Fizyka

Dr hab. inż. Jarosław Kanak kanak@agh.edu.pl

Dr hab. Maciej Czapkiewicz, czapkiew@agh.edu.pl

Instytut Elektroniki, paw. C-1, pok.321

http://layer.uci.agh.edu.pl/J.Kanak

Zasady zaliczenia przedmiotu

- Obecność i aktywność na zajęciach (wykłady, ćwiczenia, laboratorium)
- Pozytywna ocena końcowa (≥3.0) z ćwiczeń rachunkowych i laboratorium
- Egzamin pisemny. Na ocenę końcową przedmiotu wpływają wszystkie oceny (egz/ćw/lab: 50/30/20)

Materiały do wykładu

- Tekst wykładu na stronie:

  Wykłady z fizyki dla Elektroniki 1 semestr

  http://layer.uci.agh.edu.pl/Fizyka

- Podręczniki:

  1. D.Halliday, R. Resnick, J.Walker, Podstawy Fizyki, PWN W-wa, 2003 t. 1-5 (w skrócie HRW)
  2. C.Kittel, W.D. Knight, M.A. Ruderman Mechanika, PWN W-wa 1975
  3. E.M.Purcell, Elektryczność i magnetyzm, PWN W-wa 1971
  4. Fizyka dla szkół wyższych t.1 http://openstax.org

Laboratorium:

A. Zięba, Pracownia Fizyczna, WFiTJ, Skrypt Uczelniany SU 1642, Kraków 2002

Co to jest Fizyka?

- Jest podstawową nauką przyrodniczą, zajmującą się badaniem najbardziej fundamentalnych i uniwersalnych właściwości materii i zjawisk w otaczającym nas świecie.

- Jest nauką, której celem jest badanie elementarnych składników materii oraz ich wzajemnych oddziaływań elementarnych.

Krótka historia

- **400r p.n.e:** Demokryt z Tracji, nauczał, że materia zbudowana jest z maleńkich niepodzielnych cząstek, które nazwał atomami.
- **1687r** „Zasady matematyczne filozofii naturalnej” Jzaak Newton, posługując się opracowanymi przez siebie prawami oraz prawem powszechnego ciążenia wyjaśnił wiele spośród otaczających nas zjawisk – od ruchu planet aż po spadające jabłko.
- **1895r** - Fizyka współczesna – początek - odkrycie przez Wilchelma Röentgena promieni X
- **1905r** – szczególna teoria względności - Albert Einstein

Co to jest Fizyka?

- To, co nazywamy fizyką, obejmuje całą grupę nauk przyrodniczych, które opierają swe teorie na pomiarach i których idee i twierdzenia dają się sformułować za pomocą matematyki.

  Albert Einstein

Fundamentalne oddziaływania w przyrodzie

Oddziaływanie fundamentalne	Natężenie względne	Czas charakterystyczny w sek.
grawitacyjne	$5.9 \cdot 10^{-39}$	-
elektromagnetyczne	$7.3 \cdot 10^{-3}$	10^{-20} - 10^{-16}
silne (jądrowe)	1	10^{-24} - 10^{-23}
słabe	10^{-5}	10^{-10} - 10^{-8}

Oddziaływanie grawitacyjne:

- Źródłem pola grawitacyjnego jest masa grawitacyjna.
- Jest najsłabsze ze wszystkich oddziaływań lecz długozasięgowe.
- Odgrywa decydującą rolę w zjawiskach astronomicznych dużej skali (w makroświecie), tworzy układy związane: planetarne, gromady gwiazd, galaktyki.

Oddziaływanie elektromagnetyczne:

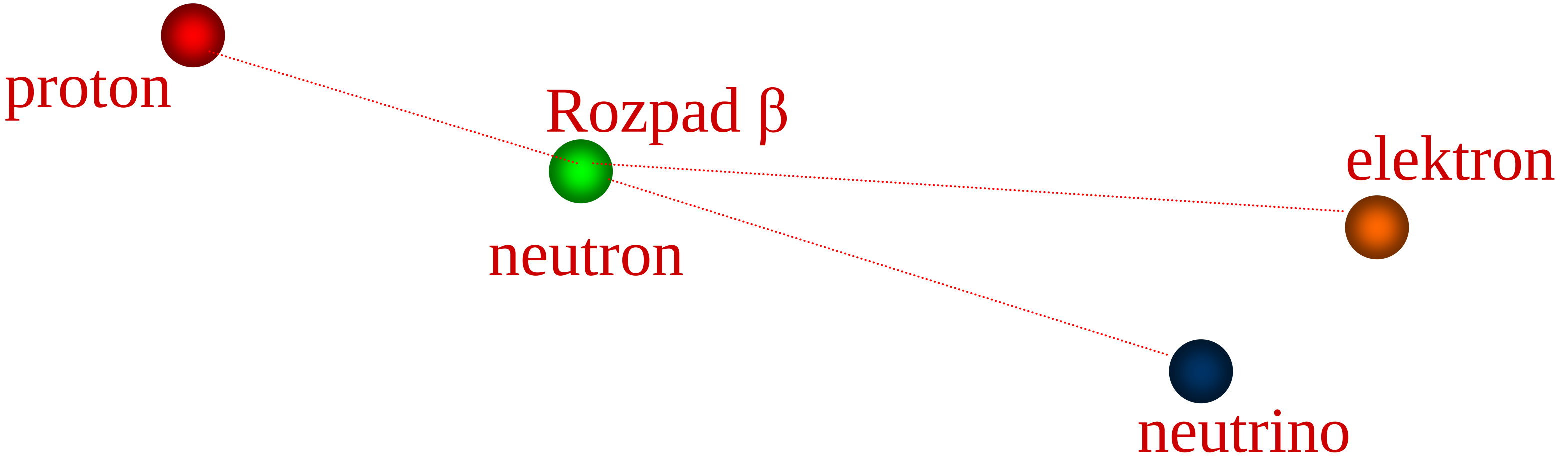
- Występuje pomiędzy ładunkami elektrycznymi lub pomiędzy momentami magnetycznymi.
- Jest stosunkowo silne i długozasięgowe.
- Odgrywa decydującą rolę w mikroświecie, w zjawiskach, takich jak emisja i absorpcja światła, sprężystość, tarcie, spójność; leży u podstaw procesów chemicznych i biologicznych; jest odpowiedzialne za wiązanie jąder atomowych i elektronów w trwałe układy: atomy, cząsteczki, kryształy.

Oddziaływanie silne (jądrowe):

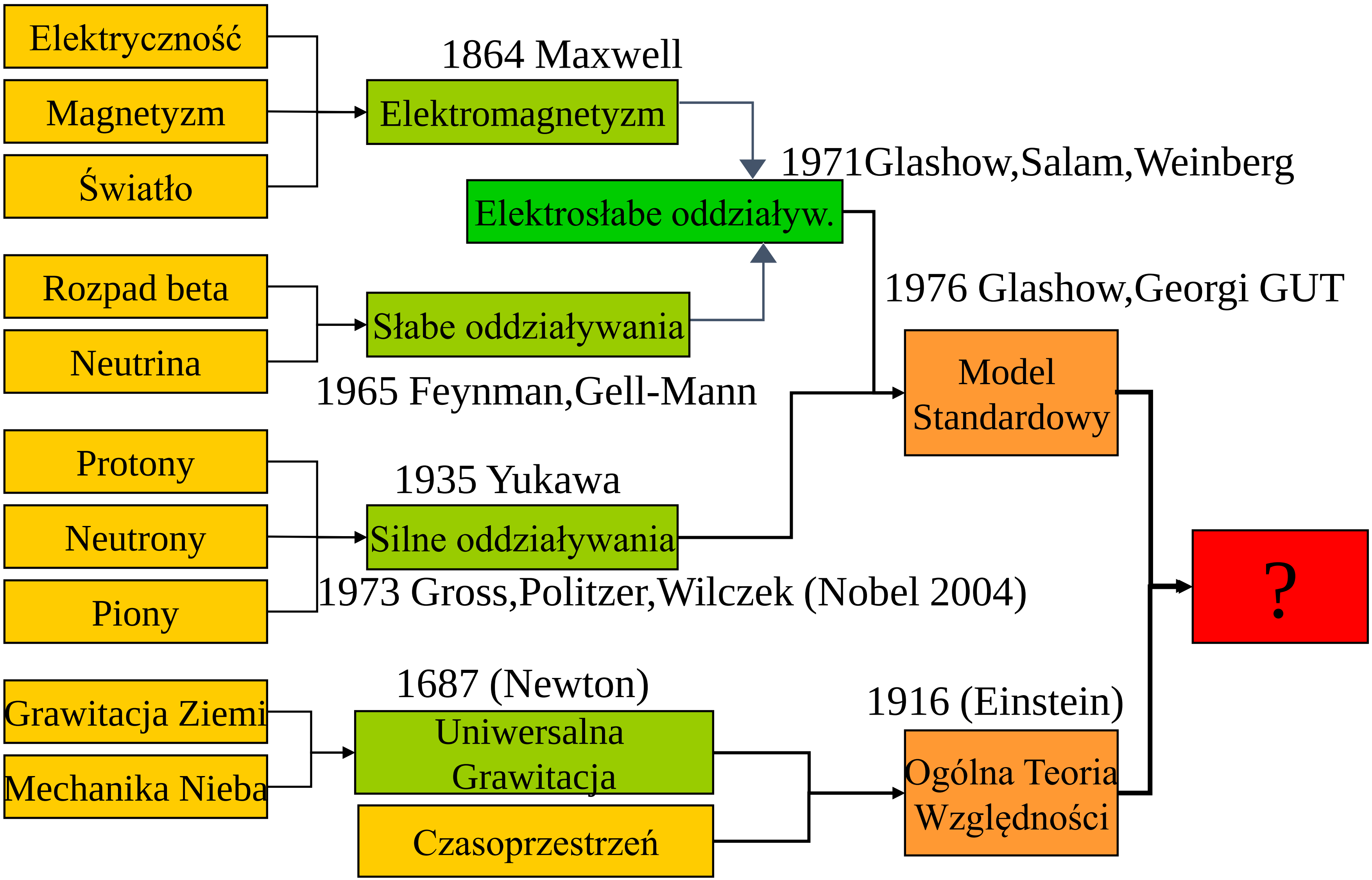
- Występuje pomiędzy sąsiednimi nukleonami.
- Jest krótkozasięgowe (10^{-15} m).
- Powoduje wiązanie nukleonów w trwałe struktury – jądra atomowe.
- Polega na wymianie gluonów między kwarkami w hadronie (neutronie lub protonie).

Oddziaływanie słabe:

- Odpowiada za rozpad β (i radioaktywność).
- Jest krótkozasięgowe ($<10^{-18}$ m).
- Jest 10^9 razy słabsze niż oddziaływanie silne



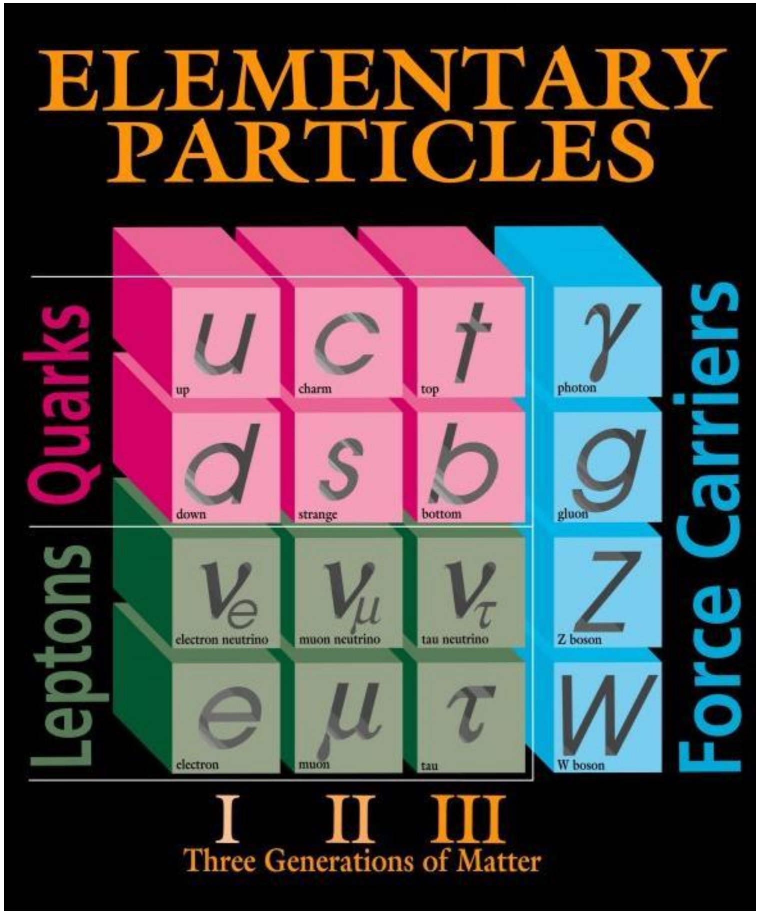
Podstawowe oddziaływania - unifikacja



Cząstki elementarne w Modelu Standardowym

Model Standardowy

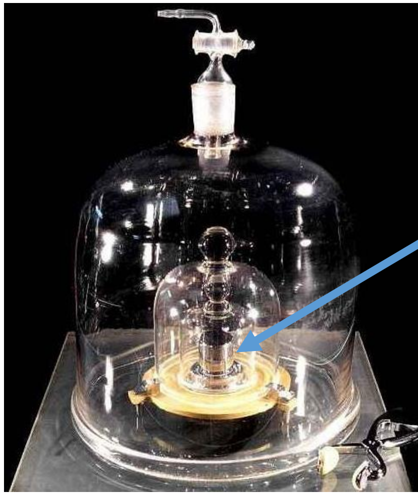
- 6 leptonów
- 6 kwarków
- 4 cząstki pośredniczące
  - Wirtualny foton
  - Gluon g
  - Ciężkie bozony
    - W (80.4 GeV/c2,±e)
    - Z (91.2 GeV/c2, 0)



Pomiar

- Fizyka opiera się na pomiarach wielkości fizycznych.
- Każdą wielkość fizyczną mierzymy porównując ją ze wzorcem. Mierzoną wielkość wyrażamy w określonych jednostkach.
- Jednostka to nazwa miary danej wielkości.

Wzorce



Wzorzec kilograma - pod trzema szklanymi kloszami w Sevres pod Paryżem 1889 r. (BIPM)

platynoirydowy wzorzec metra, 1799 r. (BIPM)

W 1791 r. we Francji przyjęto definicję metra jako 1/10 000 000 długości mierzonej wzdłuż południka paryskiego od równika do bieguna.

I Generalna Konferencja Miar z 26 września 1889 r. ustaliła definicję metra jako odległości w temperaturze 0 °C i przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym między dwiema głównymi kreskami na platynowoirydowym wzorcu, złożonym w Międzynarodowym Biurze Miar w Sèvres pod Paryżem, oraz definicję i wzorzec kilograma.

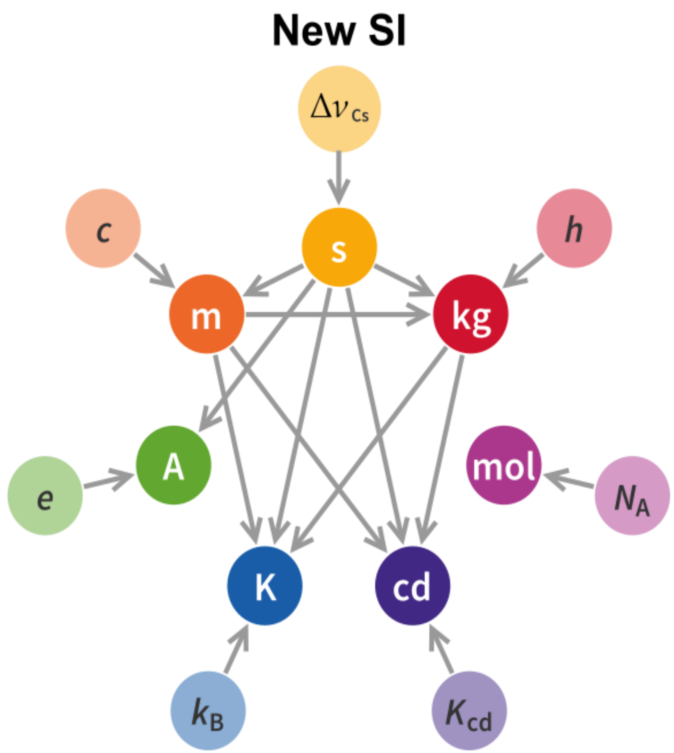
Międzynarodowy układ jednostek SI

W 1971 r., na XIV Konferencji Ogólnej ds. Miar i Wag dokonano wyboru siedmiu podstawowych wielkości fizycznych (nadając im jednostkę), tworząc w ten sposób układ SI (fr. Système Internationale):

- długość (metr)
- czas (sekunda)
- masa (kilogram)
- natężenie prądu elektrycznego (amper)
- temperatura (kelwin)
- liczność materii (mol)
- światłość (kandela)

Nowe definicje jednostek

20 maja 2019 roku weszły w życie nowe definicje jednostek wyrażone przez stałe podstawowe.



Zależność podstawowych jednostek od fundamentalnych stałych fizycznych o ustalonych wartościach i powiązanie ich z innymi jednostkami podstawowymi.

Definicja kilograma

Definicja do 2019 r.:

Kilogram jest jednostką masy; jest równy masie międzynarodowego wzorca kilograma.

Definicja od 2019 r.:

Kilogram, oznaczenie kg, to jednostka masy w SI. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej stałej Plancka h, wynoszącej $6{,}62607015 \cdot 10^{-34}$, wyrażonej w jednostce J·s, która jest równa $kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$, przy czym metr i sekunda zdefiniowane są za pomocą c i | $\Delta \nu_{Cs}$

$$1\ \mathrm{kg} = \left(\frac{h}{6{,}626\ 070\ 15 \times 10^{-34}} \right) \mathrm{m}^{-2}\ \mathrm{s}$$

$$1\ \mathrm{kg} = \frac{(299\ 792\ 458)^2}{(6{,}626\ 070\ 15 \times 10^{-34})(9\ 192\ 631\ 770)} \frac{h\,\Delta \nu_{\mathrm{Cs}}}{c^2} \approx 1{,}475\ 5214 \times 10^{40} \frac{h\,\Delta \nu_{\mathrm{Cs}}}{c^2}$$

Jednostki pochodne

Na podstawie podstawowych jednostek definiuje się jednostki pochodne, np:

niuton (N) – jednostka siły

dżul (J) – jednostka energii, pracy

wat (W) – jednostka mocy

Np.:

ze wzoru $F = m \cdot a$

Siła (N) = masa (kg)·przyspieszenie (m/s^2)

$[N] = [kg \cdot m/s^2]$

ze wzoru $W = F \cdot s$

Praca (J) = siła (N)·przemieszczenie (m)

$[J] = [N \cdot m] = [kg \cdot m/s^2] \cdot [m] = [kg \cdot m^2/s^2]$

Jednostki wtórne - przedrostki

Przedrostek	Symbol	Mnożnik
tera	T	10^{12}
giga	G	10^{9}
mega	M	10^{6}
kilo	k	10^{3}
decy	d	10^{-1}
centy	c	10^{-2}
mili	m	10^{-3}
mikro	µ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko	P	10^{-12}

Jednostki wtórne - przykłady

$12\ 500\ \text{m} = 1.25 \cdot 10^4\ \text{m} = 12.5 \cdot 10^3\ \text{m} = 12.5\ \text{km}$

$0.000\ 014\ 8\ \text{m} = 1.48 \cdot 10^{-5}\ \text{m} = 14.8 \cdot 10^{-6}\ \text{m} = 14.8\ \mu\text{m}$

$3\ 560\ 000\ 000\ \text{m} = 3.56 \cdot 10^9\ \text{m} = 3.56\ \text{Gm}$

$0{,}000\ 000\ 492\ \text{s} = 4.92 \cdot 10^{-7}\ \text{s} = 4.92 \cdot 10^{-1} \cdot 10 \cdot 10^{-7}\ \text{s}$
$= 4.92 \cdot 10^{-1} \cdot 10^{-6}\ \text{s} = 0.492 \cdot 10^{-6}\ \text{s} = 0.492\ \mu\text{s}$

Cyfry znaczące

Zaokrąglając liczbę 12.3456 do trzech cyfr znaczących otrzymujemy:

12.3

Liczby 3.14 i $3.14 \cdot 10^3$ mają ……tę samą……… liczbę cyfr znaczących

Czym różnią się liczby?:

23.4   2.34   0.234   0.00234

Mają tę samą liczbę cyfr znaczących ale są różnego rzędu

Rząd wielkości

- Rząd wielkości to wykładnik potęgi liczby 10 gdy daną wielkość wyrażamy poprzez iloczyn liczby z zakresu 1-9 pomnożony przez 10 do odpowiedniej potęgi

$5 \cdot 10^4$ $\qquad$ $2.3 \cdot 10^7$

rząd 4 $\qquad$ rząd 7

- Np. liczba ludności Polski (38 mln) i Niemiec (82 mln)

$3.8 \cdot 10^6$ $\qquad$ $8.2 \cdot 10^6$

liczby tego samego rzędu – rząd 6

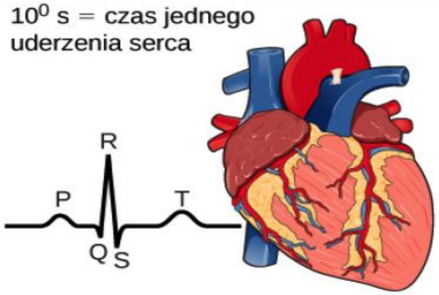
- Średnica atomu Al ($2.9 \cdot 10^{-10}$ m) i jądra ($7.2 \cdot 10^{-15}$ m)

$2.9 \cdot 10^{-10}$ $\qquad$ $8.2 \cdot 10^{-15}$

liczby różnią się o 5 rzędów wielkości

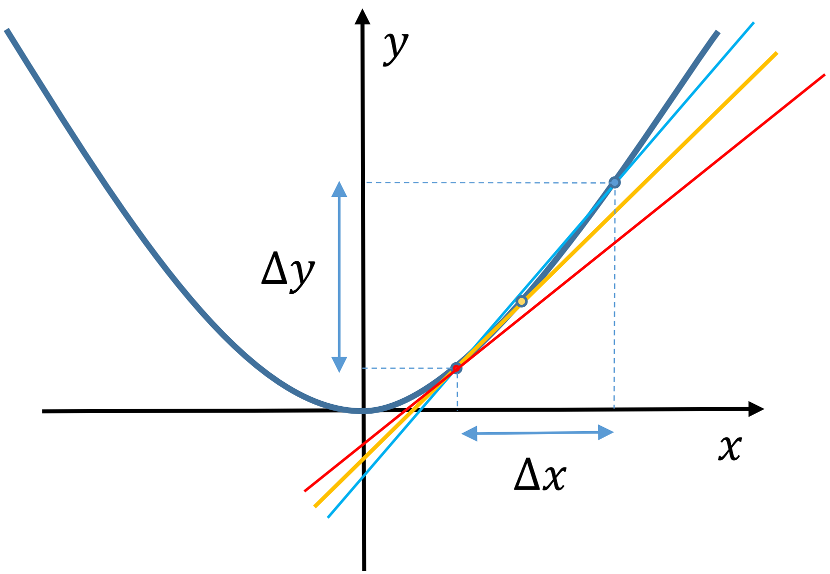
Rząd wielkości

Przykładowe rzędy wielkości

Długość w metrach (m)	Masa w kilogramach (kg)	Czas w sekundach (s)
10^{-15} m = średnica protonu	10^{-30} kg = masa elektronu	10^{-22} s = czas życia bardzo niestabilnego jądra atomu
10^{-14} m = średnica dużego jądra atomowego	10^{-27} kg = masa protonu	10^{-17} s = czas wykonania przez superkomputer pojedynczej operacji zmiennoprzecinkowej
10^{-10} m = średnica atomu wodoru	10^{-15} kg = masa bakterii	10^{-15} s = czas pojedynczego drgania fali światła w zakresie widzialnym
10^{-7} m = średnica przeciętnego wirusa	10^{-5} kg = masa komara	10^{-13} s = czas pojedynczego drgania atomu w ciele stałym
10^{-2} m = szerokość paznokcia małego palca	10^{-2} kg = masa kolibra	10^{-3} s = czas przesyłu impulsu nerwowego
10^{0} m = wzrost czterolatka 	10^{0} kg = masa litra wody 	10^{0} s = czas jednego uderzenia serca 
10^{2} m = długość boiska do piłki nożnej	10^{2} kg = masa człowieka	10^{5} s = jeden dzień
10^{7} m = średnica kuli ziemskiej	10^{19} kg = masa atmosfery	10^{7} s = jeden rok
10^{13} m = średnica Układu Słonecznego	10^{22} kg = masa Księżyca	10^{9} s = czas życia człowieka
10^{16} m = rok świetlny (droga jaką przebywa światło w ciągu roku)	10^{25} kg = masa Ziemi	10^{11} s = udokumentowana historia ludzkości
10^{21} m = średnica Drogi Mlecznej	10^{30} kg = masa Słońca	10^{17} s = wiek Ziemi
10^{26} m = odległość do granicy widzialnego Wszechświata	10^{53} kg = maksymalna masa znanego Wszechświata	10^{18} s = wiek Wszechświata

openstax.pl

Rachunek różniczkowy w fizyce



$$nachylenie\ prostej\ -\ \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Pochodna funkcji:

$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

Zapis pochodnej:

$$\frac{dy}{dx}, \qquad \frac{d}{dx} f(x), \qquad f'(x)$$

Pochodna funkcji:

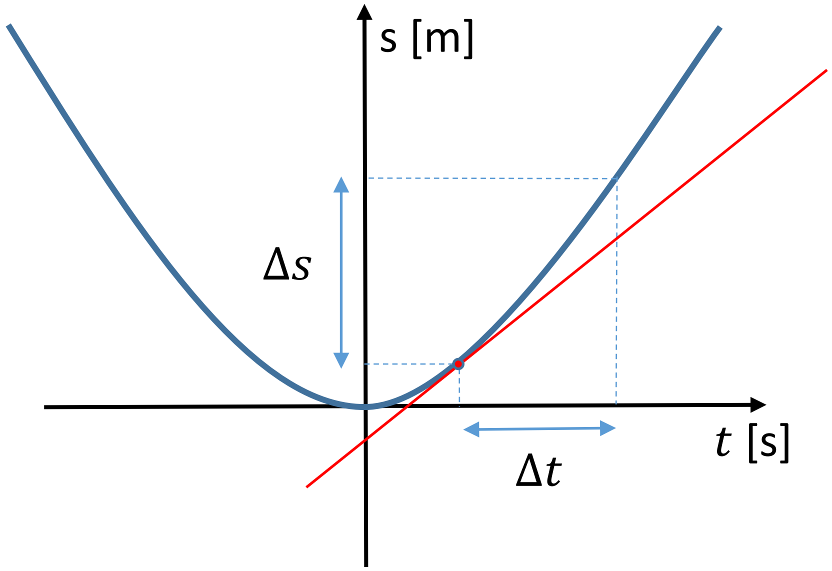
$$f(x) = x^2$$

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{(x+\Delta x)^2 - (x)^2}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\cancel{x^2} + 2x\Delta x + \Delta x^2 - \cancel{x^2}}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{2x\cancel{\Delta x} + \Delta x^{\cancel{2}}}{\cancel{\Delta x}}$$

$$= \lim_{\Delta x \to 0} 2x + \Delta x \ = 2x + 0 \ = 2x$$

$$f(x) = x^n \quad \Rightarrow \quad f'(x) = nx^{n-1}$$

Rachunek różniczkowy w fizyce



Prędkość

$$V\left[\frac{m}{s}\right]$$

Prędkość średnia

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Prędkość chwilowa

$$V = \frac{ds}{dt} = \frac{ds(t)}{dt} = s'(t)$$

Przyspieszenie chwilowe

$$a = \frac{dV}{dt} = \frac{dV(t)}{dt} = V'(t) = \frac{d^2s(t)}{dt^2}$$

Podstawowe wzory

$(c)' = 0, c \in \mathbb{R}$

$\boxed{(x^a)' = a \cdot x^{a-1}, a \in \mathbb{R}}$

$(x)' = 1$

$\left(\frac{1}{x}\right)' = (x^{-1})' = -x^{-2}$

$(\ln x)' = \frac{1}{x}, x > 0$

$(\log_a x)' = \frac{1}{x \cdot \ln a}, x > 0, a > 0, a \neq 1$

$(a^x)' = a^x \cdot \ln a, a > 0$

$(e^x)' = e^x$

$\boxed{(\sin x)' = \cos x}$

$(\cos x)' = -\sin x$

$(\mathrm{tg}\, x)' = \frac{1}{\cos^2 x}$

$(\mathrm{ctg}\, x)' = -\frac{1}{\sin^2 x}$

$(f(x) + g(x))' = f'(x) + g'(x)$

$(f(x) - g(x))' = f'(x) - g'(x)$

$\boxed{(f(x)g(x))' = f'(x)g(x) + f(x)g'(x)}$

$\left(\frac{f(x)}{g(x)}\right)' = \frac{f'(x)g(x) - f(x)g'(x)}{g^2(x)}$

$\boxed{(f(g(x)))' = f'(g(x))g'(x)}$

Przykład:

$x(t) = sin(\omega t^2)$

$V(t) = \frac{d}{dt}x(t) = cos(\omega t^2) \cdot \omega 2t$

$a(t) = \frac{d}{dt}V(t) = \quad ??$

Rachunek różniczkowy w fizyce

Ciało o masie *m* zaczęło zwalniać w chwili $t = 0$ tak, że jego położenie w funkcji czasu zmienia się zgodnie z wzorem:
$s(t) = 27 \cdot t - t^3$ [m].

a) <u>Oblicz po jakim czasie ciało zatrzymało się.</u>

Obliczamy prędkość:

$$V(t) = \frac{ds(t)}{dt} = \frac{d}{dt}(27t - t^3) = 27 - 3t^2$$

Czas po którym ciało zatrzyma się $\longrightarrow$ V(t) = 0

$V(t) = 27 - 3t^2 = 0$ $\longrightarrow$ t = 3 [s]

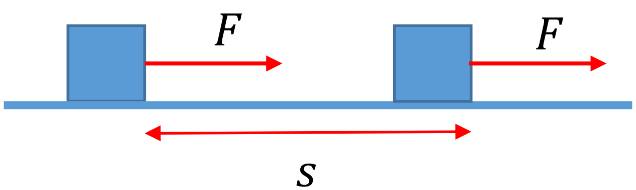
b) <u>Oblicz wartość przyspieszenia ciała dla t = 2 [s]</u>

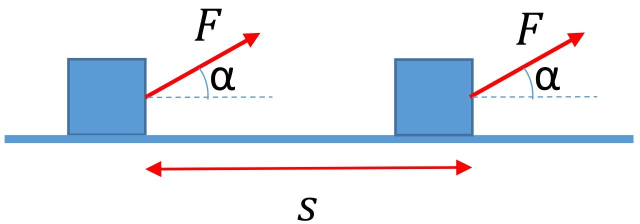
$$a(t) = \frac{dV(t)}{dt} = \frac{d}{dt}(27 - 3t^2) = -6t = -6 \cdot 2 = -12\left[\frac{m}{s^2}\right]$$

Rachunek całkowy w fizyce

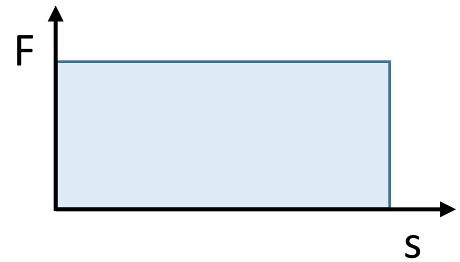
$W = F \cdot s$

$W = F \cdot s \cdot \cos\alpha$



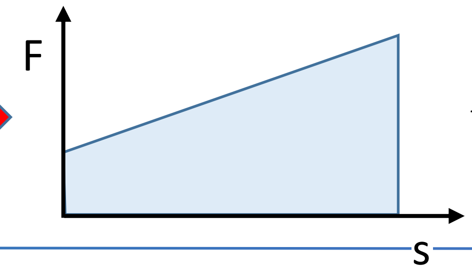


$F = \text{const}$



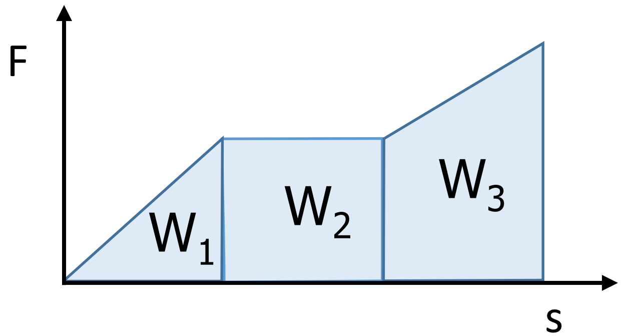
Co w przypadku gdy siła F nie jest stała?

F jednostajnie zmienna



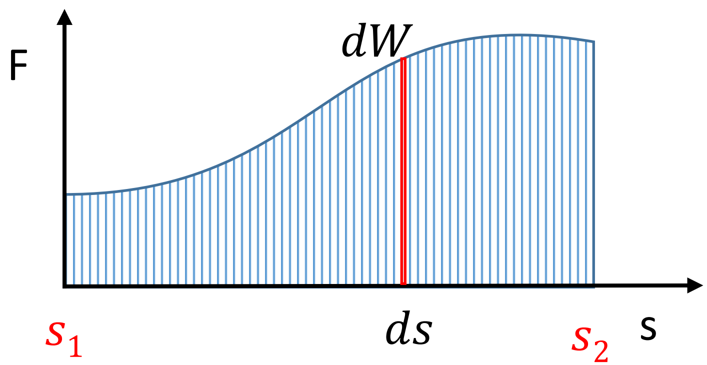
$W = F_{śr} \cdot s$

Rachunek całkowy w fizyce



$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

Siła *F* - niejednostajnie zmienna



$$\Delta W_i = Fi{\cdot}\Delta si$$

$$W \approx \sum_{i=1}^{n} F_i \, \Delta s_i$$

Gdy Δs jest bardzo małe i zmierza do 0

$$W = \lim_{\Delta s \to 0} \sum_{i=1}^{\infty} F_i \, \Delta s_i$$

$$\Delta s = ds$$

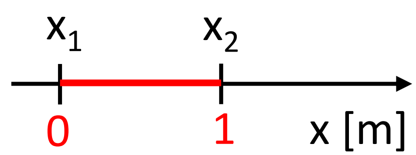
$$dW = F{\cdot}ds$$

$$\boxed{W = \int_{s_1}^{s_2} dW = \int_{s_1}^{s_2} F{\cdot}ds}$$

Przykład 1

Na ruszające z miejsca i poruszające się prostoliniowo ciało działa siła $F = x^2 + 4x + 1$ [N]. Obliczyć jaką pracę wykonuje ta siła na pierwszym metrze drogi.

$$W = \int F(x)dx$$



$$W = \int_{x_1}^{x_2} F(x)dx$$

$$F(x) = (x^2 + 4x + 1) \qquad W = \int_{x_1}^{x_2} (x^2 + 4x + 1)dx = \int_0^1 (x^2 + 4x + 1)dx$$

$$W = \int_0^1 (x^2 + 4x + 1)dx = \left(\frac{1}{3}x^3 + \frac{4}{2}x^2 + x\right)\Bigg|_0^1 = \left(\frac{1}{3}1^3 + \frac{4}{2}1^2 + 1\right) - \left(\frac{1}{3}0^3 + \frac{4}{2}0^2 + 0\right) =$$

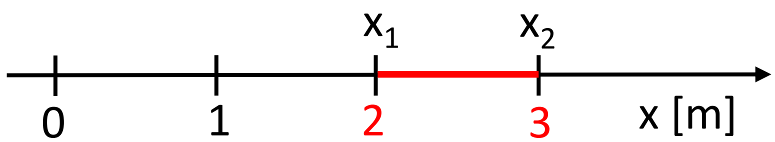
$$= \left(\frac{1}{3} + 2 + 1\right) - (0) = \ldots\ldots\ldots = \frac{10}{3}\,[\mathrm{J}]$$

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1}$$

Przykład 1

Na ruszające z miejsca i poruszające się prostoliniowo ciało działa siła $F = x^2 + 4x + 1$ [N]. Obliczyć jaką pracę wykonuje ta siła na trzecim metrze drogi.

$$W = \int F(x)dx$$



$$W = \int_{x_1}^{x_2} F(x)dx$$

$$F(x) = (x^2+4x+1) \quad W = \int_{x_1}^{x_2} (x^2+4x+1)dx = \int_{2}^{3} (x^2+4x+1)dx$$

$$W = \int_{2}^{3} (x^2+4x+1)dx = \left(\frac{1}{3}x^3 + \frac{4}{2}x^2 + x\right)\Bigg|_{2}^{3} = \left(\frac{1}{3}3^3 + \frac{4}{2}3^2 + 3\right) - \left(\frac{1}{3}2^3 + \frac{4}{2}2^2 + 2\right) =$$

$$= \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = ?$$

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1}$$

Przykład 2

Prędkość kuli o masie m = ½ [kg] poruszającej się prostoliniowo jest zależna od czasu w następujący sposób:

V(t) = 2 - ½ t^2 [m/s].

a) <u>Oblicz średnią szybkość kuli.</u>

$$V_{śr} = \frac{s_{całk}}{t_{całk}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Δt =? Czas po którym kula zatrzyma się $\Rightarrow$ $V(t) = 2 - \frac{1}{2}t^2 = 0$ $\Rightarrow$ t = 2 [s]

$$V(t) = \frac{ds}{dt} \Rightarrow ds = V(t)dt \Rightarrow s = \int ds = \int V(t)dt$$

$$s = \int_0^2 \left(2 - \frac{1}{2}t^2\right)dt = \left(2t - \frac{1}{6}t^3\right)\Big|_0^2 = \left(2 \cdot 2 - \frac{1}{6}2^3\right) - \left(2 \cdot 0 - \frac{1}{6}0^3\right) = \frac{8}{3}[m]$$

$$V_{śr} = \frac{\frac{8}{3}[m]}{2[s]} = \frac{4}{3}\left[\frac{m}{s}\right]$$

Przykład 2 cd.

b) Oblicz równanie siły hamującej działającej na kulę

$$F = m \cdot a \qquad a = \frac{dV(t)}{dt} \qquad V(t) = 2 - \frac{1}{2}t^2 \qquad a = \frac{d}{dt}\left(2 - \frac{1}{2}t^2\right) = -t \qquad \boxed{F = -\frac{1}{2}t}$$

c) Oblicz całkowitą pracę wykonaną przez siłę hamującą

$$F(t) = -\frac{1}{2}t$$ F ≠ const $\Rightarrow$ $$W = \int F ds \qquad W = \int F(t)ds$$

$$V(t) = \frac{ds}{dt} \Rightarrow ds = V(t)dt$$

Siła zależna od czasu a nie położenia!!!

$$W = \int F(t)V(t)dt$$

$$W = \int_0^2 \left(-\frac{1}{2}t\right)\left(2 - \frac{1}{2}t^2\right)dt = \int_0^2 \left(-t + \frac{1}{4}t^3\right)dt = \left(-\frac{1}{2}t^2 + \frac{1}{16}t^4\right)\Bigg|_0^2 \quad = \underline{-1[\mathrm{J}]}$$

Całki wzory

Całkowanie jest działaniem odwrotnym do różniczkowania.

Całką funkcji *f(x)* nazywamy taką funkcję *F(x)*, że: $F'(x) = f(x)$

Operację całkowania zapisujemy w następujący sposób:

$$\int f(x) = F(x) + C$$

$$\int 0\,dx = C$$

$$\int a\,dx = a \cdot x + C$$

$$\int x\,dx = \frac{1}{2} \cdot x^2 + C$$

$$\int x^a dx = \frac{1}{a+1} \cdot x^{a+1} + C, a \neq -1$$

$$\int \frac{1}{x} dx = \ln|x| + C$$

$$\int e^x dx = e^x + C$$

$$\int \ln x\,dx = (x-1) \cdot \ln x + C$$

$$\int \frac{1}{a \cdot x + b} dx = \frac{1}{a} \cdot \ln|a \cdot x + b| + C, a \neq 0$$

$$\int \sin x\,dx = -\cos x + C$$

$$\int \cos x\,dx = \sin x + C$$

$$\int \operatorname{tg} x\,dx = -\ln|\cos x| + C$$

$$\int \operatorname{ctg} x\,dx = \ln|\sin x| + C$$

$$\int \frac{1}{\cos^2 x} dx = \operatorname{tg} x + C, \cos x \neq 0$$

$$\int \frac{1}{\sin^2 x} dx = -\operatorname{ctg} x + C, \sin x \neq 0$$

$$\int \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} dx = \arcsin x + C, -1 < x < 1$$

$$\int \frac{1}{x^2+1} dx = \operatorname{arctg} x + C$$