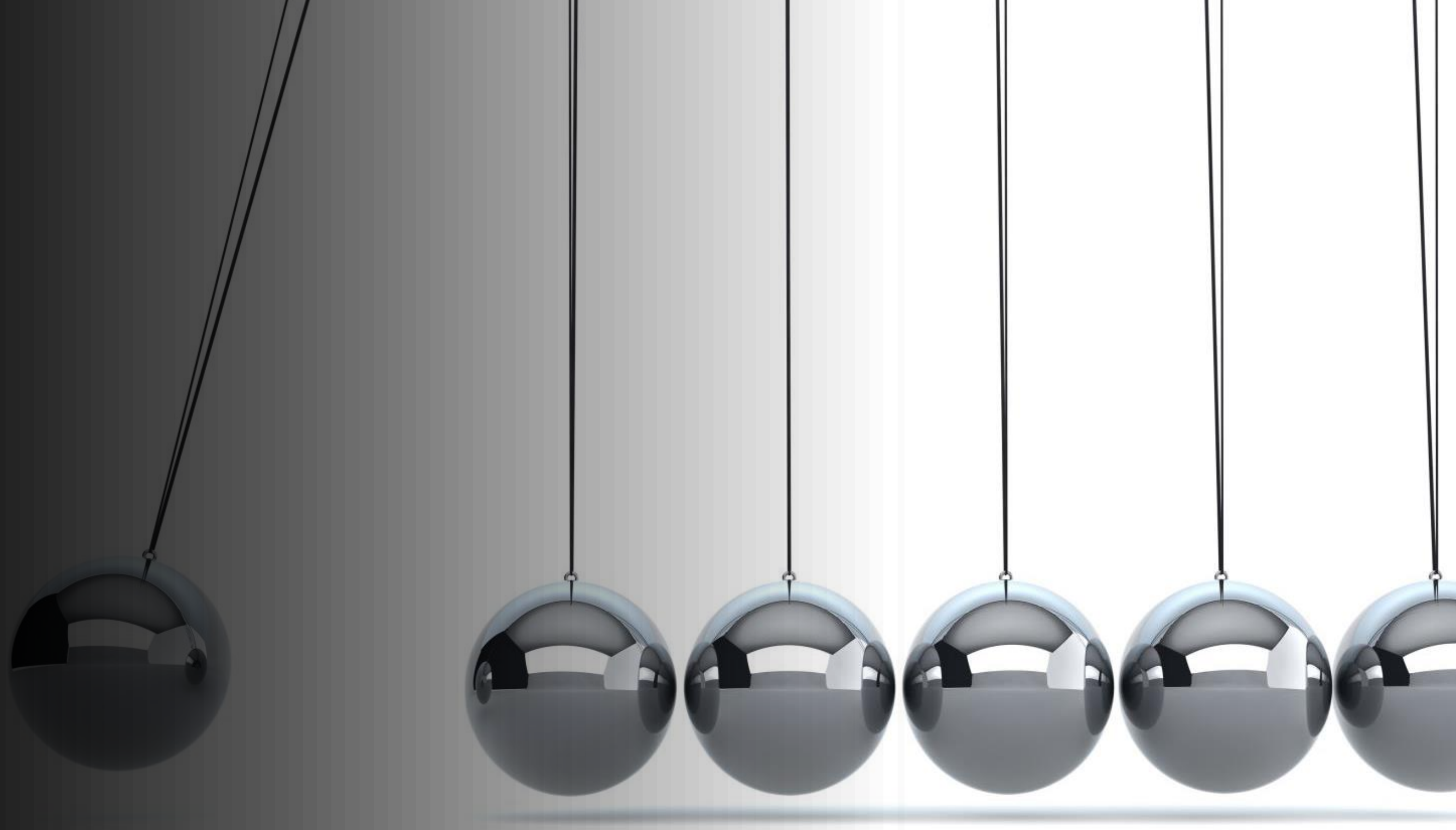
Kurs przygotowawczy z fizyki

Zbigniew Raszewski, Jarosław Rutkowski, Jerzy Zieliński

Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2021

Spis treści

1. Wstęp



1.1. Jednostki układu SI
1.2. Układy odniesienia
1.3. Wektory i skalary

Szanowni Państwo.

Zespół Instytutu Fizyki Technicznej zaprasza do zapoznania się z niniejszym kursem przygotowującym z fizyki. Kurs ma na celu przypomnienie podstawowych praw i zależności fizycznych niezbędnych do zrozumienia wykładów prowadzonych na uczelni.

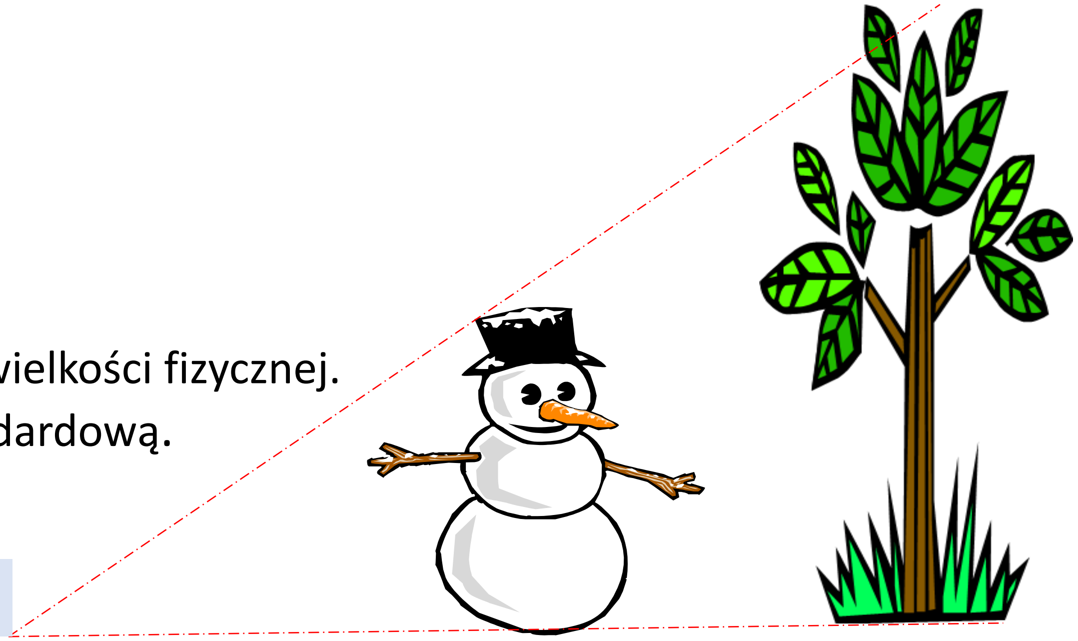
Fizyka jest jedną z nauk przyrodniczych. Grecki wyraz „physis” oznacza przyrodę i w pierwotnym znaczeniu przez fizykę rozumiano w ogóle naukę o przyrodzie. Następnie oddzielono od niej niektóre działy, które stworzyły wyodrębnione nauki, np. chemię, oraz te, które są wynikiem specjalnych badań lub badań specjalnych obiektów, np. astronomię, geologię itp.
W obecnym znaczeniu fizyka jest nauką o ogólnych prawach przyrody nieożywionej i jej zjawiskach, przy czym cechami odróżniającymi ją od innych gałęzi przyrodoznawstwa są bardziej metody badania niż sam przedmiot badania.

W skrócie możemy powiedzieć, że istotą fizyki jest:

- poszukiwanie i poznawanie podstawowych praw przyrody;
- ścisły jej związek z techniką;
- fizyka jest nauką ścisłą – matematyczny opis praw fizycznych;
- fizyka opiera się na pomiarach.

Czym jest pomiar:

Jest to procedura umożliwiająca przypisanie wartości liczbowej danej wielkości fizycznej.
Polega on na porównaniu wielkości mierzonej z pewną wielkością standardową.



Obecnie obowiązuje jednolity system jednostek układu SI

1.1. Jednostki układu SI

L.p.	Wielkość	Symbol wielkości	Jednostka	Symbol jednostki
1.	Długość	l, b, h, r, d, s	metr	m
2.	Masa	m, M	kilogram	kg
3.	Czas	t, T	sekunda	s
4.	Natężenie prądu elektrycznego	I	amper	A
5.	Temperatura	T, θ	kelwin	K
6.	Liczność (ilość) materii	n, ν	mol	mol
7.	Światłość	I, J	kandela	Cd
8.	Kąt płaski (α=l/r)	α, β, χ	radian	rad
9.	Kąt bryłowy (Ω=S/r^2)	Ω	steradian	Sr

l -długość, b -szerokość, h -wysokość, r -promień, d -średnica, s -droga

Jednostki te są zdefiniowane w oparciu o uznane stałe fizyczne

Symbol	Wartość
$\Delta\nu_{Cs}$	9 192 631 770 s^{-1}
c	299 792 458 m s^{-1}
h	6,626 070 15×10^{-34} J s (J s = kg m^2 s^{-1})
e	1,602 176 634×10^{-19} C (C = A s)
k	1,380 649×10^{-23} J K^{-1} (J K^{-1} = kg m^2 s^{-2} K^{-1})
N_A	6,022 140 76×10^{23} mol^{-1}
K_{cd}	683 lm W^{-1} (dla monochromatycznego promieniowania o częstotliwości 540×10^{12} Hz)

gdzie: $\Delta\nu_{Cs}$ – częstotliwość drgań ^{133}Cs;
c- prędkość światła w próżni; h – stała Plancka;
e – ładunek elektronu; k – stała Boltzmana;
N_A – stała Avogadra; K_{cd} – stała światłości promieniowania monochromatycznego.

Jednostki główne i wtórne

Jednostki miar dzielimy ponadto na jednostki główne i wtórne.
W danym układzie jednostek miar jednostkami głównymi są jednostki podstawowe tego układu oraz te z jednostek pochodnych, które wynikają bezpośrednio z równań definicyjnych.

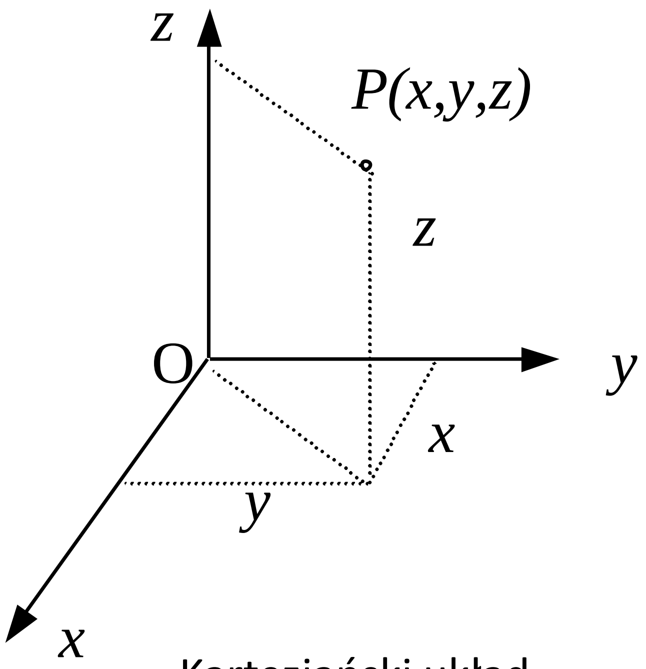
W układzie SI **jednostkami głównymi** są np. jednostki: długości - m, masy - kg, czasu - s, prędkości - m/s, powierzchni - m^2, siły - N (niuton) = $kg \cdot m/s^2$ itp.

Jednostkami wtórnymi nazywamy jednostki, stanowiące dowolne wielokrotności jednostek głównych np. 1 km = 1000 m, 1 mm = 0,001 m, 1 min = 60 s itp.

W tabeli obok podano nazwy i oznaczenia przedrostków wielokrotności i podwielokrotności jednostek głównych.

Przedrostek	Oznaczenie	Wielokrotność lub podwielokrotność
tera	T	10^{12}
giga	G	10^{9}
mega	M	10^{6}
kilo	k	10^{3}
hekto	h	10^{2}
deka	da	10^{1}
decy	d	10^{-1}
centy	c	10^{-2}
mili	m	10^{-3}
mikro	µ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

1.2. Układy odniesienia



Kartezjański układ współrzędnych

Układ kartezjański:

- Układ odniesienia to punkt lub układ punktów w przestrzeni, względem którego określa się położenie lub zmianę położenia (ruch) danego ciała;
- najbardziej popularnym i najczęściej stosowanym jest **kartezjański układ odniesienia** – układ współrzędnych prostokątnych;
- punkt zwany początkiem układu współrzędnych, którego wszystkie współrzędne są równe zeru, oznaczany literą O lub cyfrą 0, a osie literami x, y, z;
- kartezjański układ współrzędnych w przestrzeni trójwymiarowej może być lewo- lub prawoskrętny;
- układ nazywamy prawoskrętnym jeżeli obracając prawą dłonią tak że palce zakreślają łuk od osi Ox do Oy to kciuk wskazuje kierunek osi Oz (tzw. reguła prawej dłoni);
- położenie cząstki określamy przez podanie współrzędnych cząstki (x, y, z).

Układ sferyczny

W **układzie sferycznym** położenie cząstki określamy przez podanie:

- odległości od środka układu **r**
- kąta azymutalnego **φ** w płaszczyźnie xy
- kąta biegunowego **θ** jaki tworzy wektor r dodatnią półosią Oz

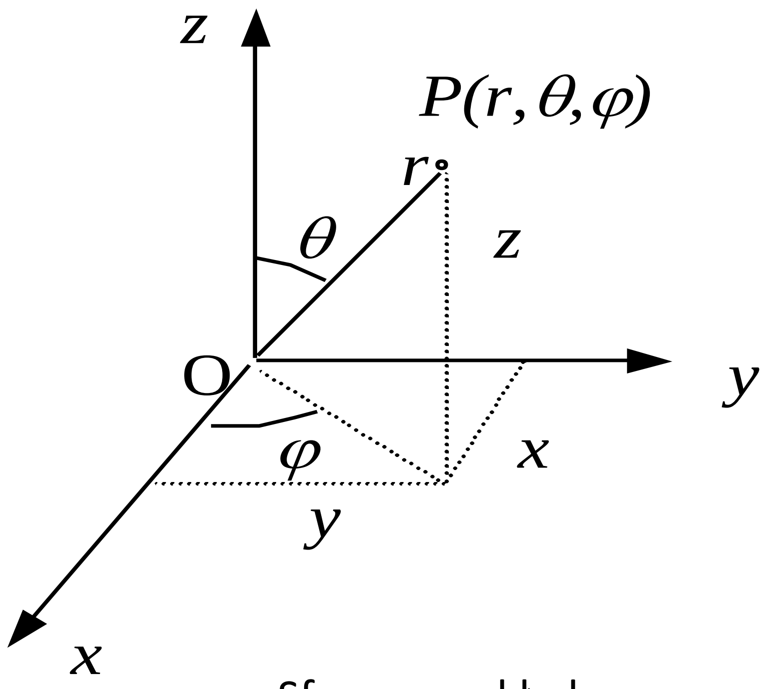
P(r, φ, θ)

Związek pomiędzy współrzędnymi układu kartezjańskiego

i sferycznego jest następujący:

$$x = r\sin\theta\cos\varphi; \quad y = r\sin\theta\sin\varphi; \quad z = r\cos\theta$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}; \quad \theta = arctg\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{z}; \quad \varphi = arctg\frac{y}{x}$$



Sferyczny układ współrzędnych

Do analizy / obliczeń wybieramy układ w którym obliczenia będą najprostsze.

1.3. Wektory i skalary

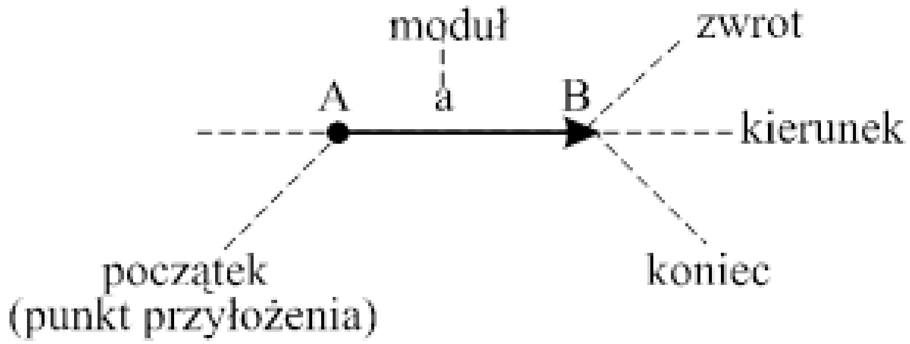
Wielkości fizyczne dzielimy na:

- wielkości kierunkowe (wektorowe), zwane w skrócie wektorami,
- wielkości bezkierunkowe, zwane skalarami.

Skalar - wielkość fizyczna całkowicie określona przez podanie jedynie jej wartości (wymiaru, jednostek) [np. temperatura - K, °C; długość - m, cm; masa - g, kg; …]

Wektor - wielkość zorientowana w przestrzeni wymagająca dla jej określenia podania zarówno wartości (wymiaru) oraz kierunku i zwrotu (siła, przemieszczenie, prędkość,…)

Podczas opisywania wielkości wektorowych musimy podać ich bezwzględną wartość liczbową, zwaną też modułem, kierunek, zwrot i punkt przyłożenia. Innymi słowy, wielkość wektorową można przedstawić geometrycznie jako odcinek skierowany, tj. odcinek leżący na określonej prostej, mający określony początek i koniec (a więc określony zwrot), jak również określoną długość wyrażającą w pewnej skali bezwzględną wartość danego wektora (moduł). Przykładowymi wielkościami wektorowymi są: siła, prędkość, przyspieszenie itp.



Wielkość wektorową oznaczamy symbolem strzałki

$$\vec{a},\ \overrightarrow{AB}$$

lub piszemy pogrubioną czcionką

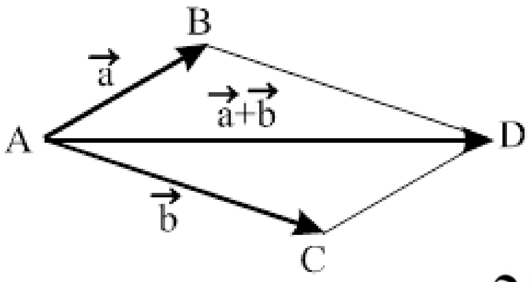
a*, *AB

Działania na wektorach

Na **skalarach** możemy wykonywać wszystkie działania matematyczne z jedną uwagą – musimy pamiętać o jednostkach opisujących daną wielkość. Nie możemy dodawać metrów do centymetrów, litrów do kilogramów, itp.

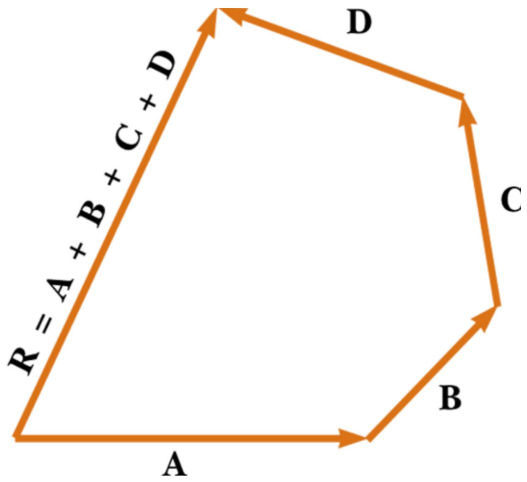
Na **wektorach** możemy wykonywać następujące działania:

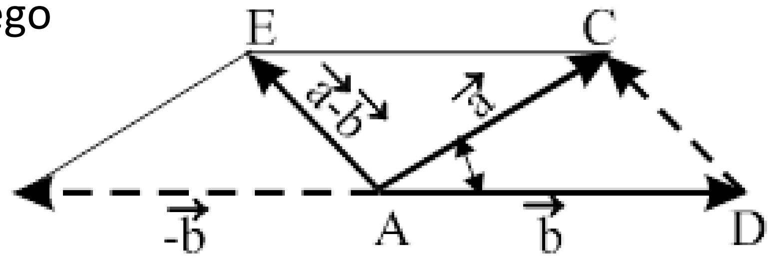
- dodawanie, odejmowanie graficzne;
- dodawanie odejmowanie algebraiczne (składowych);
- mnożenie wektora przez skalar;
- mnożenie wektorów.



Graficzne dodawanie /odejmowanie wektorów:

- wybrać skalę;
- narysować pierwszy wektor o właściwej dla skali długości w kierunku jego działania w danym układzie współrzędnych i z właściwym zwrotem;
- narysować kolejny wektor o właściwej dla skali długości w kierunku jego działania w danym układzie współrzędnych i z właściwym zwrotem, którego początek będzie znajdował się na końcu strzałki wektora pierwszego;
- **suma** to będzie wektor łączący początek pierwszego z końcem ostatniego dodawanego wektora;
- **odejmowanie** to jest dodawanie wektora z przeciwnym zwrotem.





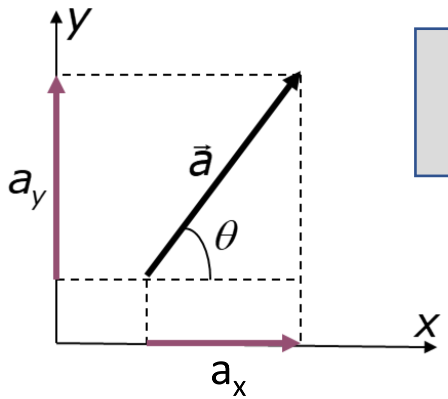
Algebraiczne dodawanie wektorów

Wektory przedstawiamy za pomocą strzałki, której długość jest proporcjonalna do wartości wektora, strzałka leży na kierunku działania wielkości fizycznej reprezentowanej przez wektor, zaś ostrze strzałki wskazuje zwrot wektora.

Składową wektora nazywamy jego rzut na wybraną oś np. x, y, z prostokątnego układu współrzędnych.

Wektor leżący na płaszczyźnie jest jednoznacznie określony przez:

- wielkości a i θ, lub
- składowe a_x i a_y



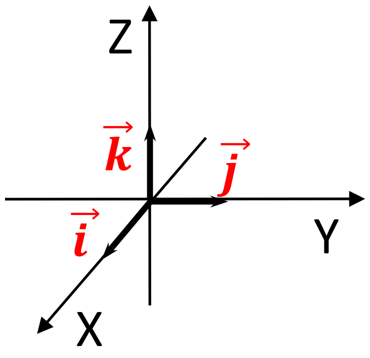
$$a_x = a\cos\theta$$
$$a_y = a\sin\theta$$

Moduł = długość wektora $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$

$$tg\theta = \frac{a_y}{a_x}$$

Wektorem jednostkowym nazywamy wektor o długości równej 1, skierowany w określonym kierunku.

W przypadku prawoskrętnego układu współrzędnych wektory jednostkowe dodatnich kierunków osi x, y i z oznaczmy przez $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$.



Jeśli mamy dwa wektory $\left.\begin{array}{l}\vec{a} = (a_x, a_y, a_z) \\ \vec{b} = (b_x, b_y, b_z)\end{array}\right]$ to wektor $\vec{r} = \vec{a} + \vec{b}$ który jest ich sumą

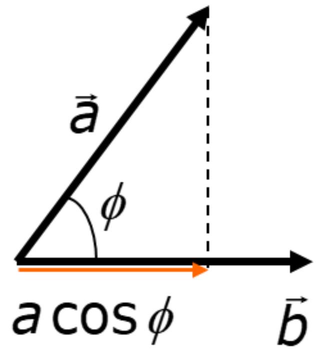
ma współrzędne $\vec{r} = (r_x, r_y, r_z)$ z których każda jest sumą odpowiednich współrzędnych wektorów sumowanych:

$$r_x = a_x + b_x$$
$$r_y = a_y + b_y$$
$$r_z = a_z + b_z$$

Iloczyn wektora przez skalar – iloczynem wektor przez skalar jest wektor o współrzędnych, które są iloczynami odpowiedniej współrzędnej razy skalar $n \cdot \vec{a} = (n \cdot a_x,\ n \cdot a_y,\ n \cdot a_z)$

Możliwe są jeszcze nie omawiane w szkole średniej operacje iloczynu skalarnego i iloczynu wektorowego dwóch wektorów.

Iloczyn skalarny – jest wielkością skalarną równą iloczynowi modułu jednego wektora i składowej drugiego wektora w kierunku pierwszego z nich.



$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a\, b\, cos\phi$$

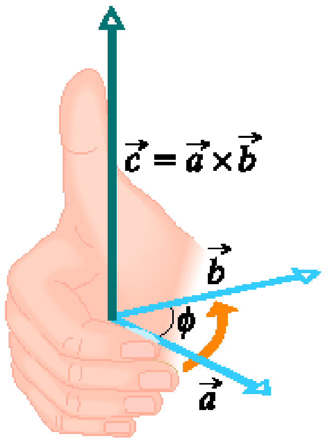
Jeśli znamy współrzędne obu wektorów to iloczyn skalarny równy jest sumie iloczynów odpowiednich składowych

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$$

Iloczyn wektorowy – $\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b}$ jest to wektor $\vec{c}$ prostopadły do płaszczyzny w której leżą wektory $\vec{a}$ i $\vec{b}$ o zwrocie wyznaczonym przez regułę prawej dłoni i długości równej

$$|c| = |a| \cdot |b| \cdot sin\phi$$

gdzie ϕ to kąt pomiędzy wektorami $\vec{a}\ i\ \vec{b}$.



Przykład 1.1

Dane są dwa wektory $\vec{a} = 3\vec{\imath} + 4\vec{\jmath} - 5\vec{k}$; $\vec{b} = -\vec{\imath} + 2\vec{\jmath} + 6\vec{k}$. Oblicz:

1. Moduł (długość) każdego z wektorów:

$$a = |\vec{a}| = \sqrt{3^2 + 4^2 + (-5)^2} = \sqrt{50}$$ liczymy pierwiastek z sumy kwadratów współrzędnych

$$b = \left|\vec{b}\right| = \sqrt{(-1)^2 + 2^2 + 6^2} = \sqrt{41}$$

2. Sumę i różnicę wektorów:

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{\imath}(3-1) + \vec{\jmath}(4+2) + \vec{k}(-5+6) = [2, 6, 1]$$ wektor, którego współrzędne są sumą składowych,

$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{\imath}\big(3-(-1)\big) + \vec{\jmath}(4-2) + \vec{k}(-5-6) = [4, 2, -11]$$ wektor, którego współrzędne są różnicą składowych.

3. Iloczyn skalarny:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = 3 \cdot (-1) + 4 \cdot 2 + (-5) \cdot 6 = -3 + 8 - 30 = -25$$ skalar równy sumie iloczynów składowych.

4. Cosinus kąta α zawartego między wektorami:

obliczyliśmy iloczyn skalarny $\vec{a} \cdot \vec{b} = -25$ ale wiemy, że z definicji $\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot \left|\vec{b}\right| \cdot cos\alpha$

zatem wykorzystując już obliczone wielkości możemy zapisać $cos\alpha = \frac{|\vec{a}|\cdot|\vec{b}|}{\vec{a}\cdot\vec{b}} = \frac{-25}{\sqrt{50}\cdot\sqrt{41}} = 0{,}55.$