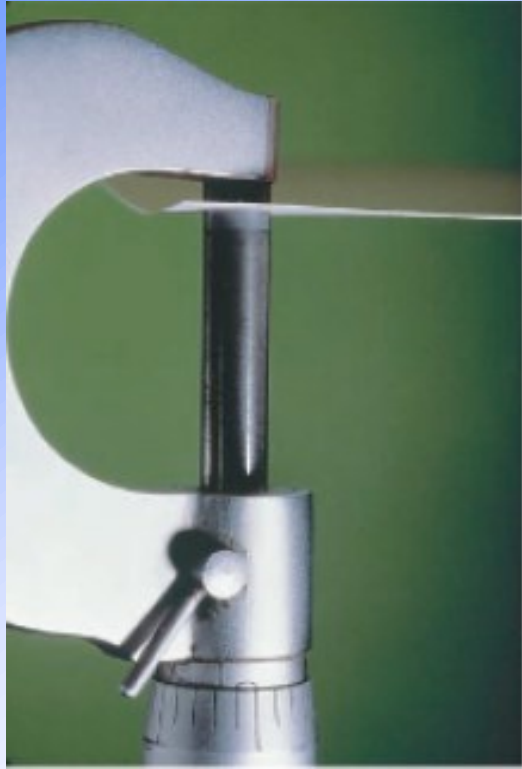
liczba stroicieli: (liczba pianin do nastrojenia)/(liczba pianin, które stroiciele mogą nastroić) = $1.5 \times 10^4 / 10^3$, czyli **15**



The screenshot shows a web browser window with the URL http://www.pf.pl/serwis/strojenie+pianin-Warszawa-V1_YP.html?nav=19WYVGK. The search results are as follows:

- Fraza:** strojenie pianin (11)
- Gdzie:** Warszawa
- Wybierz:**
 - [Mokotów \(2\)](#)
 - [Śródmieście \(2\)](#)
 - [Wiecej](#)
- Sprawdź także:**
 - ["strojenie pianin" w nazwie \(2\)](#)
 - ["strojenie pianin" w ofercie \(12\)](#)

Dokładność, niepewność



$$\frac{1.5 \text{ cm}}{250 \text{ pages}} \approx 6 \times 10^{-3} \text{ cm} = 6 \times 10^{-2} \text{ mm},$$

Każdy pomiar dowolnej wielkości jest zawsze obarczony niepewnością pomiarową (błędem pomiarowym).



niepewność 1mm



niepewność 0.01mm

Dokładność, niepewność

Każdy pomiar dowolnej wielkości jest zawsze obarczony niepewnością pomiarową (błędem pomiarowym).

Dokładność odzwierciedlamy w postaci odpowiedniej ilości cyfr znaczących (możliwych do wyznaczenia w wiarygodny sposób).

0.05 ma jedną cyfrę znaczącą 5×10^{-2}

34600 trzy cyfry znaczące 3.46×10^4

Grubość 84-kartkowego (2 cyfry znaczące) zeszytu zmierzona linijką wynosi 9.5mm (2 c.z.). Grubość pojedynczej kartki obliczona na kalkulatorze wynosi:

$9.5\text{mm}/84=0.11309523809523809523809523809524$ (32 c.z.!!!)

Prawidłowo podany wynik może zawierać tylko dwie cyfry znaczące, tak więc grubość kartki wynosi 0.11mm

Zadanie domowe :)

