

# Fyzika

Úvodný kurz pre poslucháčov  
prvého ročníka bakalárskych  
programov v rámci štúdia geológie

Úvodná prednáška

## kontaktné osoby:

*prednášky:*

prof. R. Pašteka,

Katedra aplikovanej a environmentálnej geofyziky (KAEG)

doc. V. Greif

Katedra inžinierskej geológie (KIG)

*cvičenia:*

Mgr. M. Šugár (FMFI UK),

Mgr. R. Tornyai, PhD. (KIG)

## hodnotenie na konci semestra:

písomná skúška

(priupustenie len po odovzdaní všetkých úloh z cvičení)

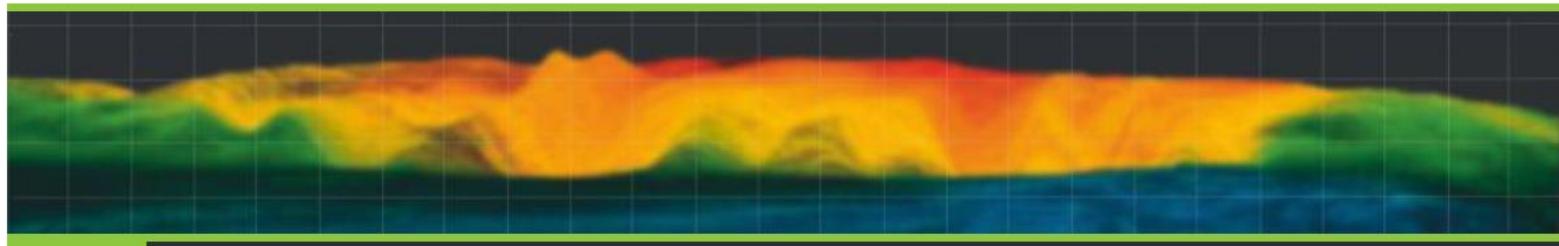
# Prezentácie z prednášok vo forme PDF:

<http://www.kaeg.sk>

Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave



## Katedra aplikovanej a environmentálnej geofyziky



Domov    Štúdium    Katedra    História    Zamestnanci    Výskum    Fotogaléria    Súbory

## Aktuálne témy Bakalárskych a Diplomových prác na našej katedre (šk. rok 2019/2020)

Napísal Roman Paštka, 21. novembra 2017 v [Aktuality](#)

Milé študentky, milí študenti.

V pripojených súboroch nájdete aktualizované témy BP a DP na našej katedre.

V prípade záujmu o niektorú z nich kontaktujte uvedeného učiteľa alebo vedúceho katedry.

[BakTemy 2019-20](#)

[DiplTemy 2019-20](#)

[Čítať ďalej »](#)

Hľadať

zadajte výraz...

Rýchla navigácia

[Fotogaléria](#)

[História](#)

[Katedra](#)

[Štúdium](#)

◦ [Učebné texty](#)

[Súbory](#)

[Výskum](#)

◦ [Projekty APVV](#)

## XII. Slovenská Geofyzikálna konferencia

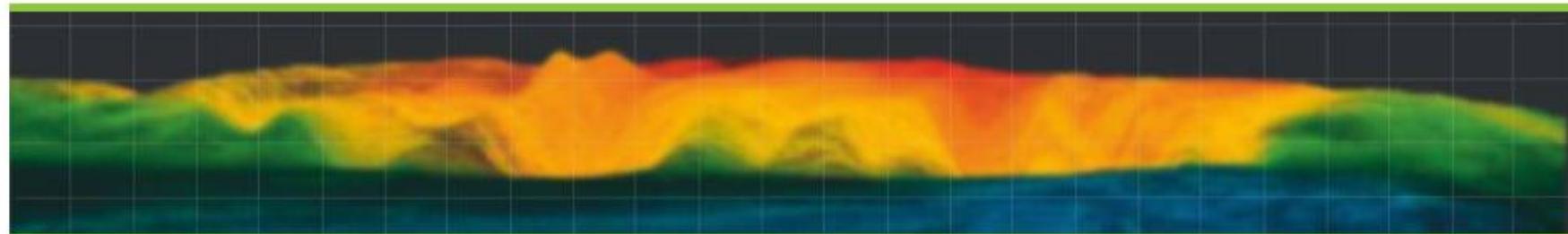
Napísal Roman Paštka, 7. apríla 2017 v [Aktuality](#)

# Prezentácie z prednášok vo forme PDF:

<http://www.kaeg.sk>

Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave

## Katedra aplikovanej a environmentálnej geofyziky



Domov

Štúdium

Katedra

História

Zamestnanci

Výskum

Fotogaléria

Súbory

## Učebné texty

Predmet: Fyzika a Fyzika pre geológov, 1. roč. bak. Geológia

Prednášky:

1. Fyzika 1 úvod 2014
2. Fyzika 2 mechanika grav zákon 2014
3. Fyzika 3 mechanika energia optika 2014
4. Fyzika 4 termodynamika plyny 2014
5. Fyzika 5 tepelne stroje 2012
6. Fyzika 6 skupenstva a fázove prechody 2012

Hľadať

zadajte výraz...

Rýchla navigácia

Fotogaléria

História

Katedra

Štúdium

○ Učebné texty

## doplňujúca literatúra + študijné podklady:

Veis Š., Maďar J., Martišovitš V.: Všeobecná fyzika 1 – Mechanika a molekulová fyzika,

Čičmanec P.: Všeobecná fyzika 2 – Elektrina a magnetizmus.

Ilkovič D.: Fyzika 1.

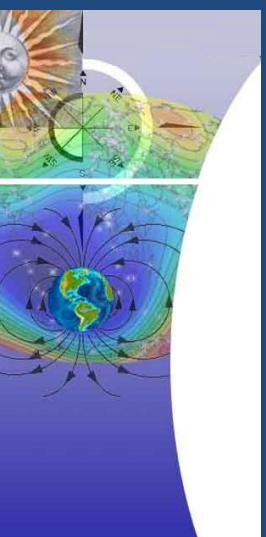
Hajko V. a kol.: Fyzika v príkladoch.

Feynman R.P., Leighton R.B., Sands M.: Feynmanovy přednášky z fyziky. *Nakladatelství Fragment* (2013)

## tématická náplň semestra:

- Úvod, základné pojmy a nástroje fyziky
- Základy mechaniky, gravitačné pole
- Energia, výkon, práca.
- Základy termodynamiky a tepelné stroje
- Zmeny skupenstiev a fázové prechody
- Stavba a vlastnosti pevných látok
- Prúdenie kvapalín a plynov
- Základy elektrickej interakcie
- Základy magnetizmu, základy optiky
- Základy atómovej fyziky, rádioaktivita.

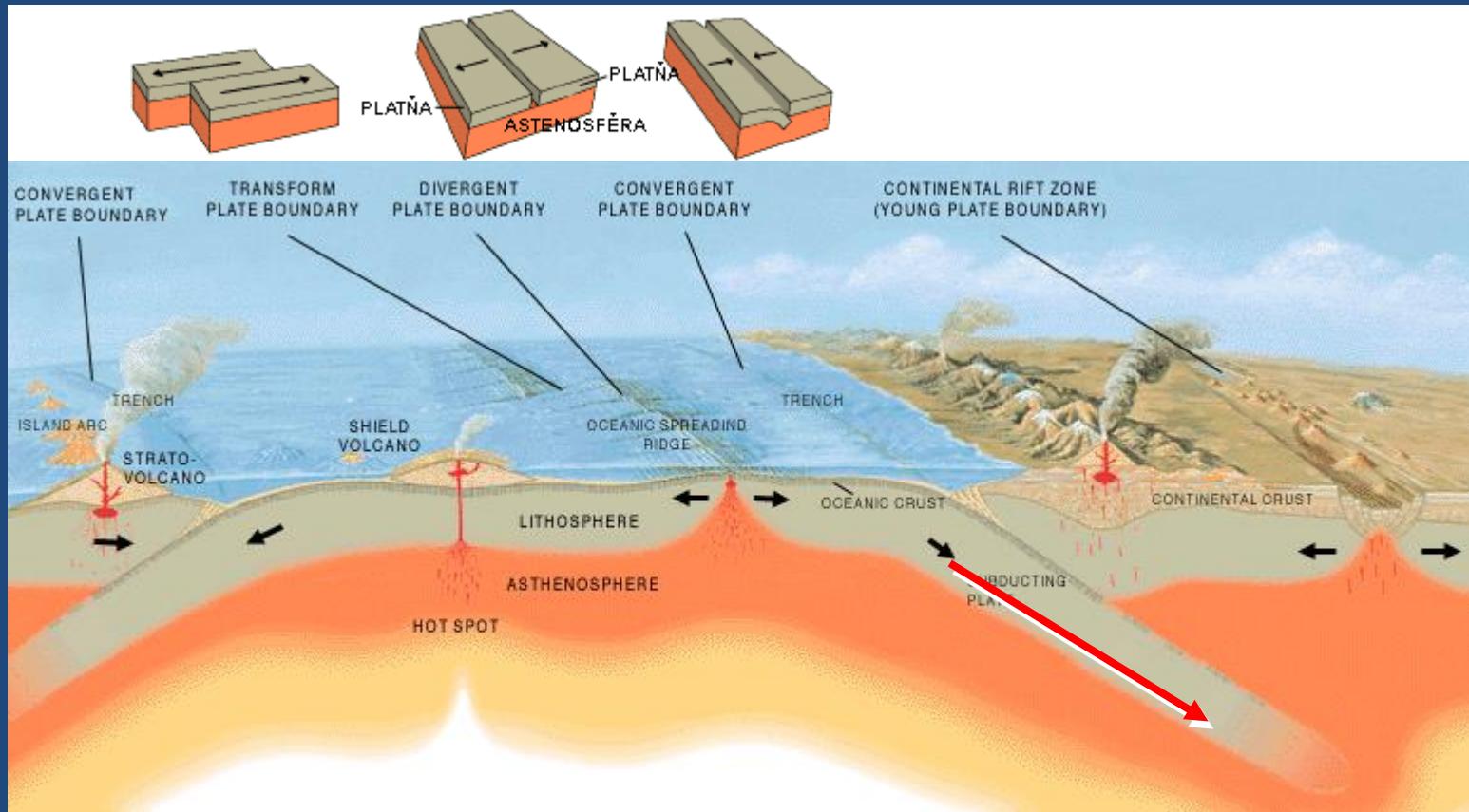
# Úloha fyziky v geológii



- pri štúdiu mechanizmov rôznych geologických procesov (platňová tektonika, príkrov, zosuvy, stavba minerálov, teplotno-tlakové podmienky zmien fáz minerálov, prúdenie podzemnej vody, mechanické vlastnosti hornín, atď.).)
- pri meraní a interpretácii fyzikálnych polí Zeme za účelom štúdia jej stavby (geofyzikálne metódy, využívajúce gravitačné, magnetické, elektrické, tepelné, vlnové polia)

# úloha fyziky v geológii – platňová tektonika

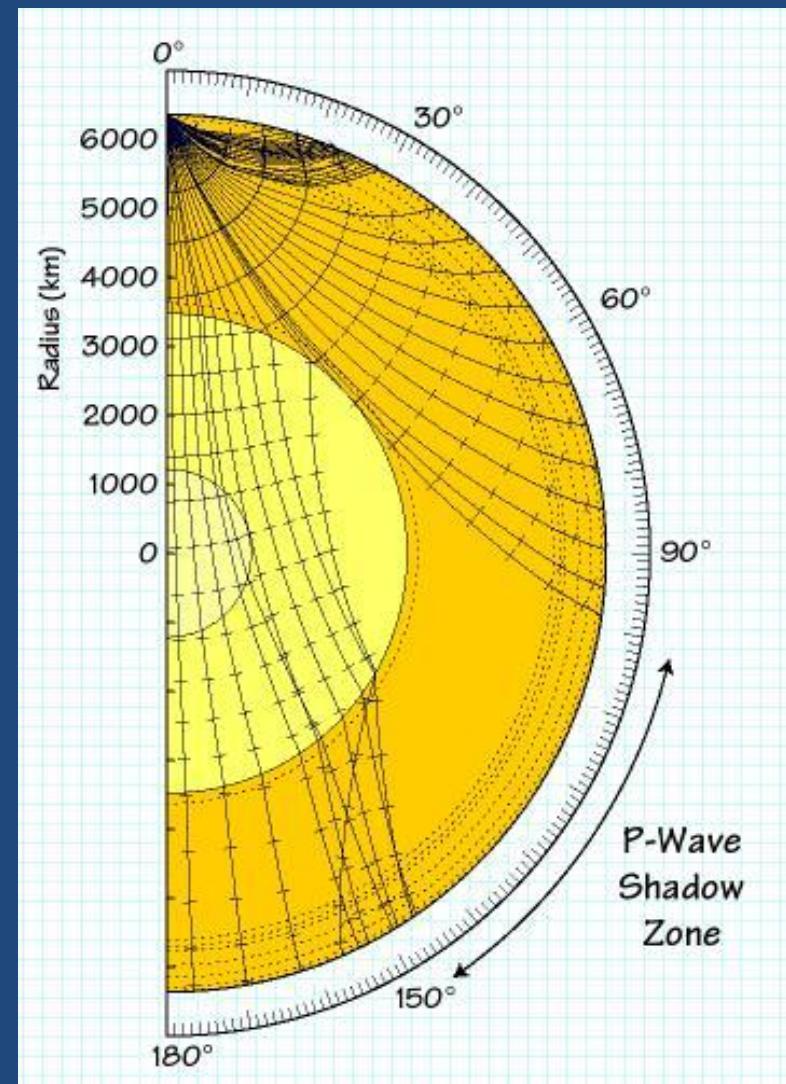
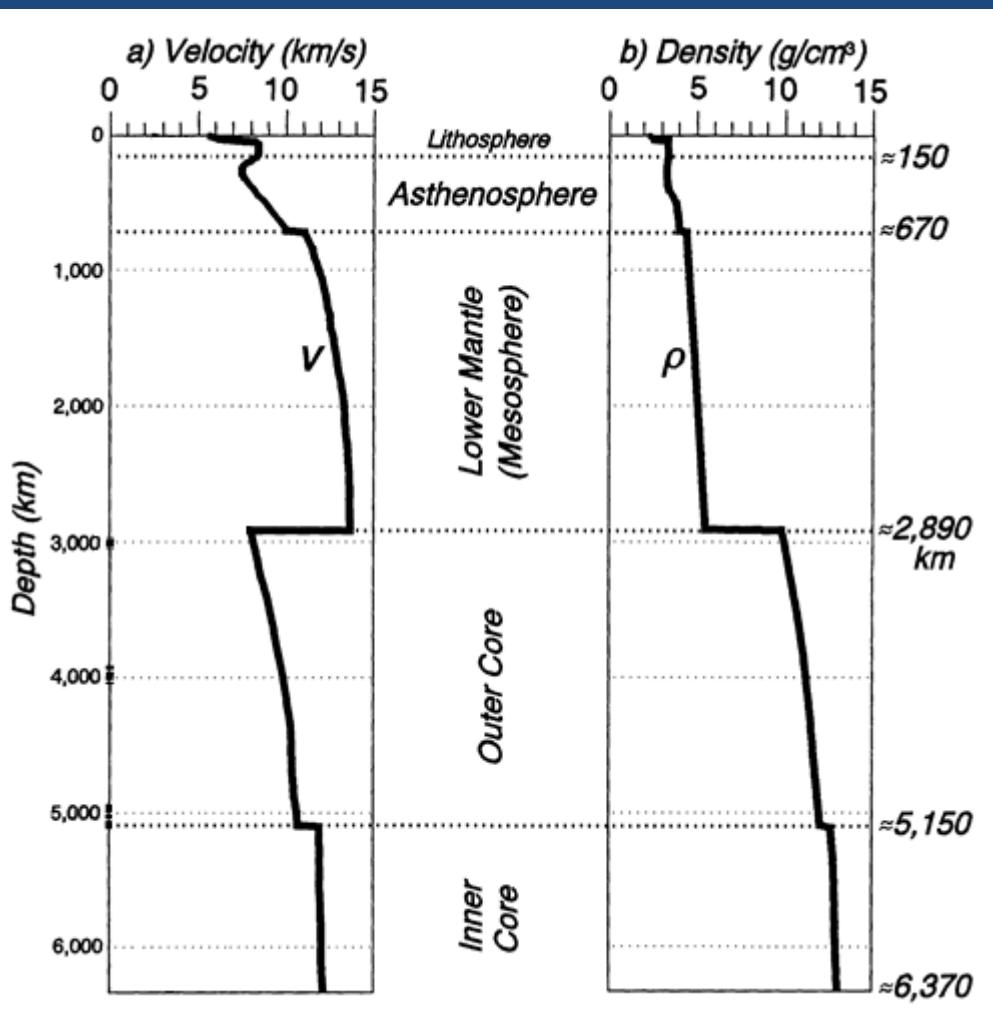
príklad: pri prvých predstavách o „hnacích motoroch“ platňovej tektoniky prevládal názor, že to je rozpínanie morského dna, avšak mineralogicko-fyzikálne modely ukázali, že to je naopak „ťah“ dosky nadol pri jej subdukcií



# úloha fyziky v geologii – vnútorná stavba Zeme

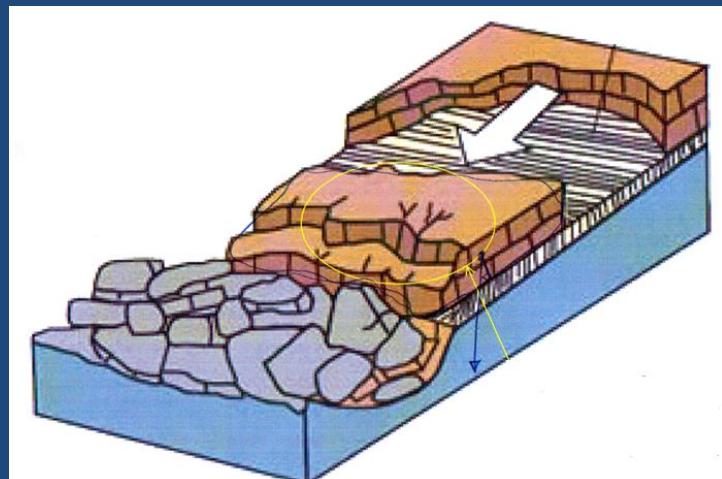
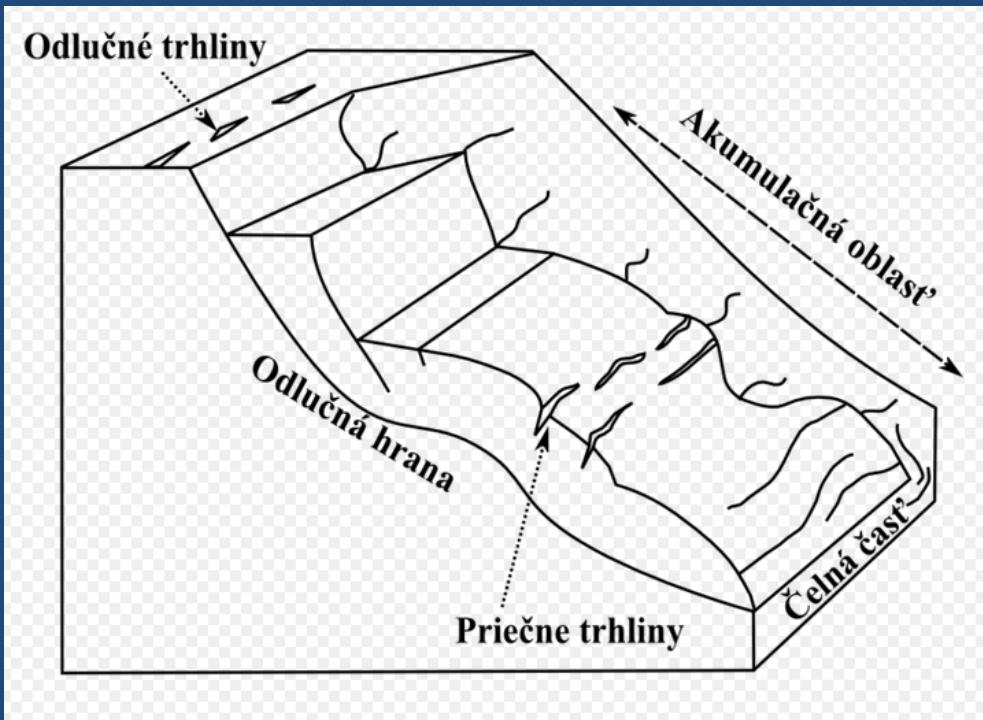
rýchlosť

hustota



# úloha fyziky v geológii

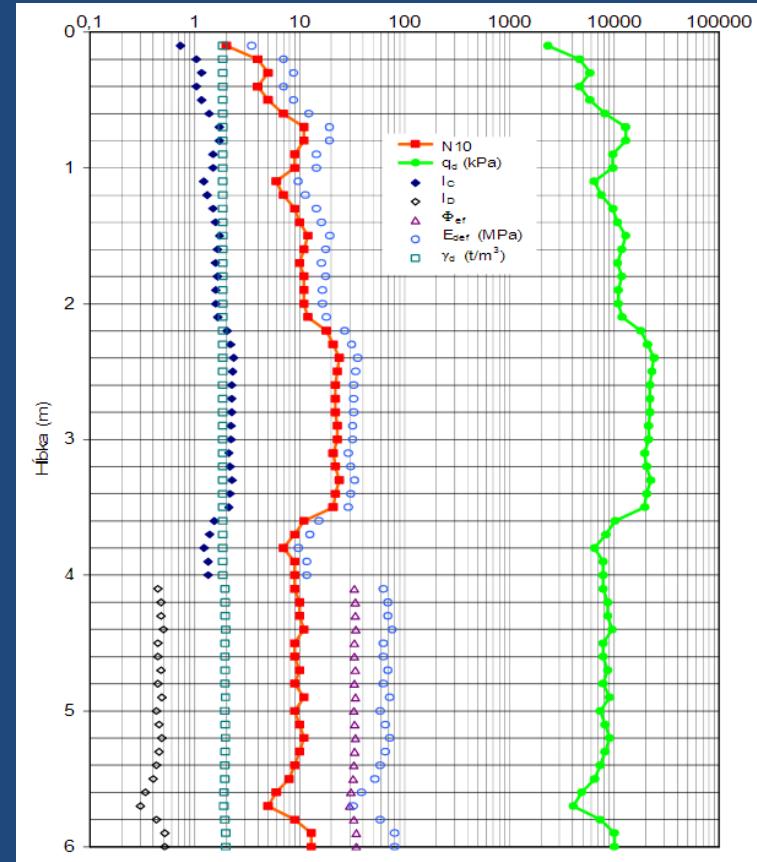
## mechanika vzniku a pohybu zosuvov



# úloha fyziky v geológii

geomechanické vlastnosti hornín:

(napr. tzv. penetračné skúšky)



modelovanie a objasnenie horotvorných procesov:

zaujímavý link:

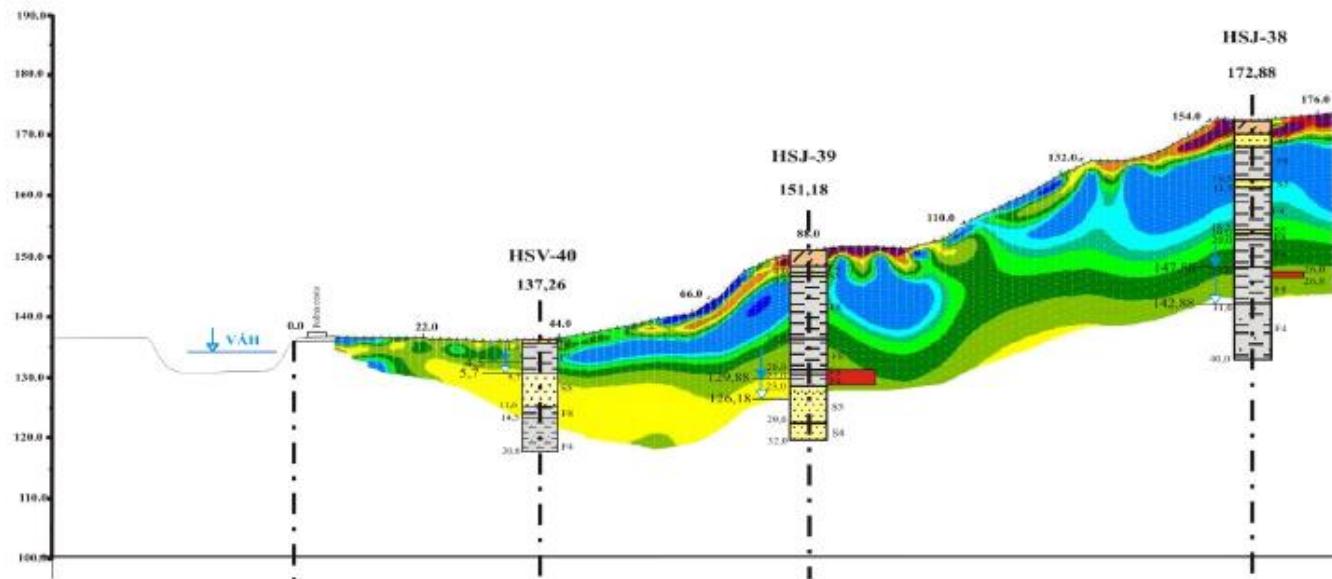
<https://www.youtube.com/watch?v=CPqANwaB0Gw>

# úloha fyziky

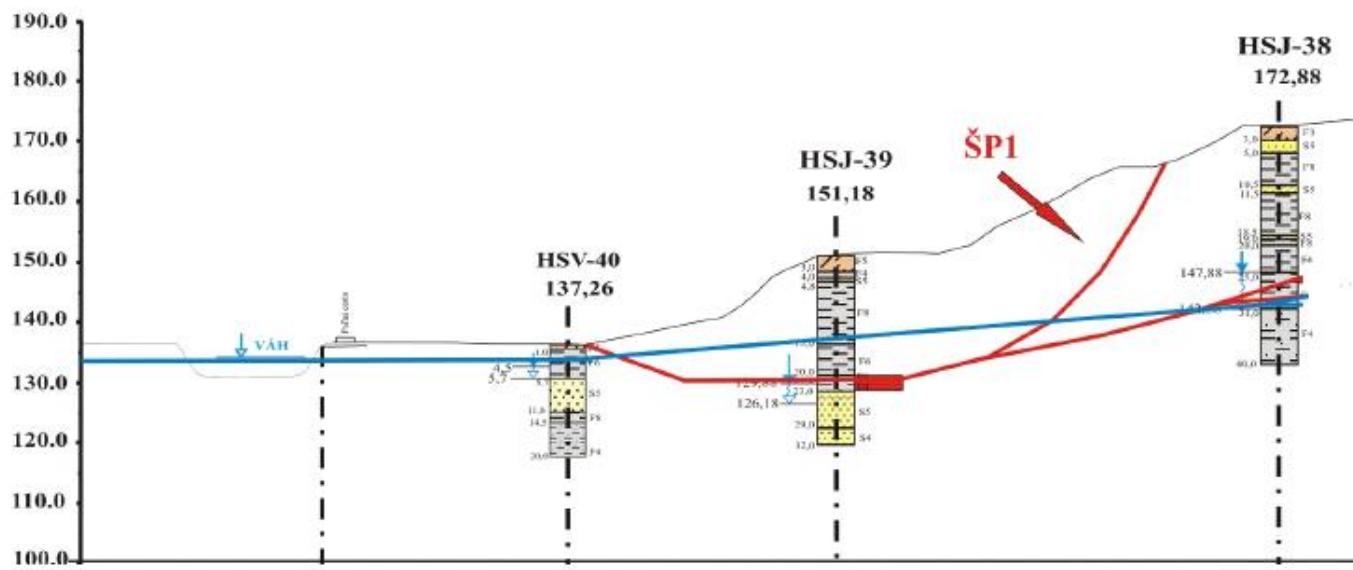
## v geológii

elektrické  
(odporové)  
vlastnosti  
hornín  
v telese  
zosuvu

### Izoohmický rez (inverzný model)



### Interpretovaný rez s určením šmykových plôch



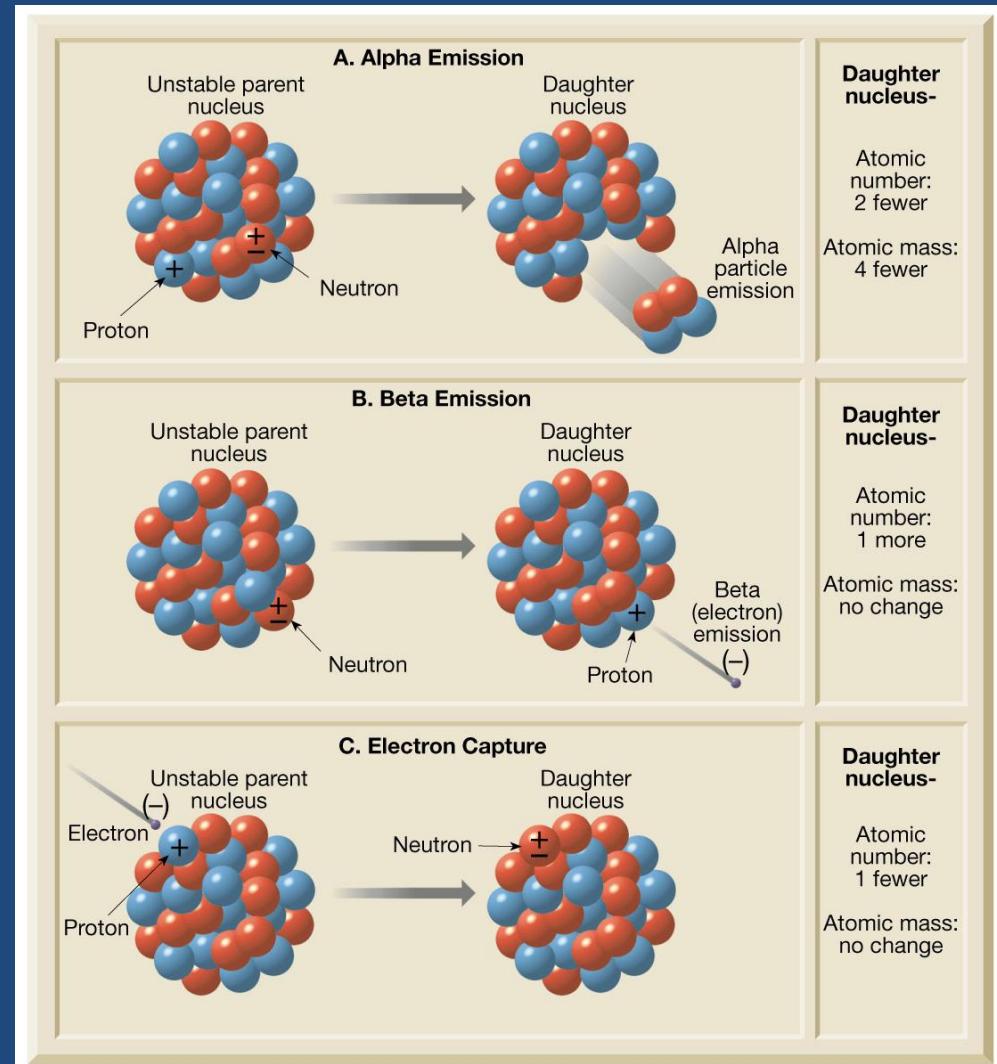
# Úloha fyziky v geológii - rádioaktívne datovanie

Vek sa určuje meraním pomeru množstva izotopu a jeho rozpadového produktu.

uránovo-olovená  
metóda  
 $(^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb})$

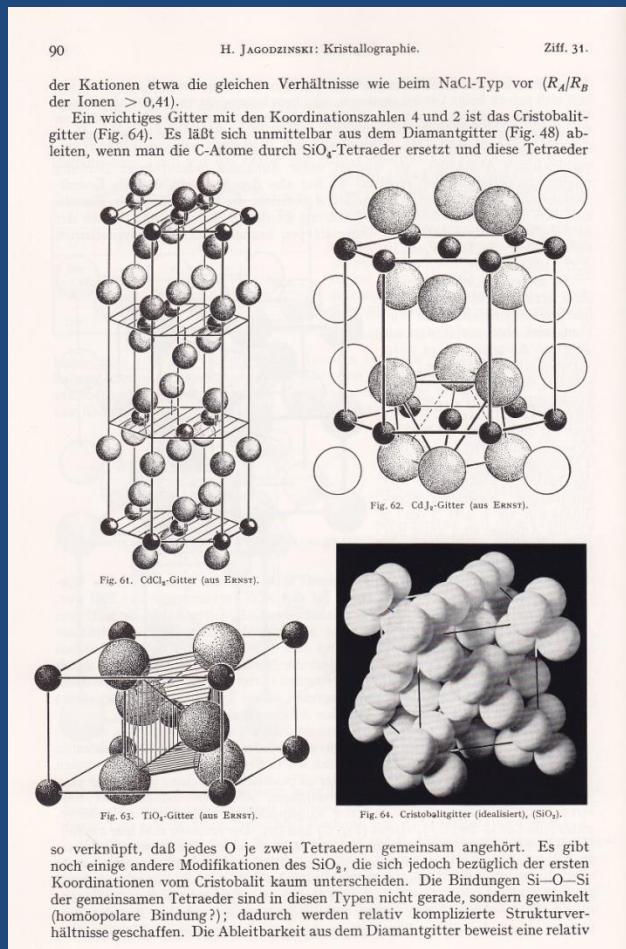
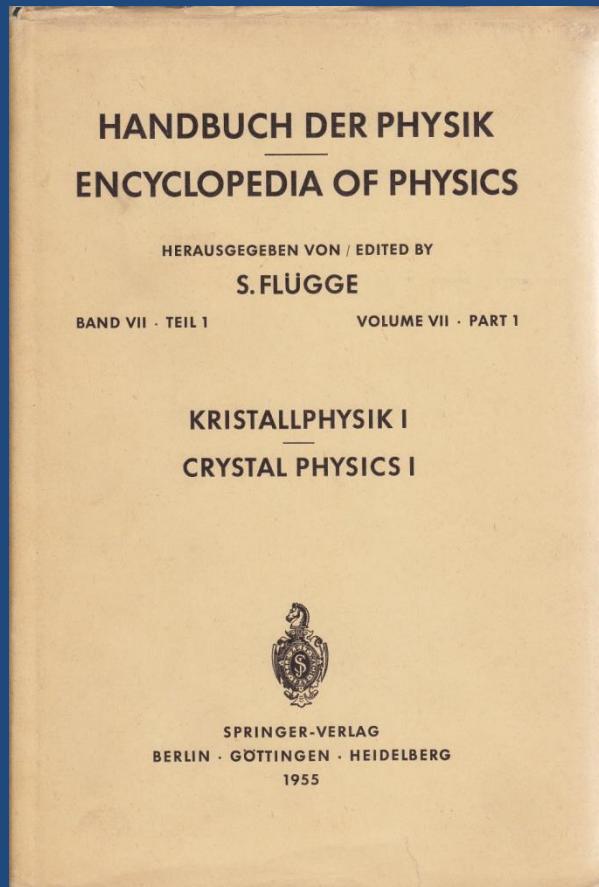
tóriovo-olovená  
metóda  
 $(^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb})$

atd'.



# úloha fyziky v geológii

# Klasické učebnice kryštalografie a optiky minerálov



# Silové interakcie definované v súčasnej fyzike

1. Gravitačná interakcia: pôsobenie hmotných telies navzájom
2. Elektro-magnetická interakcia: pôsobenie elektricky nabitych a zmagnetizovaných častíc (telies)
3. Silná interakcia: vzájomné pôsobenie medzi nukleónmi (protóny, neutróny)
4. Slabá interakcia: sily, ktorými pôsobia ľahké elementárne čästice (leptóny) medzi sebou

Ktorá z týchto silových interakcií je najdominantnejšia?

silná  
inter.  
1

el-mag.  
inter.  
 $10^{-4}$

slabá  
inter.  
 $10^{-13}$

gravitačná  
inter.  
 $10^{-40}$

# medzinárodná sústava jednotiek SI

## Základné jednotky SI

Meno	Symbol	Veličina
meter	m	dĺžka
kilogram	kg	hmotnosť
sekunda	s	čas
ampér	A	elektrický prúd
kelvin	K	termodynamická teplota
mól	mol	látkové množstvo
kandela	cd	svietivosť

**poznáme 7 základných jednotiek:**

**Meter** je dĺžka dráhy, ktorú prejde svetlo vo vakuu za  $1/299792458$  sekundy

**Kilogram** sa rovná hmotnosti medzinárodného prototypu kilogramu (platino - irídiový valec), ktorý je umiestnený v Medzinárodnom úrade pre miery a váhy (Bureau International des Poids et Mesures, BIPM) v Paríži. Kilogram je základná jednotka SI (nie gram).

Je to jediná jednotka doteraz definovaná prototypom namiesto merateľného prírodného úkazu.

# medzinárodná sústava jednotiek SI

## Základné jednotky SI

Meno	Symbol	Veličina
meter	m	dĺžka
kilogram	kg	hmotnosť
sekunda	s	čas
ampér	A	elektrický prúd
kelvin	K	termodynamická teplota
mól	mol	látkové množstvo
kandela	cd	svietivosť

Sekunda je trvanie presne 9 192 631 770 períod žiarenia, ktoré zodpovedá prechodu medzi dvoma hladinami veľmi jemnej štruktúry základného stavu cézia ( $^{133}\text{Cs}$ ) pri teplote 0 kelvinov.

Ampér je stály elektrický prúd, ktorý pri prechode dvoma priamymi rovnobežnými nekonečne dlhými vodičmi zanedbateľného kruhového prierezu, umiestnenými vo vákuu vo vzdialosti 1m od seba, vyvolá silu  $2 \times 10^{-7}$  newtonu na 1 meter dĺžky vodičov.

Jednotka je pomenovaná podľa Andrého Maria Ampéra (1775 – 1836).

# medzinárodná sústava jednotiek SI

## Základné jednotky SI

Meno	Symbol	Veličina
meter	m	dĺžka
kilogram	kg	hmotnosť
sekunda	s	čas
ampér	A	elektrický prúd
kelvin	K	termodynamická teplota
mól	mol	látkové množstvo
kandela	cd	svietivosť

**Kelvin** je  $1/273.16$  termodynamickej teploty trojného bodu vody. Jednotka je pomenovaná podľa Williama Thomsona lorda Kelvina (1824 – 1907).

**Mól** je látkové množstvo sústavy, ktorá obsahuje práve toľko elementárnych jedincov (entít), koľko je atómov v  $0.012$  kg čistého uhlíka ( $^{12}\text{C}$ ) . Pri udávaní látkového množstva treba elementárne častice (entity) specifikovať; môžu to byť atómy, molekuly, ióny, elektróny, iné častice alebo bližšie určené zoskupenia častíc. Ide približne o  $6.02214199 \times 10^{23}$  entít.

# medzinárodná sústava jednotiek SI

## Základné jednotky SI

Meno	Symbol	Veličina
meter	m	dĺžka
kilogram	kg	hmotnosť
sekunda	s	čas
ampér	A	elektrický prúd
kelvin	K	termodynamická teplota
mól	mol	látkové množstvo
kandela	cd	svietivosť

Kandela je svietivosť zdroja, ktorý v danom smere vysiela monochromatické žiarenie s frekvenciou  $540 \times 10^{12}$  hertzov, a ktorého žiarivosť v tomto smere je  $1/683$  wattu na steradián.

# medzinárodná sústava jednotiek SI

**d'alej poznáme v sústave SI tzv. odvodené jednotky:**

Tvoria sa kombináciou základných jednotiek, kvôli dĺžke a zložitosti sa niektoré z nich označujú novým názvom.

Príklady: kilogram na meter kubický, meter štvorcový, meter kubický, meter za sekundu, Newton, Ohm, Pascal, Volt, Watt, Henry, Farad, Joule, Weber, Siemens, Hertz...  
(napr. Hertz =  $[s^{-1}]$ )

*Pokus o vtip:*

Laplace, Newton a Pascal hrajú schovávačku.

Ako prvý žmúri Laplace, Pascal skočí za kríky, ale Newton iba zostane stát' na mieste a paličkou vyryje do zeme okolo seba štvorec 1 x 1 m. Ked' Laplace skončí odrávanie a otvorí oči, tak zbadá Newtona a zakričí „Newton“! Newton však odvetí: „Nie, nie, Newton na meter štvorcový, čiže Pascal“! ;-)

$$1 \text{ Pa} = \text{N/m}^2$$

# **medzinárodná sústava jednotiek SI**

**napokon sú ešte v sústave SI tzv. vedľajšie jednotky:**

Sú to tie jednotky, ktoré úplne nezapadajú do sústavy SI, ale sú povolené pre svoju všeobecnú rozšírenosť a užitočnosť: hodina, minúta, stupeň Celzia, liter...

**dôležité sú tiež násobky a časti jednotiek:**

Tieto sú realizované cez predpony, ktoré sa pridávajú ku menám samotných jednotiek: kilo, micro, mega, mili,...

# ale pod'me späť ku kilogramu...

## problémy s prototypom kilogramu

- (1889, uložený v BIPM v Sénvres pri Paríži)
- (odvtedy vybraný iba v 1946 a 1989)
- (zliatina platiny [90%] a irídia [10%])
- (vyrobených 40 kópií – po celom svete)



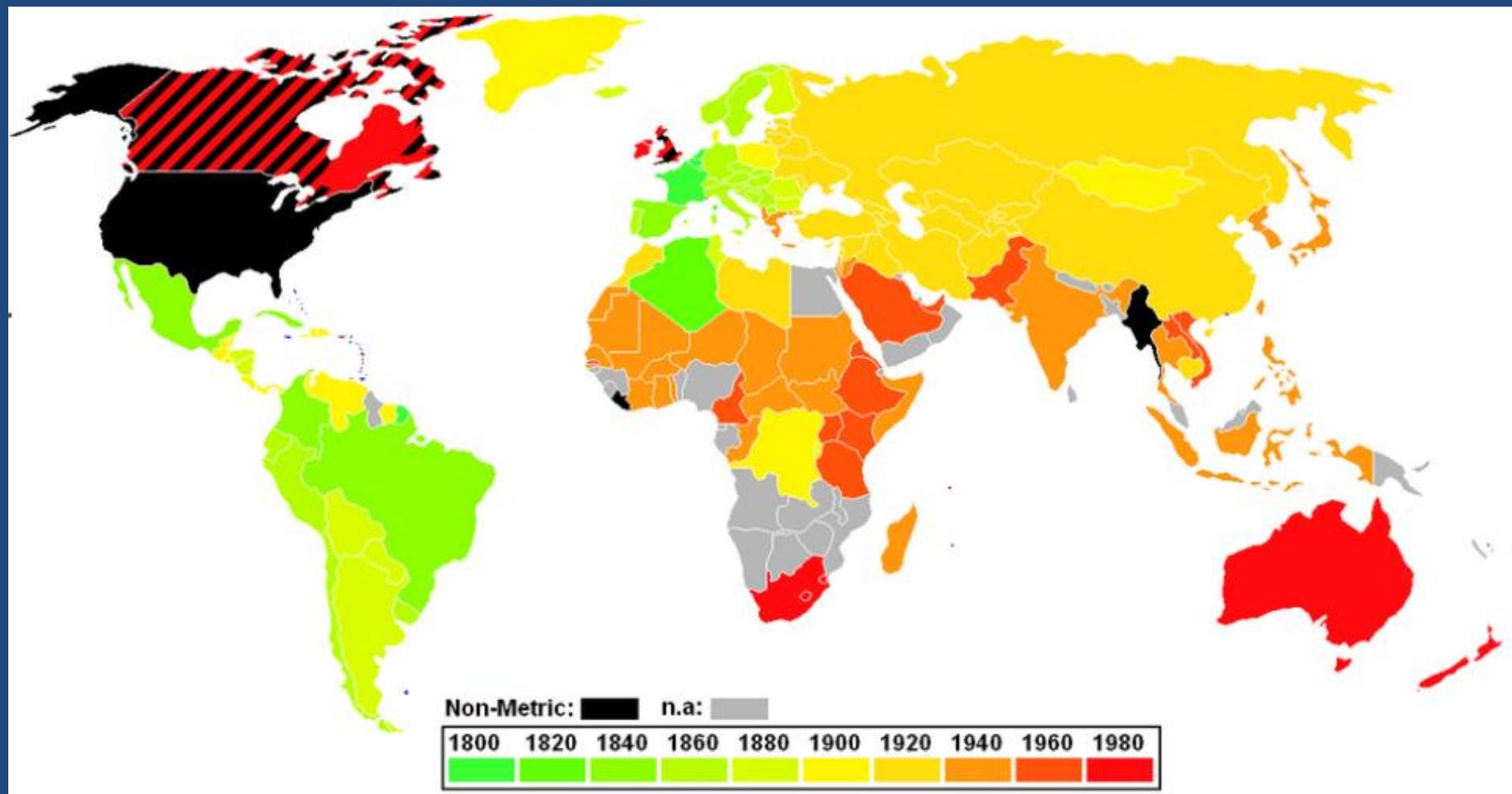
Přibližná podoba mezinárodního prototypu kilogramu

Za 100 rokov stratil tento prototyp pri porovnaní s inými kópiami hmotnosť cca 100  $\mu\text{g}$  (!).

- strata atómov vodíka (?)
- ošúchanie povrchu pri manipulácii (?)
- “nalepenie molekúl vzduchu na iné kópie” (?)
- v podstate to fyzici nevedia vysvetliť...

skr.	názov	pôvod	hodnota	hodnota	názov
Y	yotta	tal. <i>otto</i> = osem	$10^{24}$ ( $1000^8$ )	1 000 000 000 000 000 000 000 000	kvadrilión
Z	zetta	tal. <i>sette</i> = sedem	$10^{21}$ ( $1000^7$ )	1 000 000 000 000 000 000 000 000	triliarda
E	exa	gr. <i>εξάκις</i> , <i>hexákis</i> = šesťkrát	$10^{18}$ ( $1000^6$ )	1 000 000 000 000 000 000 000 000	trilión
P	peta	gr. <i>pentákis</i> = päťkrát	$10^{15}$ ( $1000^5$ )	1 000 000 000 000 000 000 000 000	biliarda
T	tera	gr. <i>τέρας</i> , <i>téras</i> = tetráxis = štyrikrát	$10^{12}$ ( $1000^4$ )	1 000 000 000 000 000 000 000 000	bilión
G	giga	gr. <i>γίγας</i> , <i>gígas</i> = obrovský	$10^9$ ( $1000^3$ )	1 000 000 000 000 000 000 000 000	miliarda
M	mega	gr. <i>μέγας</i> , <i>mégas</i> = veľký	$10^6$ ( $1000^2$ )	1 000 000 000 000 000 000 000 000	milión
k	kilo	gr. <i>χίλιοι</i> , <i>chílioī</i> = tisíc	$10^3$	1 000 000 000 000 000 000 000 000	tisíc
h	hektó	gr. <i>εκατόν</i> , <i>hekaton</i> = sto	$10^2$	100 000 000 000 000 000 000 000	sto
da	deka	gr. <i>δέκα</i> , <i>déka</i> = desať	$10^1$	10 000 000 000 000 000 000 000 000	desať
—	—		$10^0$	1 000 000 000 000 000 000 000 000	jeden
d	deci	lat. <i>decimus</i> = desatina	$10^{-1}$	0,1 000 000 000 000 000 000 000 000	desatina
c	centi	lat. <i>centesimus</i> = stotina	$10^{-2}$	0,01 000 000 000 000 000 000 000 000	stotina
m	ili	lat. <i>millesimus</i> = tisícina	$10^{-3}$	0,001 000 000 000 000 000 000 000 000	tisícina
μ	mikro	gr. <i>μικρός</i> , <i>mikrós</i> = malý	$10^{-6}$ ( $1000^{-2}$ )	0,000 001 000 000 000 000 000 000 000	milióntina
n	nano	gr. <i>νάνος</i> , <i>nános</i> = trpaslík	$10^{-9}$ ( $1000^{-3}$ )	0,000 000 001 000 000 000 000 000 000	miliardtina
p	piko	tal. <i>piccolo</i> = malý	$10^{-12}$ ( $1000^{-4}$ )	0,000 000 000 001 000 000 000 000 000	bilióntina
f	femto	škand. <i>femton</i> = pätnásť	$10^{-15}$ ( $1000^{-5}$ )	0,000 000 000 000 001 000 000 000 000	biliardtina
a	atto	škand. <i>arton</i> = osemnásť	$10^{-18}$ ( $1000^{-6}$ )	0,000 000 000 000 000 001 000 000 000	trilióntina
z	zepto	lat. <i>septem</i> = sedem	$10^{-21}$ ( $1000^{-7}$ )	0,000 000 000 000 000 000 001 000 000	triliardtina
y	yokto	lat. <i>octo</i> = osem	$10^{-24}$ ( $1000^{-8}$ )	0,000 000 000 000 000 000 000 001 000 000	kvadrilióntina

zaujímavé video: <https://www.youtube.com/watch?v=bhofN1xX6u0>



krajiny, používajúce systém SI + metrický systém

# Príklady veľkostí malých objektov v prírodných vedách:

0.1 nm (nanometer) priemer atómu vodíka

0.8 nm amino-kyseliny

4 nm globulárne bielkoviny

7 nm hrúbka molekulových membrán

100 nm HIV vírus

2  $\mu\text{m}$  baktéria *E.coli*

1 mm priemer nervovej bunky sépie

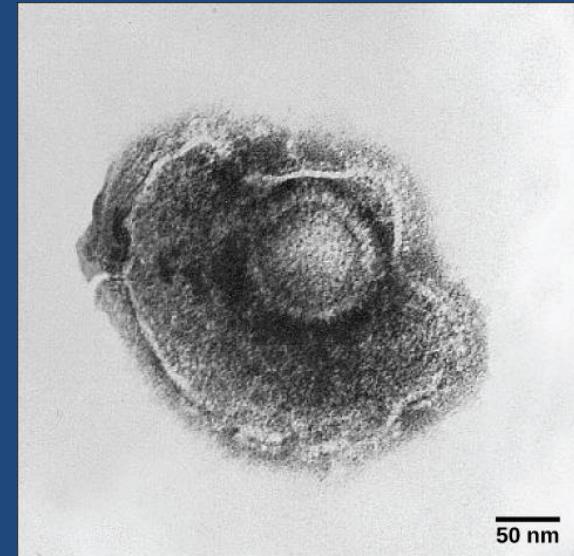
120 mm priemer pštrosieho vajca

3 m dĺžka nervovej bunky žirafy (v krku)

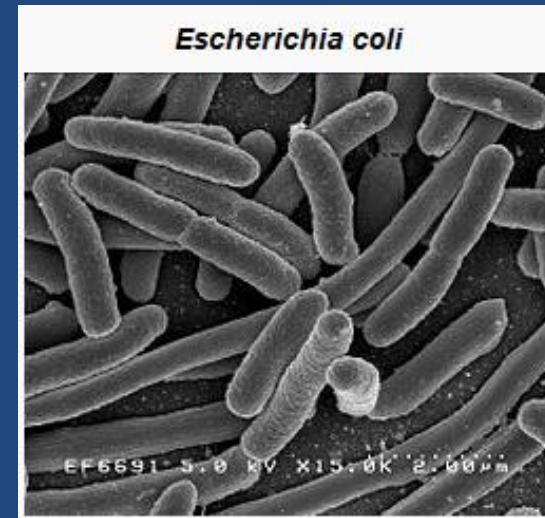
Pozn.: micron je jednotka mimo SI sústavy  
pre mikrometer ( $\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$ )

ppm – parts per million

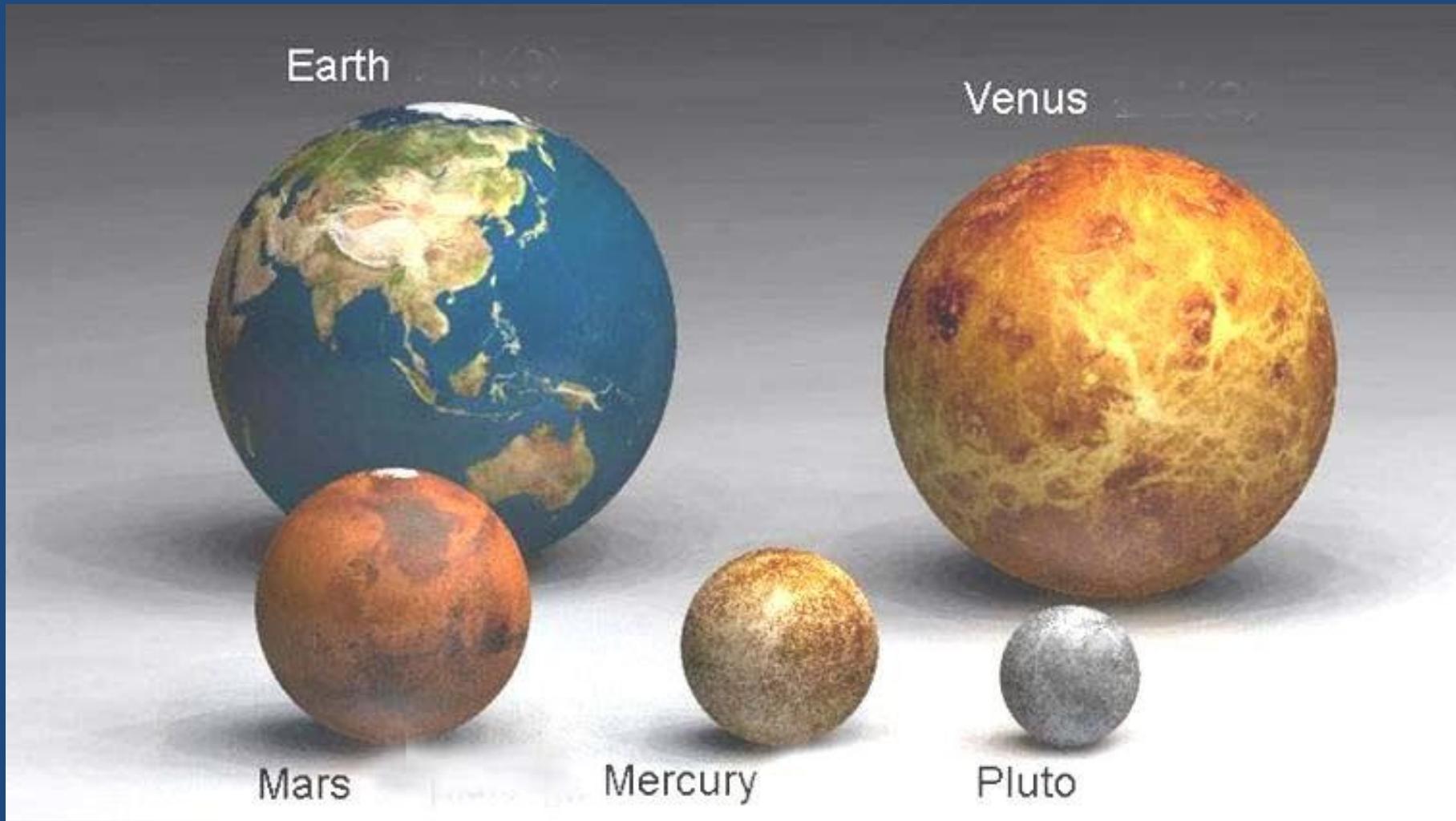
ppb – parts per billion



výstup z elektrónového  
mikroskopu (vírus)



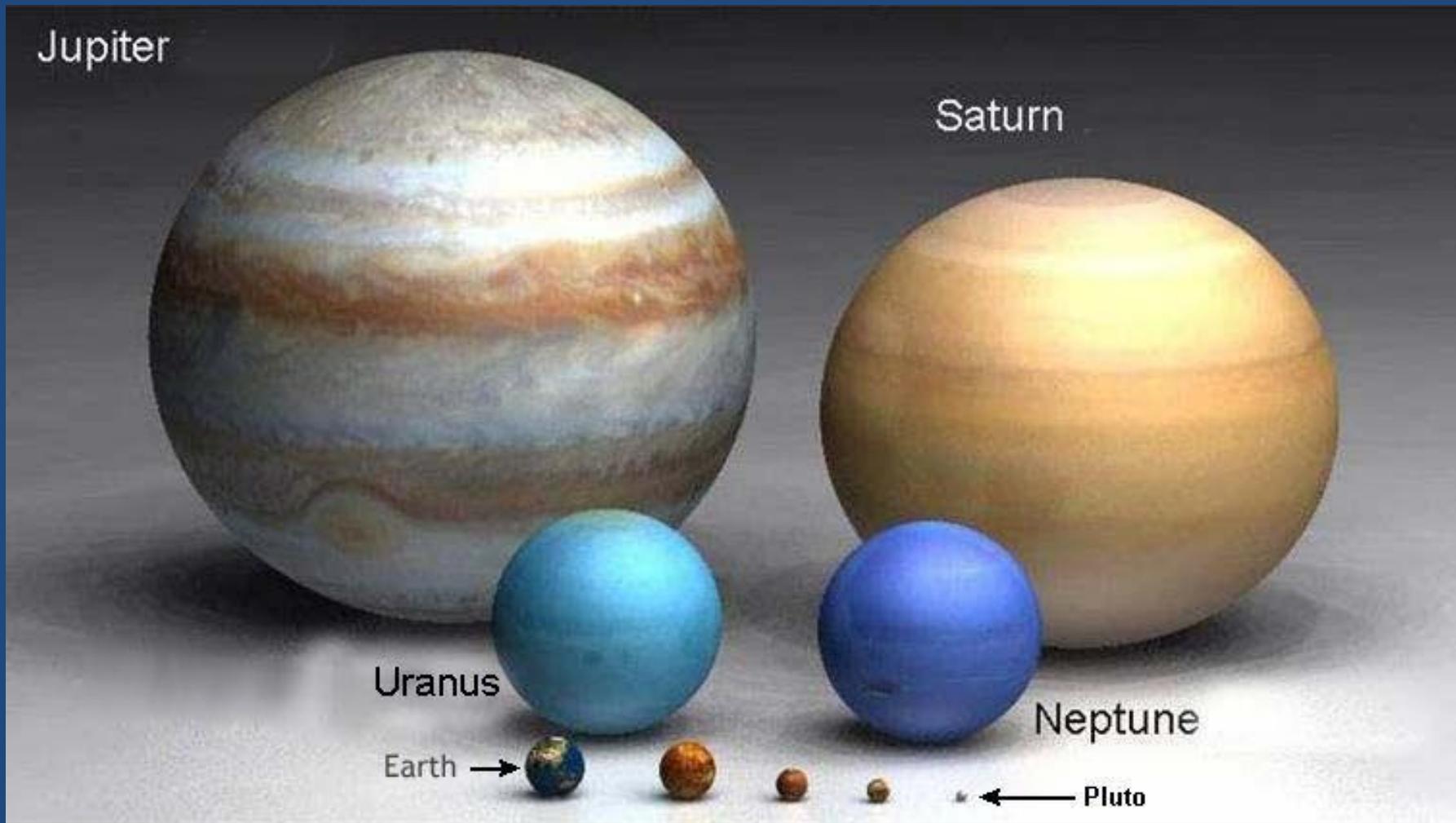
ked' už spomíname veľkosti ...



porovnanie veľkostí planét ...

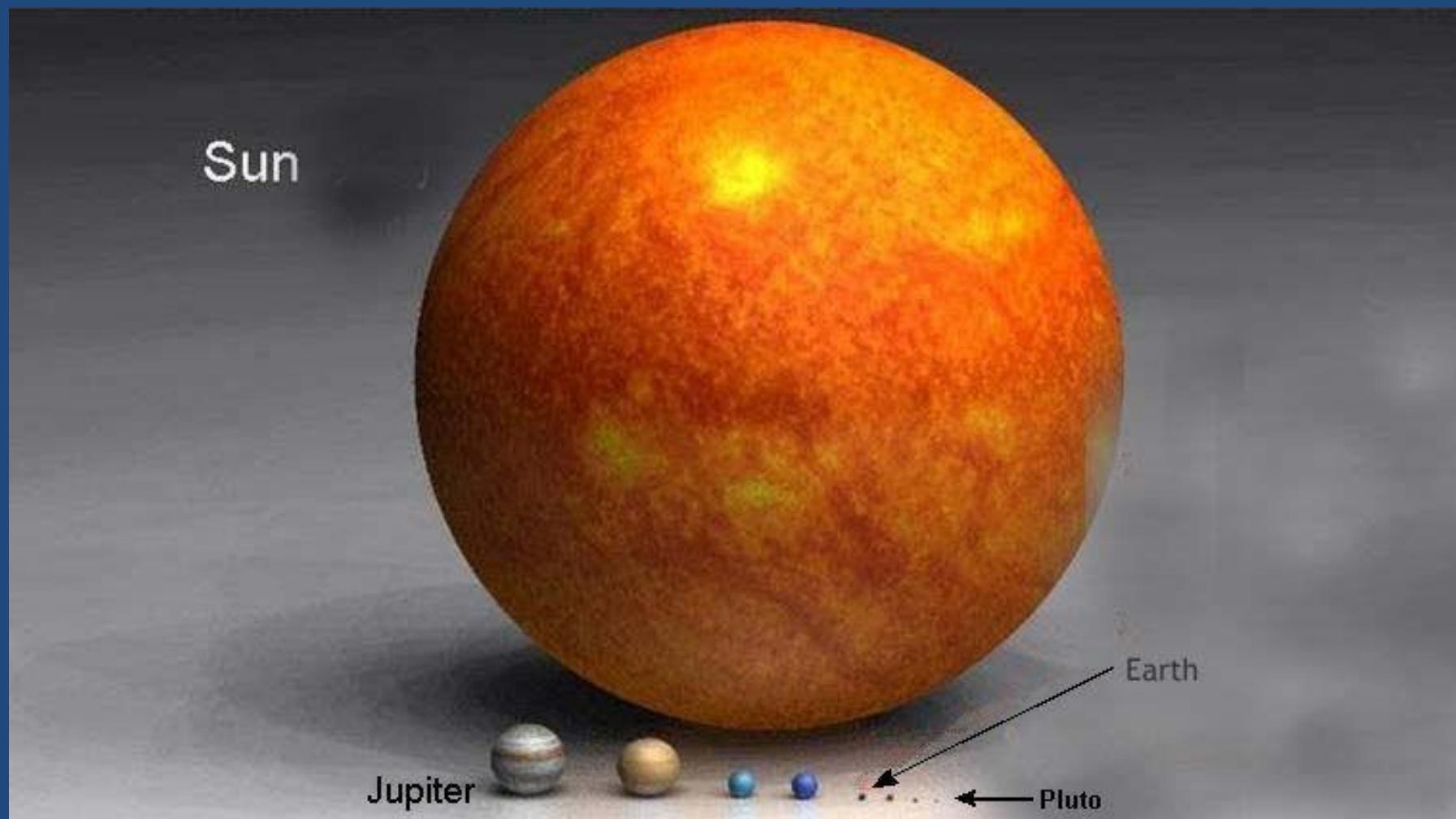
priemer Zeme = 12756.2 km  $\approx$   $12.8 \cdot 10^6$  m

ked' už spomínáme veľkosti ...



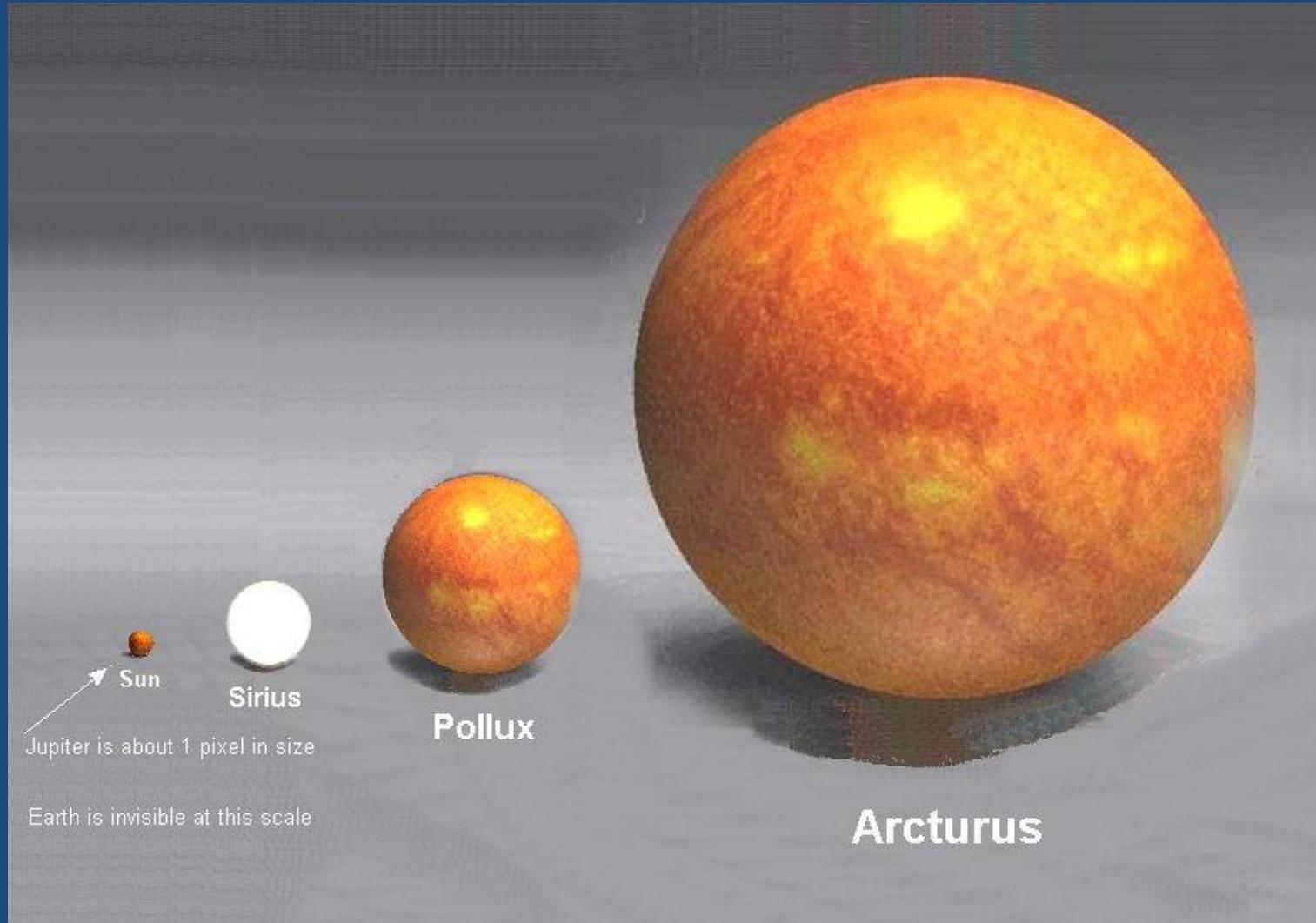
porovnanie veľkostí planét ...

ked' už spomínáme veľkosti ...



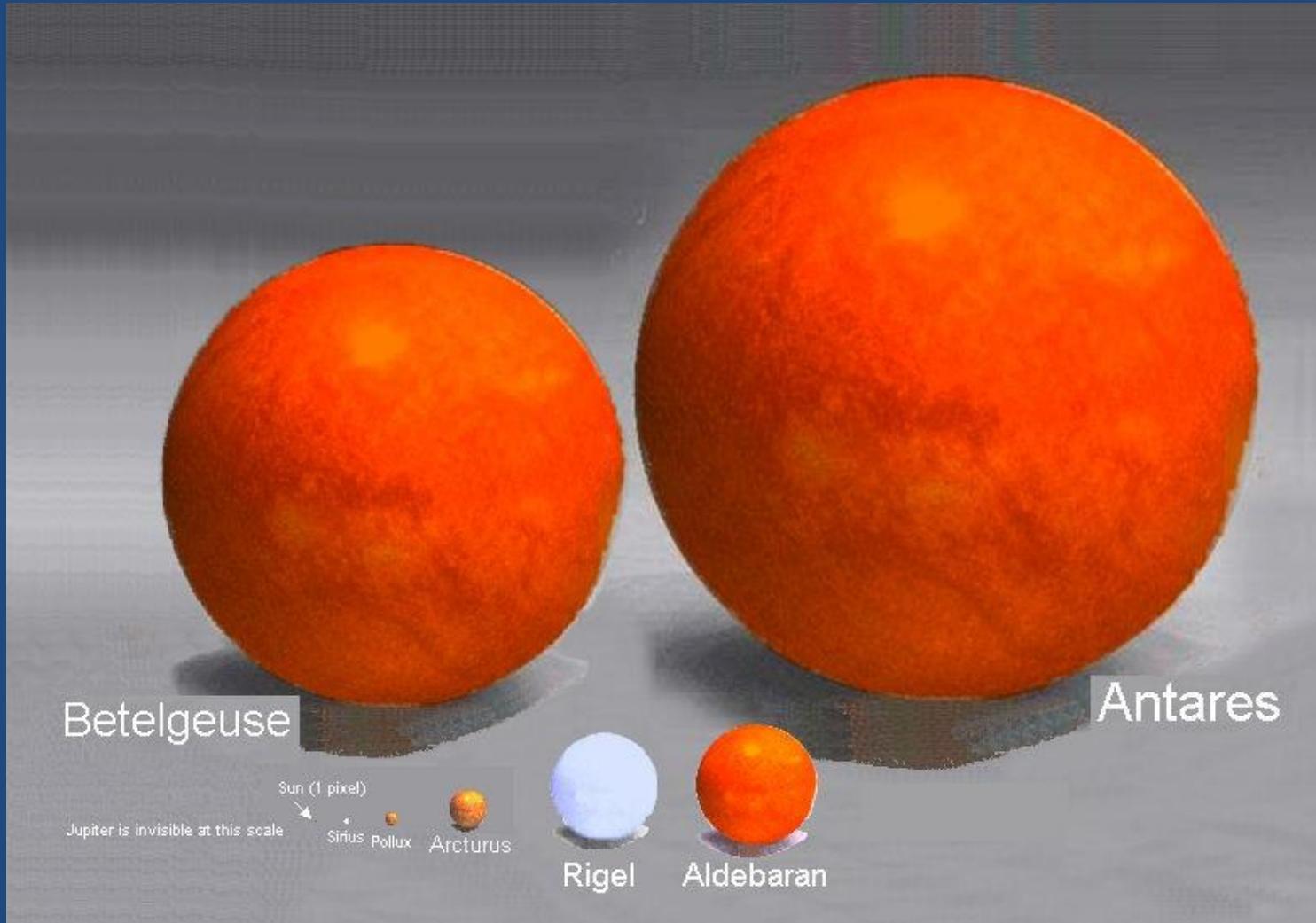
a voči Slnku ...

ked' už spomíname veľkosti ...



ďalšie hviezdy (slnká) mimo našej sústavy...

ked' už spomíname veľkosti ...



... a ďalej mimo našej sústavy ...

vynikajúce video: <https://www.youtube.com/watch?v=Ny8aUYiwrnI>

# matematický aparát vo fyzike

## nezľaknite sa ho !!!

skalárne veličiny (majú iba veľkosť)  
(čas, teplota,...)

$$t$$

vektorové veličiny (majú veľkosť aj smer)  
(sila, rýchlosť, ...)

$$\vec{F}$$

tenzorové veličiny (zovšeobecnením vektora –  
veličina má viacej rozmerov)  
(tenzor napäcia, ... )

$$\bar{T}$$

# matematický aparát vo fyzike

## nezľaknite sa ho !!!

Často sa používajú derivácie a integrály.

Derivácie sú jednoducho povedané zmeny veličín na veľmi malých úsekokoch.

$$v = \frac{ds}{dt} = s' \quad [m \cdot s^{-1}]$$

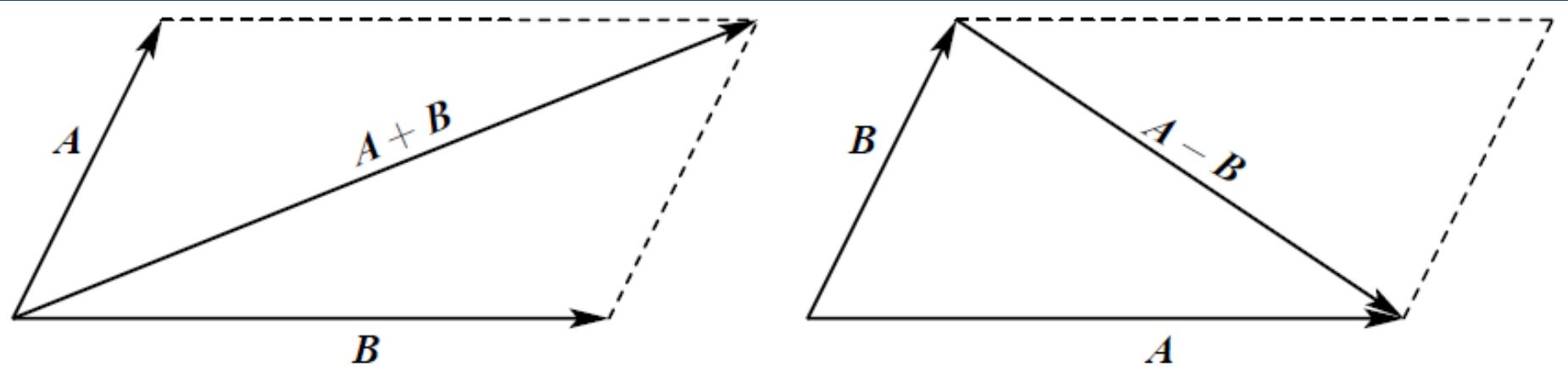
$\frac{\partial \phi}{\partial x}$  - tzv. parciálna derivácia

Integrály sú jednoducho povedané sumy veličín na určitých úsekokoch (dráhach).

$$A = \int_S \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad [J]$$

# matematický aparát vo fyzike

Súčet a rozdiel vektorov:



skalárny súčin vektorov (výsledok je skalár=číslo)

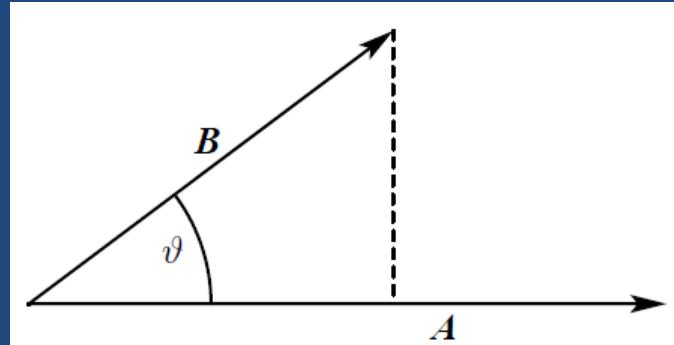
$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = |\mathbf{A}| |\mathbf{B}| \cos \vartheta.$$

vektorový súčin vektorov (výsledok je vektor)

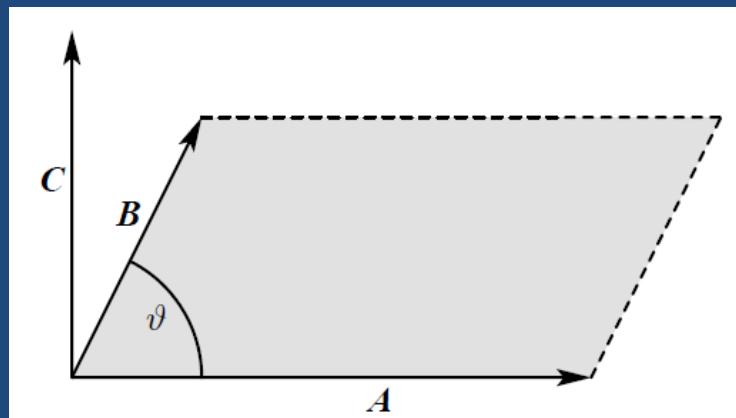
$$\mathbf{C} = \mathbf{A} \times \mathbf{B}, \quad |\mathbf{C}| = |\mathbf{A}| |\mathbf{B}| \sin \vartheta$$

Okrem toho môžeme násobiť vektor číslom (skalárom).

Geometrický význam:  
skalárny súčin vektorov (priemet vektora)



vektorový súčin vektorov (plocha kosodížnika)

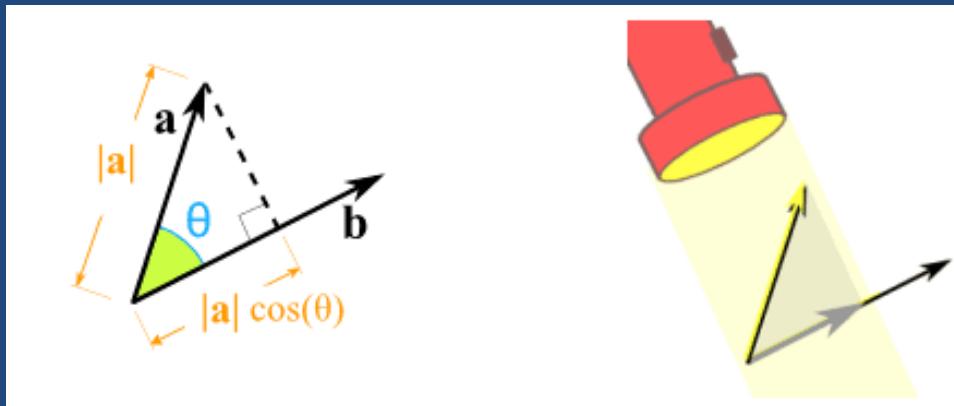


## Doplňujúce poznámky ku skalár. a vektor. súčinu (1/4):

Prečo sa v týchto súčinoch vyskytujú  $\sin()$  a  $\cos()$ ?

- lebo tu vznikla potreba nejakým spôsobom popísať úlohu uhla, ktorý dva vektory zvierajú.

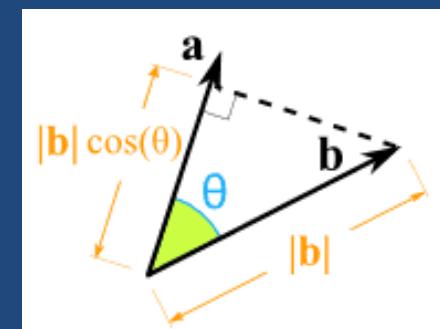
V prípade zavedenia skalárneho súčinu dvoch vektorov existovala potreba vyjadrenia priemetu jedného vektora do smeru druhého vektora – na to sa hodí  $\cos()$ :  $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \cos(\theta)$



- skalárny súčin je komutatívny:  $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = \mathbf{b} \cdot \mathbf{a}$

$$|\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \cos(\theta) = |\mathbf{a}| \cos(\theta) |\mathbf{b}|$$

- skalárny súčin sa celý deje v rovine, v ktorej ležia oba vektory (nedeje sa v priestore).



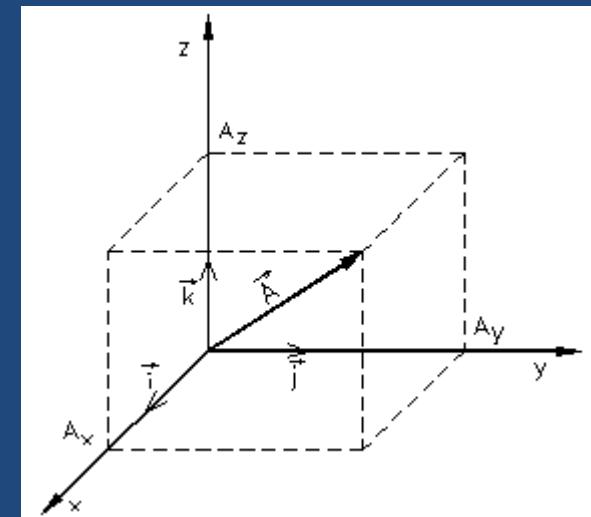
## Doplňujúce poznámky ku skalár. a vektor. súčinu (2/4):

Zápis vzťahu pre skalárny súčin v inom tvare:

V kartézskom súradnicovom systéme poznáme tzv. jednotkové vektory  $\mathbf{i}$ ,  $\mathbf{j}$  a  $\mathbf{k}$ , pomocou nich vieme napísať každý vektor (aj vektory  $\mathbf{A}$  a  $\mathbf{B}$ ) v tvare:

$$\mathbf{A} = A_x \mathbf{i} + A_y \mathbf{j} + A_z \mathbf{k}$$

$$\mathbf{B} = B_x \mathbf{i} + B_y \mathbf{j} + B_z \mathbf{k}$$



Po realizácii skalárnych súčinov jednotlivých členov dostaneme:

$$(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}) = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$$

(pričom sme využili tieto dôležité vlastnosti jednotkových vektorov):

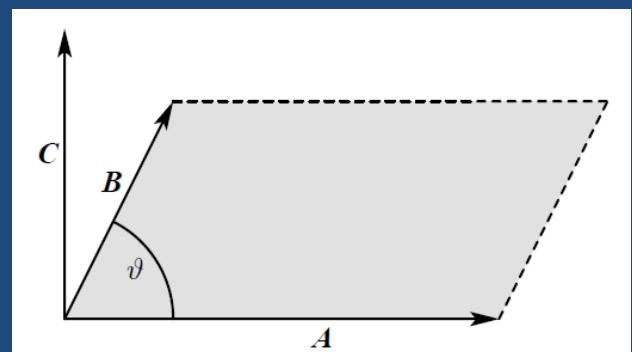
$$\begin{aligned}\mathbf{i} \cdot \mathbf{i} &= 1, \quad \mathbf{j} \cdot \mathbf{j} = 1, \quad \mathbf{k} \cdot \mathbf{k} = 1 \\ \mathbf{i} \cdot \mathbf{j} &= 0, \quad \mathbf{i} \cdot \mathbf{k} = 0, \quad \mathbf{j} \cdot \mathbf{k} = 0\end{aligned}$$

## Doplňujúce poznámky ku skalár. a vektor. súčinu (3/4):

A prečo je vo vektorovom súčine  $\sin()$ ?

- lebo pri predpoklade, že výsledkom tejto operácie bude vektor, kolmý na tie prvé dva (potrebovali sme sa dostať z roviny do priestoru), sa tu prosté viacej hodí funkcia síňus –  
keď budú pôvodné 2 vektory rovnobežné, tak sa „nebude diať“ nič nové“ ( $\sin 0^\circ = 0$ ), keď budú na seba kolmé, tak výsledok bude „maximálny“ ( $\sin 90^\circ = 1$ )

zároveň sa funkcia  $\sin()$  hodí na výpočet plochy rovnobežníka, ktorý tvoria pôvodné 2 vektory



## Doplňujúce poznámky ku skalár. a vektor. súčinu (4/4):

Zápis vzťahu pre vektorový súčin v inom tvare:

Opäť využijeme zápis pomocou jednotkových (elementárnych) vektorov:

$$\mathbf{A} = A_x \mathbf{i} + A_y \mathbf{j} + A_z \mathbf{k}$$

$$\mathbf{B} = B_x \mathbf{i} + B_y \mathbf{j} + B_z \mathbf{k}$$

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

zápis pomocou determinanta

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = (A_y B_z - B_y A_z) \mathbf{i} + (A_z B_x - A_x B_z) \mathbf{j} + (A_x B_y - A_y B_x) \mathbf{k}$$

(pričom sme aj tu využili tieto dôležité vlastnosti jednotkových vektorov):

$\mathbf{i} \times \mathbf{i} = 0$	$\mathbf{j} \times \mathbf{j} = 0$	$\mathbf{k} \times \mathbf{k} = 0$
$\mathbf{i} \times \mathbf{j} = \mathbf{k}$	$\mathbf{j} \times \mathbf{k} = \mathbf{i}$	$\mathbf{k} \times \mathbf{i} = \mathbf{j}$
$\mathbf{j} \times \mathbf{i} = -\mathbf{k}$	$\mathbf{k} \times \mathbf{j} = -\mathbf{i}$	$\mathbf{i} \times \mathbf{k} = -\mathbf{j}$

- vektorový súčin je antikomutatívny:  $\mathbf{A} \times \mathbf{B} = -\mathbf{B} \times \mathbf{A}$