



# PR1 – FYZ1 23/24 FS

## Fyzikální veličiny, vektory

Ing. Štěpán Kunc, Ph.D.

[stepan.kunc@tul.cz](mailto:stepan.kunc@tul.cz)

# Fyzika

Mechanika  
Termodynamika  
Elektrodynamika  
Optika

Klasická fyzika

Teoretická  
fyzika

Experimentální  
fyzika

Statistická fyzika

Kvantová fyzika

Teorie relativity

Moderní fyzika

# Obory fyziky

**Astronomie**

**Akustika**

**Mechanika**

**Elektrina a magnetismus**

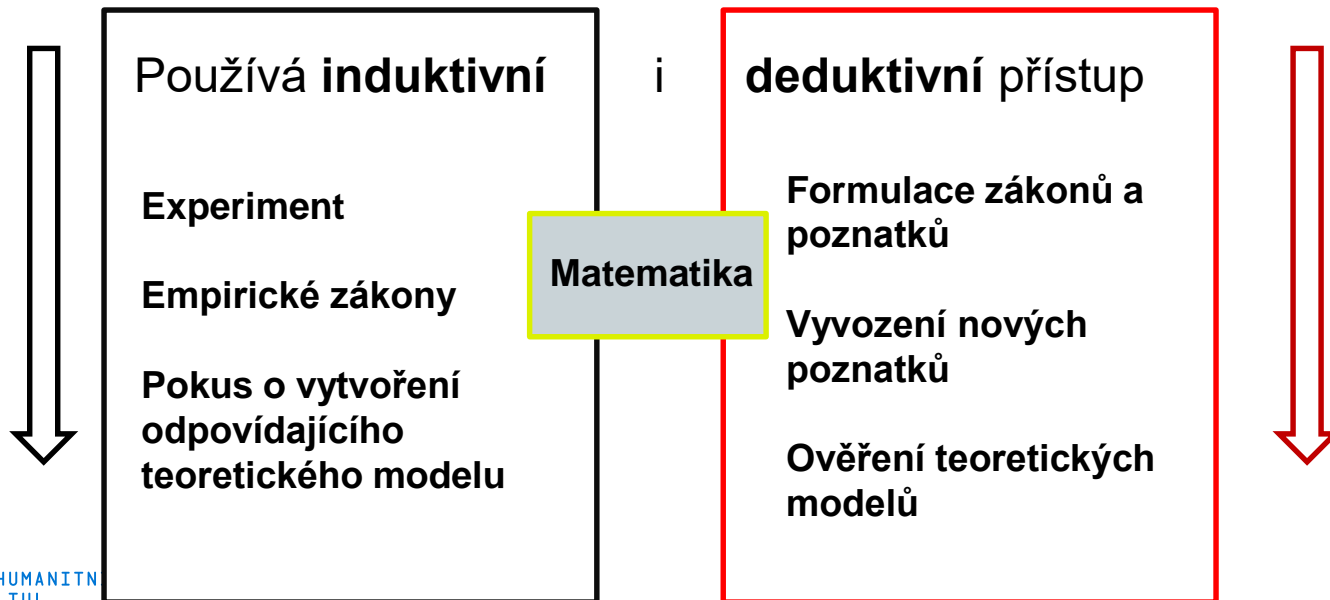
**Optika**

**Molekulová fyzika a termodynamika**

**Jaderná fyzika a atomistika**

**Fyzika vysokých energií, plazmatu,  
nanotechnologie, elektronika,....**

**Fyzika** obecně zkoumá strukturu hmoty a její zákony, a chování „přírody“ se **snaží kvantitativně popsat** pomocí vhodných fyzikálních modelů.



# Rozdělení fyzikálních principů

## Makroskopický přístup

**Nepřihlíží k mikrostruktuře látek ani k interakcím mikročástic – klasická fyzika**

## Mikroskopický přístup

**Zkoumá vnitřní strukturu látek a fyzikální jevy na základě vlastností mikrofyzikálních částic–  
kvantová, jaderná, atomová fyzika, molekulová fyzika, fyzika pevných látek**

# Základní pojmy fyziky

## Fyzikální veličiny

Například délka

$$x = \{x\}[x] \quad (l = 5 \text{ m})$$

## Fyzikální zákony

Například Newtonův zákon síly

$$F = ma$$

# Fyzikální veličiny a jednotky

**Fyzikální veličina** – je určena rozměrem (jednotkami) a velikostí, např. délka  $L = 13 \text{ m}$ .

Základní  
Doplňkové  
Odvozené  
Násobky a díly jednotek

## Mezinárodní SI soustava

délka	[m]
hmotnost	[kg]
čas	[s]
teplota	[A]
látkové množství	[mol]
svítivost	[cd]

**Skalární veličina** – vyjádřena jedním číslem (např. teplota, tlak, objem, hmotnost, energie, ...)

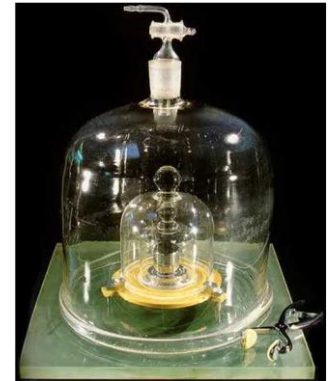
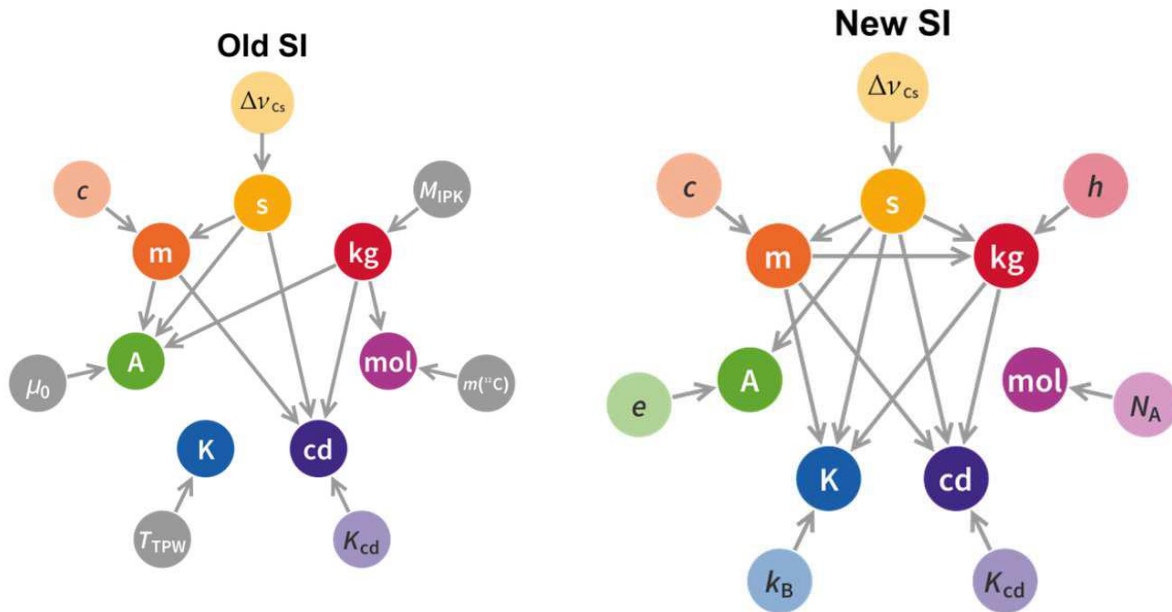
**Vektorová veličina** – vyjádřena velikostí a směrem (např. rychlost, síla, ...) – obecně 3 složky

**Prostorové rozložení určité fyzikální veličiny** lze nazvat **fyzikálním polem** (např. silové, vlhkostní, teplotní, tlakové pole, ...) – typy polí (skalární, vektorové, homogenní, stacionární)

**Fyzikální prostředí** – Homogenní, Izotropní

# Definice SI

Přecházíme od normálů/prototypů k metodám realizace jednotky - stanovením přesné číselné hodnoty určité fyzikální konstanty.





# Definice SI

Přecházíme od normálů/prototypů k metodám realizace jednotky - stanovením přesné číselné hodnoty určité fyzikální konstanty.

Stávající soustava SI		Nová „kvantová“ soustava SI	
Základní veličina	Jednotka	Základní veličina	Definující konstanta
čas	sekunda (s)	kmitočet	$\Delta\nu_{Cs} = 9\,192\,631\,770$ Hz
délka	metr (m)	rychlost	$c = 299\,792\,458$ m·s <sup>-1</sup>
hmotnost	kilogram (kg)	akce (účinek)	$h = 6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$ J·s
elektrický proud	ampér (A)	elektrický náboj	$e = 1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$ C
termodynam. teplota	kelvin (K)	tepelná kapacita	$k = 1,380\,649 \times 10^{-23}$ J·K <sup>-1</sup>
látkové množství	mol (mol)	látkové množství	$N_A = 6,022\,140\,76 \times 10^{23}$ mol <sup>-1</sup>
svítivost	kandela (cd)	svítivost	$K_{cd} = 683$ lm·W <sup>-1</sup>

Tab. 1 Porovnání stávající a nové „kvantové“ soustavy základních jednotek SI

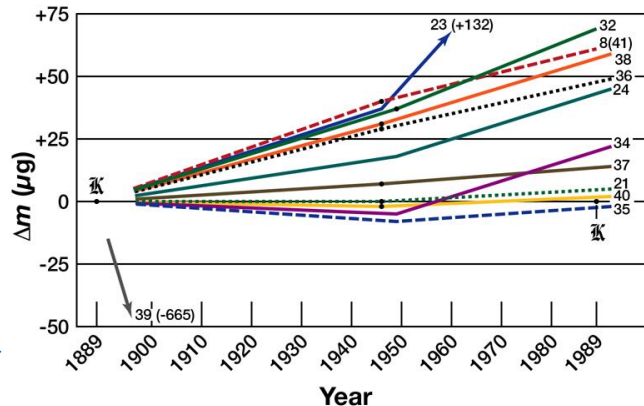


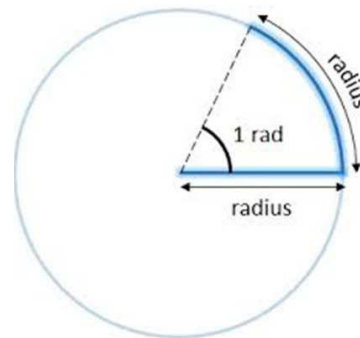
Table 1 – The seven defining constants, their exact numerical values, and the SI unit that is defined by each exact value

defining constants	fixed numerical values	SI unit	SI base unit
$\Delta\nu_{Cs}$	9 192 631 770	Hz	s <sup>-1</sup>
$c$	299 792 458	m/s	m/s
$h$	$6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$	J s	kg m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
$e$	$1.602\,176\,634 \times 10^{-19}$	C	A s
$k$	$1.380\,649 \times 10^{-23}$	J/K	kg m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
$N_A$	$6.022\,140\,76 \times 10^{23}$	1/mol	1/mol
$K_{cd}$	683	lm/W	cd sr/(kg m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup> )

# Doplňkové jednotky

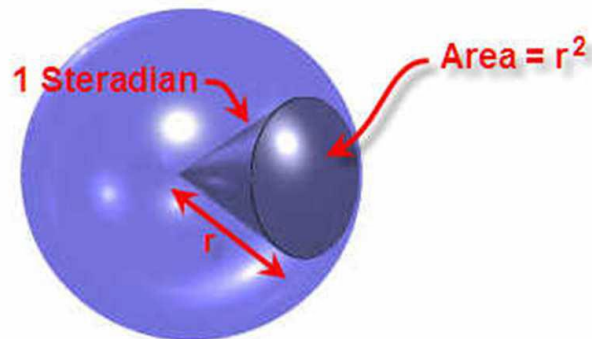
Radian – plný úhel =  $2\pi$  rad

Plošný úhel = délka oblouku /  $r$



Steradian – plný úhel =  $4\pi$  sr

Prostorový úhel = Povrch kulového vrchlíku /  $r^2$



## Odvozené jednotky

Odvozování pomocí fyzikálních zákonů

$$F = ma$$

$$\{F\} = \{m\}\{a\}$$

$$[F] = [m][a] = \text{kgms}^{-2}$$

## Rozměrová analýza

# Násobky a díly jednotek

Činitel	Předpona		
	Název	Značka	Původ názvu
$10^{24}$	yotta	Y	
$10^{21}$	zetta	Z	
$10^{18}$	exa	E	
$10^{15}$	peta	P	
$10^{12}$	tera	T	teras ( <i>řec.</i> ) - nebeské znamení
$10^9$	giga	G	gigas ( <i>řec.</i> ) – obr
$10^6$	mega	M	megas ( <i>řec.</i> ) - veliký
$10^3$	kilo	k	chilios ( <i>řec.</i> ) - tisíc
$10^2$	hekto	h	hekato ( <i>řec.</i> ) - sto
10	deka	da	dekas ( <i>řec.</i> ) - deset
$10^{-1}$	deci	d	decem ( <i>lat.</i> ) - deset
$10^{-2}$	centi	c	centum ( <i>lat.</i> ) - sto
$10^{-3}$	mili	m	mille ( <i>lat.</i> ) - tisíc
$10^{-6}$	mikro	μ	mikros ( <i>řec.</i> ) - malý
$10^{-9}$	nano	n	nano ( <i>it.</i> ) - trpaslík
$10^{-12}$	piko	p	piccolo ( <i>it.</i> ) - maličký
$10^{-15}$	femto	f	femton ( <i>švéd.</i> ) - patnáct
$10^{-18}$	atto	a	atton ( <i>švéd.</i> ) - osmnáct
$10^{-21}$	zepto	z	
$10^{-24}$	yokto	y	

# Vektorový počet

Skalár –  $a, b, c, \dots$

Vektor –  $v_i, x_i, y_i, \dots$

Tenzor vyšších řádů -  $t_{ij}$

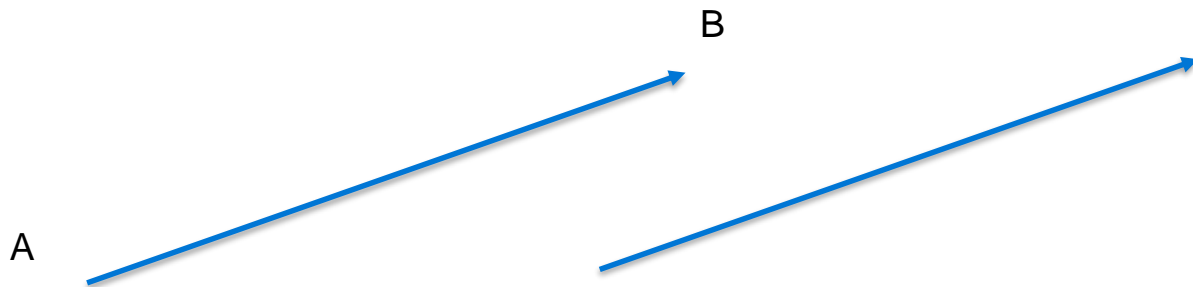
$$t_{ij} = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} \end{pmatrix}$$



# Vektor

Objekt s jedním indexem – uspořádané trojice čísel  
( $x_1, x_2, x_3$ ) – záleží na souřadném systému

Zobrazujeme pomocí orientované úsečky - **AB**



Rovnost vektorů - všechny složky

# Operace s vektory

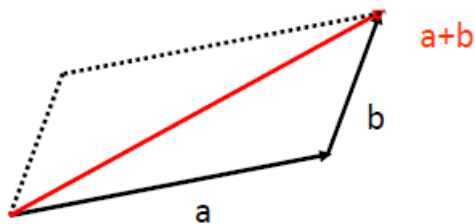
Velikost vektoru  $|\vec{v}| = v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2}$

Násobení vektoru číslem – změna velikosti  $\frac{\vec{v}}{v}$

Jednotkový vektor



Sčítání vektorů  $\vec{a} \pm \vec{b} = (a_1 \pm b_1 \quad a_2 \pm b_2 \quad a_3 \pm b_3)$



# Skalární součin vektorů

Ze dvou vektorů – skalár



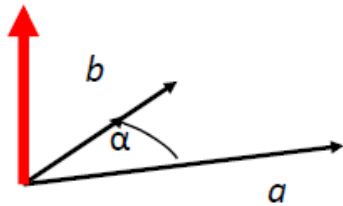
$$\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \alpha$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3$$

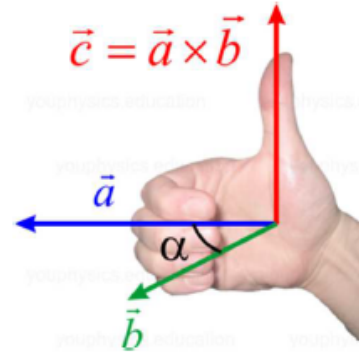
Úhel mezi vektory  $\cos \alpha = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{ab}$



# Vektorový součin vektorů



$$|\vec{a} \times \vec{b}| = ab \sin \alpha$$



$$\vec{a} \times \vec{b} = (a_2b_3 - a_3b_2 \quad a_3b_1 - a_1b_3 \quad a_1b_2 - a_2b_1)$$

$$\vec{a} \times \vec{b} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix}$$

# Souřadný systém

Souřadný kartézský systém – 3 osy, pravotočivé  
vektor je popsán svými třemi průměty  $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$  do souřadných os a ortogonálními vektory báze

**vektor:**

$$\vec{a} = (a_x, a_y, a_z) = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}$$

**velikost vektoru:**

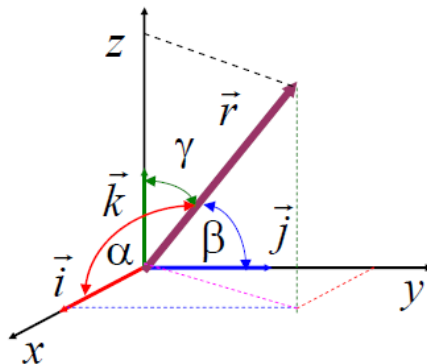
$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

**vektory báze:**

$$\vec{i} = (1, 0, 0)$$

$$\vec{j} = (0, 1, 0)$$

$$\vec{k} = (0, 0, 1)$$



**Polohový vektor:**

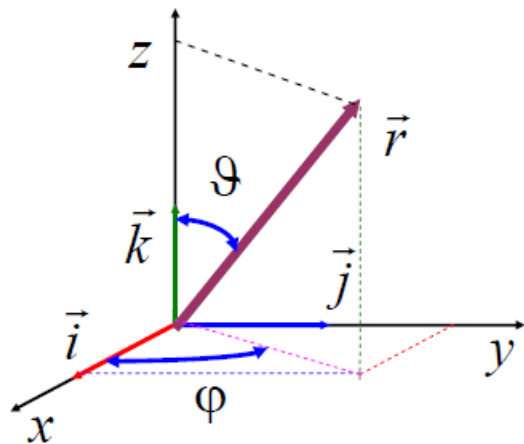
$$\vec{r} = (x, y, z) = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$

$$\cos \alpha = \frac{x}{r} \quad \cos \beta = \frac{y}{r} \quad \cos \gamma = \frac{z}{r}$$

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$$

# Souřadný systém

Křivočaré souřadné systémy – sférické , válcové, eliptické



$$\vec{r} = (x, y, z) = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$

**sférické souřadnice:**

$$x = r \sin \vartheta \cos \varphi$$

$$y = r \sin \vartheta \sin \varphi$$

$$z = r \cos \vartheta$$

$$\cos \vartheta = \frac{z}{r}$$

$$\sin \varphi = \frac{y}{r}$$

$$\cos \varphi = \frac{x}{r}$$

# Derivace a integrál z vektorové funkce

$$\text{Vektor } \vec{v}(x) = (v_1(x) \quad v_2(x) \quad v_3(x))$$

Derivace vektorové funkce

$$\frac{d\vec{v}(x)}{dx} = \left( \frac{dv_1(x)}{dx} \quad \frac{dv_2(x)}{dx} \quad \frac{dv_3(x)}{dx} \right)$$

Integrál z vektorové funkce

$$\int \vec{v}(x) dx = \left( \int v_1(x) dx \quad \int v_2(x) dx \quad \int v_3(x) dx \right)$$