

FYZIKA

Pro potápěče je důležité znát přírodní zákony, které určují princip potápění. Bez této znalosti je těžké porozumět pravidlům, které je třeba dodržovat pro zachování bezpečnosti tohoto sportu.

Rozdíl mezi prostředím nad a pod vodní hladinou, zvýšená viskozita a hustota vody umožní prožít stav bez tíže a schopnost pohybu ve třetí dimenzi.

Rozdíl v akustických podmínkách ztěžuje komunikaci pod vodou.

Rozdíl v optických podmínkách je změna objektů, zejména jejich barvy, velikosti a vzdálenosti.

Rozdíl v teplotní kapacitě vody, jejíž výsledkem je stála výměna tepla mezi potápěčem a okolní vodou, což způsobuje velkou zátěž termoregulačního systému lidského těla.

Méně zřetelné a tudíž možná zákeřnější rozdíly jsou důsledky tlaku vzduchu dýchaného v hloubce a jejich výsledný fyziologický dopad na potápěče.

Fyzika popisuje svět pomocí fyzikálních zákonů - popisuje i svět pod vodní hladinou.

I.

1) Mezinárodní soustava jednotek.

2) Vlastnosti kapalin a plynů.

3) Atmosférický,
hydrostatický a celkový tlak.

MEZINÁRODNÍ SOUSTAVA JEDNOTEK

Základní jednotky

VELIČINY		ZÁKLADNÍ JEDNOTKY SI	
Délka	l	Metr	m
Hmotnost	m	Kilogram	kg
Čas	t	Sekunda	s
Termodynamická teplota	T	Kelvin	K

Některé odvozené jednotky

Veličiny		Odvozené jednotky	
Plošný obsah	S	Čtvereční metr	m ²
Objem	V	Krychlový metr	m ³
Kmitočet	f	Hertz	Hz
Rychlost	v	Metr ze sekundu	m/s
Zrychlení	a	Metr za sekundu na druhou	m/s ²
Hustota	δ	Kilogram na krychlový metr	kg/m ³
Síla	F	Newton	N
Tíha	G	Newton	N
Tlak	P	Pascal	Pa
Energie	E	Joul	J
Teplo	Q	Joul	J
Práce	W	Joul	J
Výkon	P	Watt	W
Index lomu	n	jedna	

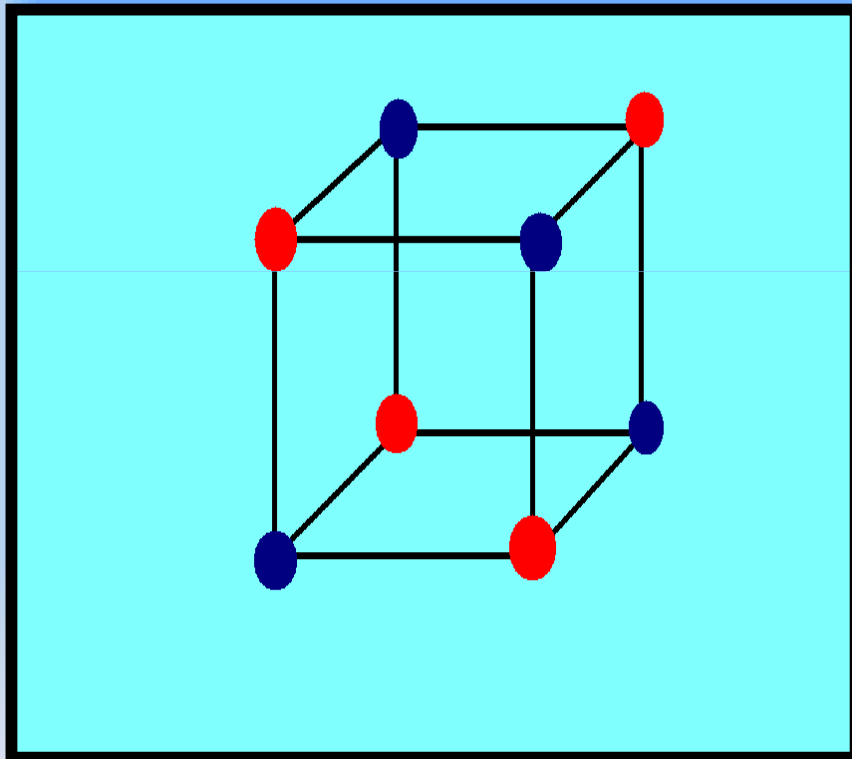
Některé zakázané jednotky

Zakázané jednotky		Převodní vztah k SI
Kilopond	kp	= 9,806 65 N
Bar (dočasně povolená jednotka)	bar	= 100 000 Pa
Technická atmosféra	at	= 98 066,5 Pa
Fyzikální atmosféra	atm	= 101 325 Pa
torr	Torr	= 133, 322 Pa

Předpony pro násobky a díly jednotek

Předpona		Význam
mega	M	1 000 000
kilo	k	1 000
hekto	h	100
deka	da	10
deci	d	0,1
centi	c	0,01
mili	m	0,001
mikro	u	0,000 001
nano	n	0,000 000 001

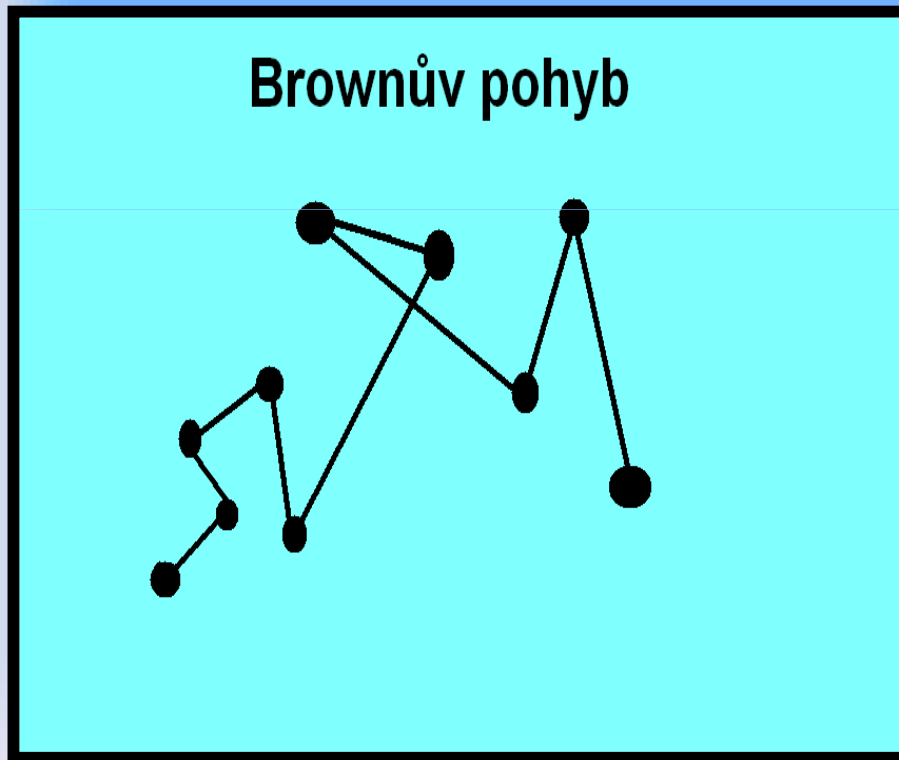
Vlastnosti kapalin a plynů



Většina tuhých látek má krystalické složení. Částice jsou v nich uspořádané pravidelně a tvoří prostorovou krystalickou mřížku, v nichž je každá částice vázána působením vnitřních sil na určitou rovnovážnou polohu. Každá molekula kmitá nepravidelně kolem rovnovážné polohy. Tyto kmity souvisí s teplotou tělesa.

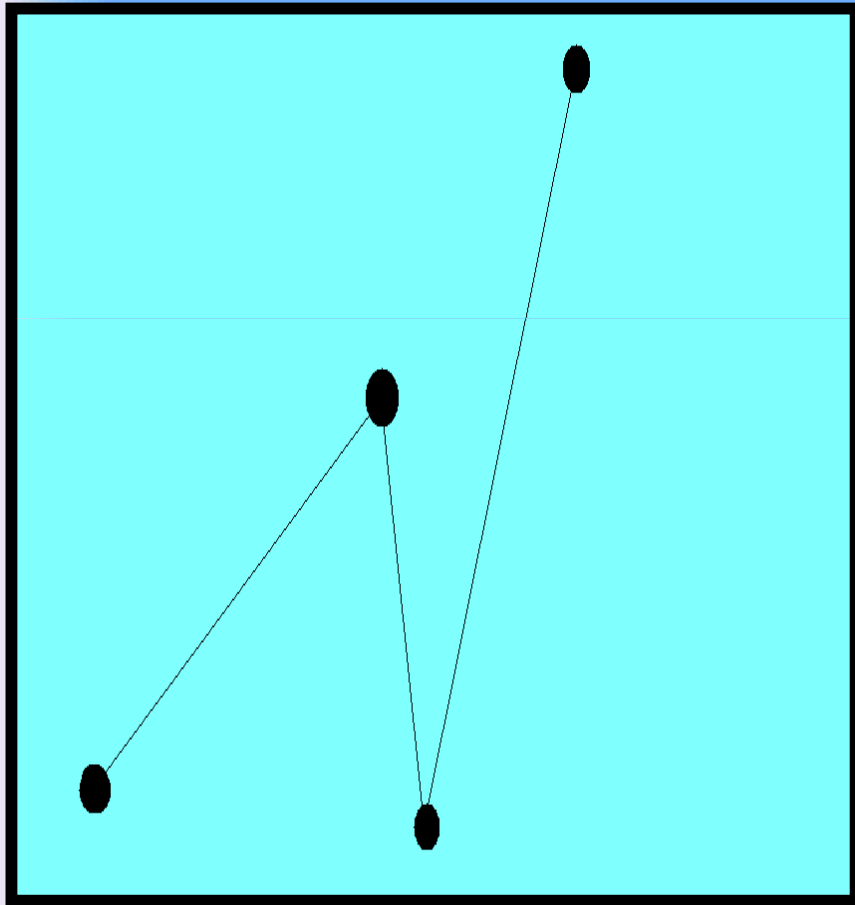
Kapaliny

- V kapalinách nejsou molekuly již vázány na určitou rovnovážnou polohu a konají neuspořádané pohyby. Ještě jsou však uloženy těsně a působí mezi molekulami vnitřní síly.



Plyny

- Dalším zahříváním se zvětšuje střední rychlost molekul i jejich vzdálenost. Molekuly opouštějí kapalinu a přechází ve skupenství plynné. V plynech jsou již vzdálenosti mezi molekulami tak velké, že síly mezi molekulami mají podřadnou úlohu.



SKUPENSTVÍ

PLYNY	<p>Plyn působením vnějších sil mění tvar i objem.</p> <p>Je stlačitelný!</p>
KAPALINY	<p>Kapalina působením vnějších sil mění tvar, avšak nemění objem.</p> <p>Je nestlačitelná!</p>
PEVNÉ LÁTKY	<p>Působením vnějších sil nemění tvar ani objem.</p>

HUSTOTA

Hustotu vyjadřujeme pomocí hmotnosti tělesa dělené jeho objemem.

VODA

**1000 kg / m³
(1020 až 1030 kg / m³)**

VZDUCH

1,25 kg / m³

TLAK v tekutinách

Tlak vyjadřujeme pomocí síly, která pod jeho vlivem působí na jednotku plochy. Jednotkou síly je **NEWTON**, jednotkou plochy **ČTVERČNÍ METR**. Jednotkou tlaku je tudíž pascal.

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

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ 000 kPa} = 1 \text{ 000 000 Pa}$$

BAROMETRICKÝ TLAK

Barometrický tlak je vyvolán tím, že horní vrstvy vzdušného obalu Země (atmosféry) tlačí na vrstvy nižší. U hladiny moře se obvykle nacházíme v tzv. normálním barometrickém tlaku (b_0), jehož velikost je asi 100 kPa. Při výstupu do větších nadmořských výšek nebo při letu letadlem (i v jeho přetlakové kabině bývá tlak snižován) se okolní tlak zmenšuje, poněvadž se zmenšuje výška vzduchových vrstev.

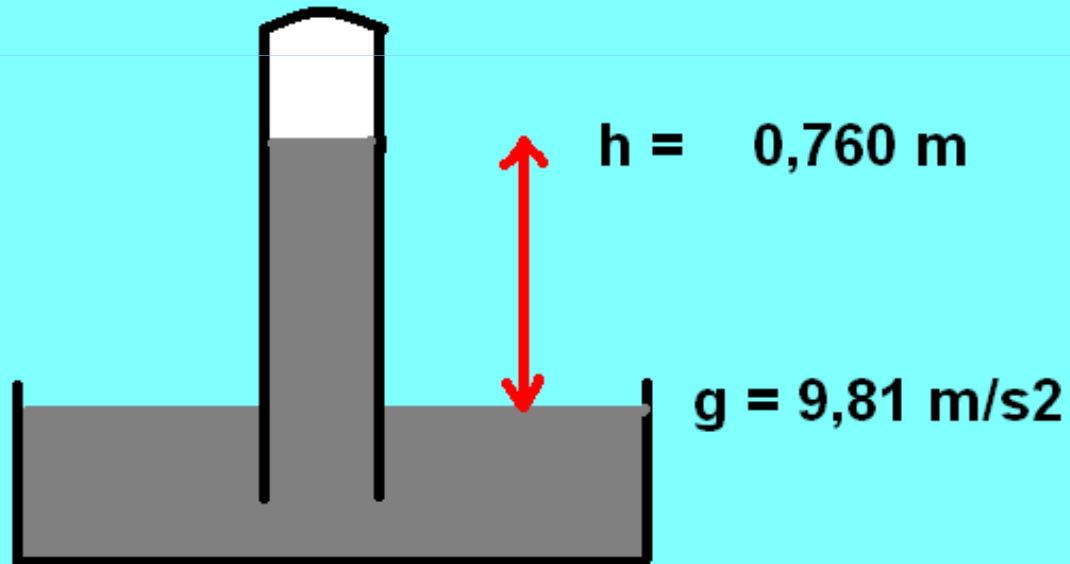
$$b_0 = 0,1 \text{ MPa} = 1 \text{ bar} = 1 \text{ atm} = 1 \text{ kP/cm}^2 = 760 \text{ torr}$$

Torricelliho pokus

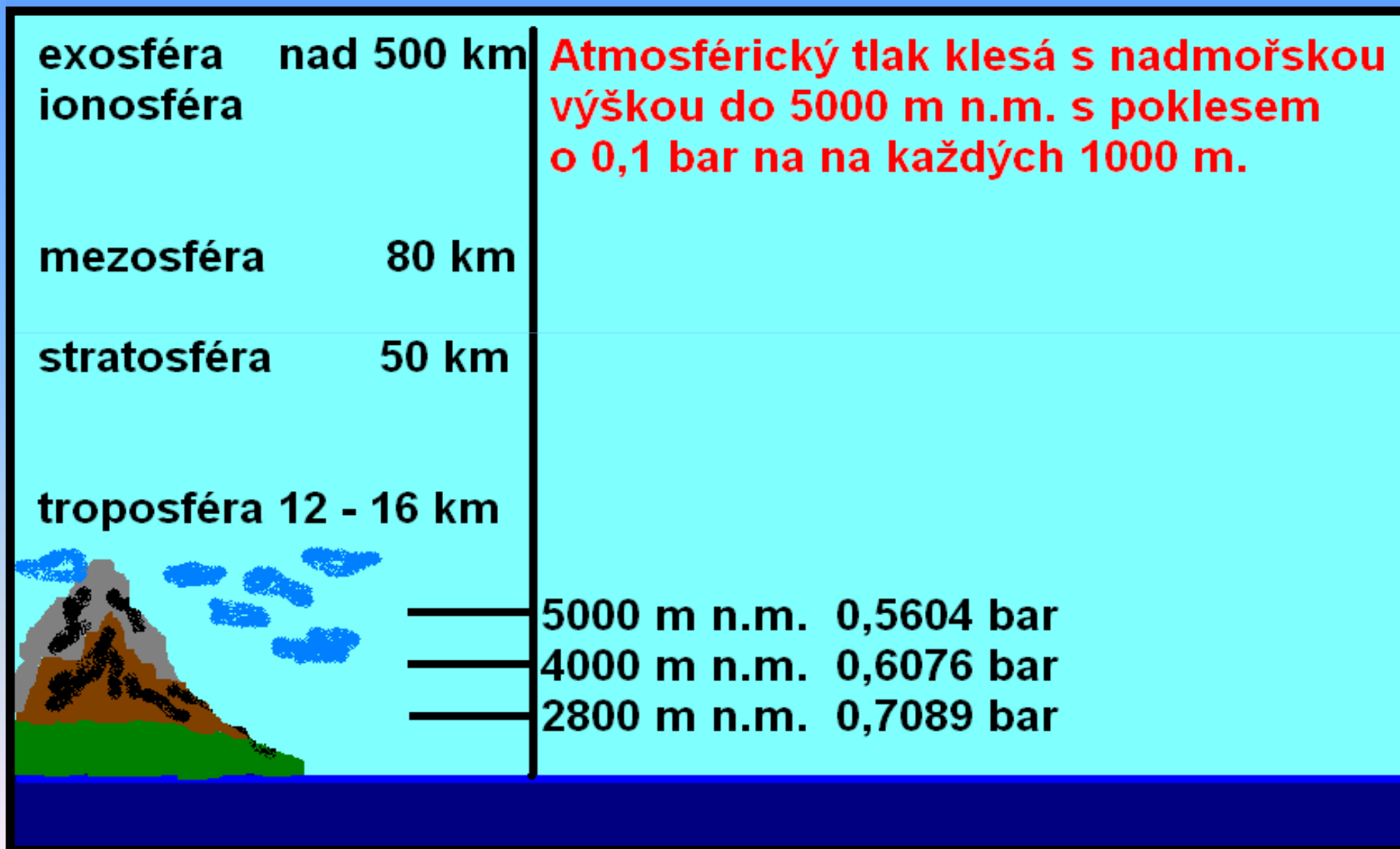
$$b_o = h \times \text{hustota rtuti} \times g$$

$$b_o = 0,760 \times 13590 \times 9,81 = 101321 \text{ Pa} = 1013,2 \text{ hPa}$$

hustota rtuti
13590 kg/m³



Barometrický tlak v závislosti na nadmořské výšce



HYDROSTATICKÝ TLAK

Sestoupíme-li pod vodní hladinu, je nárůst tlaku s hloubkou mnohem větší než jeho změna s výškou ve vzduchu. Je to dáno tím, že vodní vrstvy nad námi jsou podstatně těžší. Voda má přibližně 800krát větší hustotu než vzduch. Při sestupu do hloubky 10 m vzroste okolní tlak o stejnou hodnotu, jako měl na hladině – tedy o další 0,1 MPa.

**Přírůstek tlaku ve vodě je přímo úměrný hloubce.
Tlak narůstá o 0,01 MPa na každý metr hloubky.
Hydrostatický tlak označujeme P_h .**

Výpočet hydrostatického tlaku

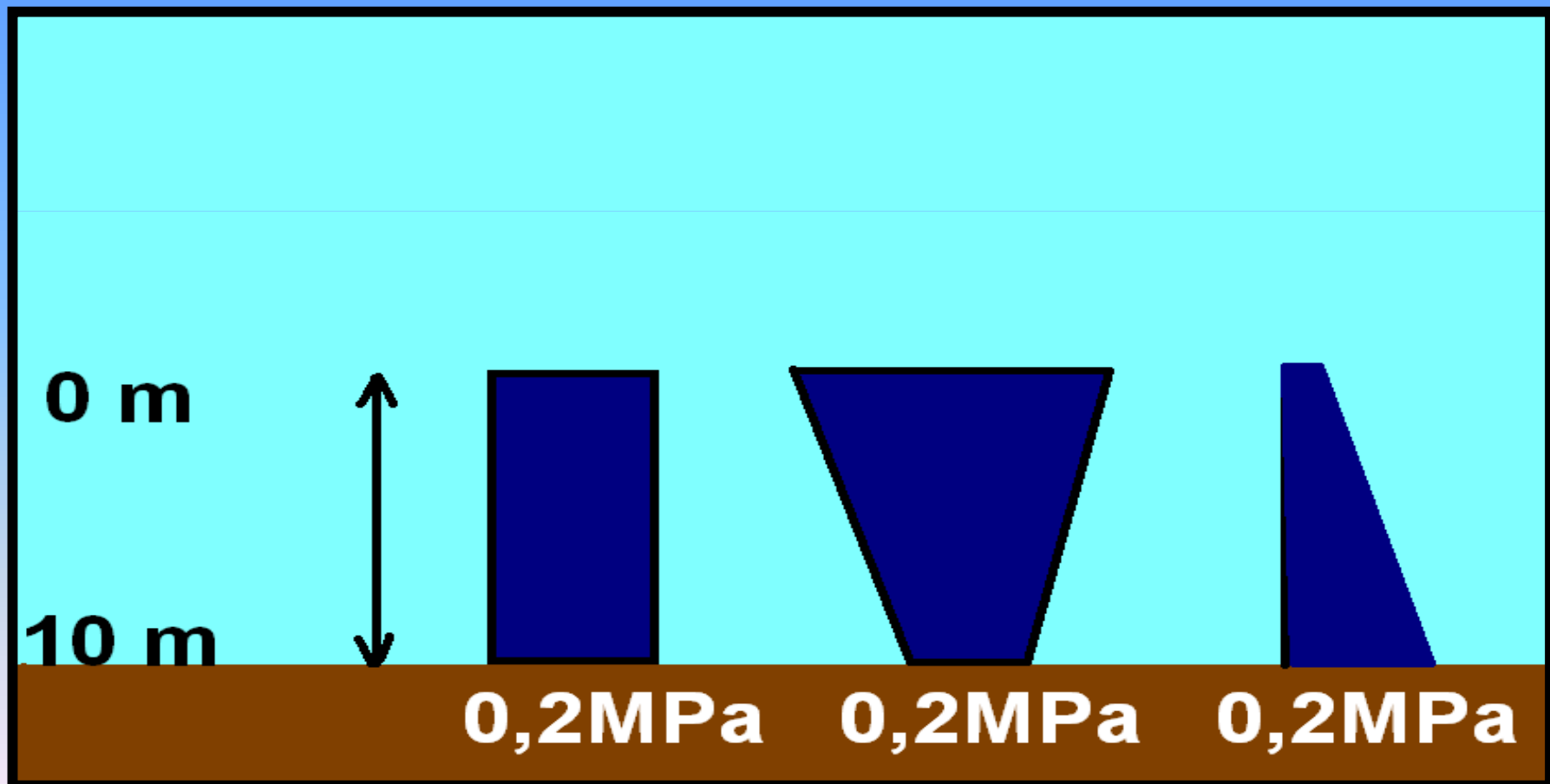
$$P_h = h \times \rho \times g$$

$$10 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 = 100\,000 \text{ Pa}$$

$$20 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 = 200\,000 \text{ Pa}$$

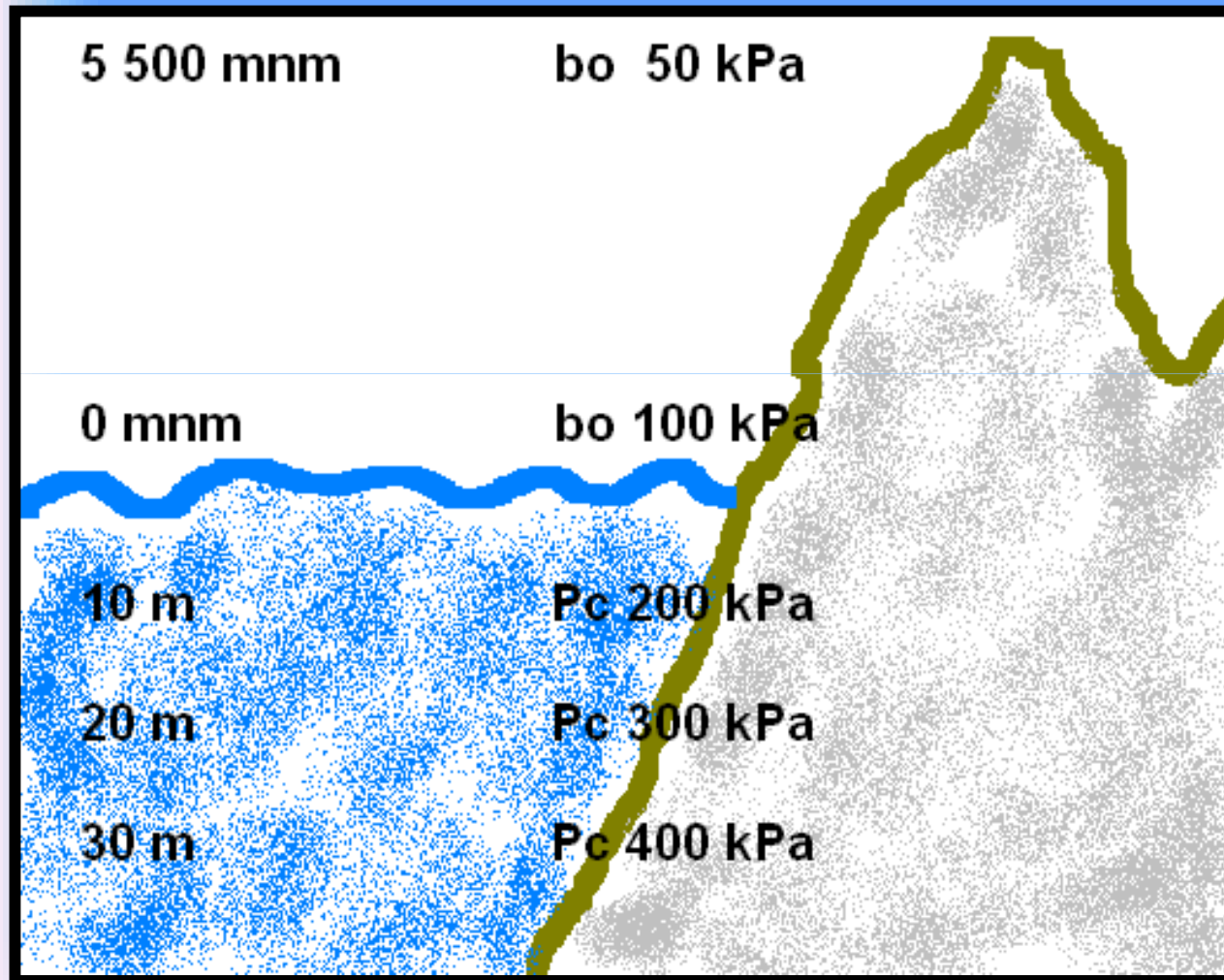
Hydrostatické paradoxon

tlak u dna je ve všech nádobách stejný, ač množství a tím i tíha vody je různá.



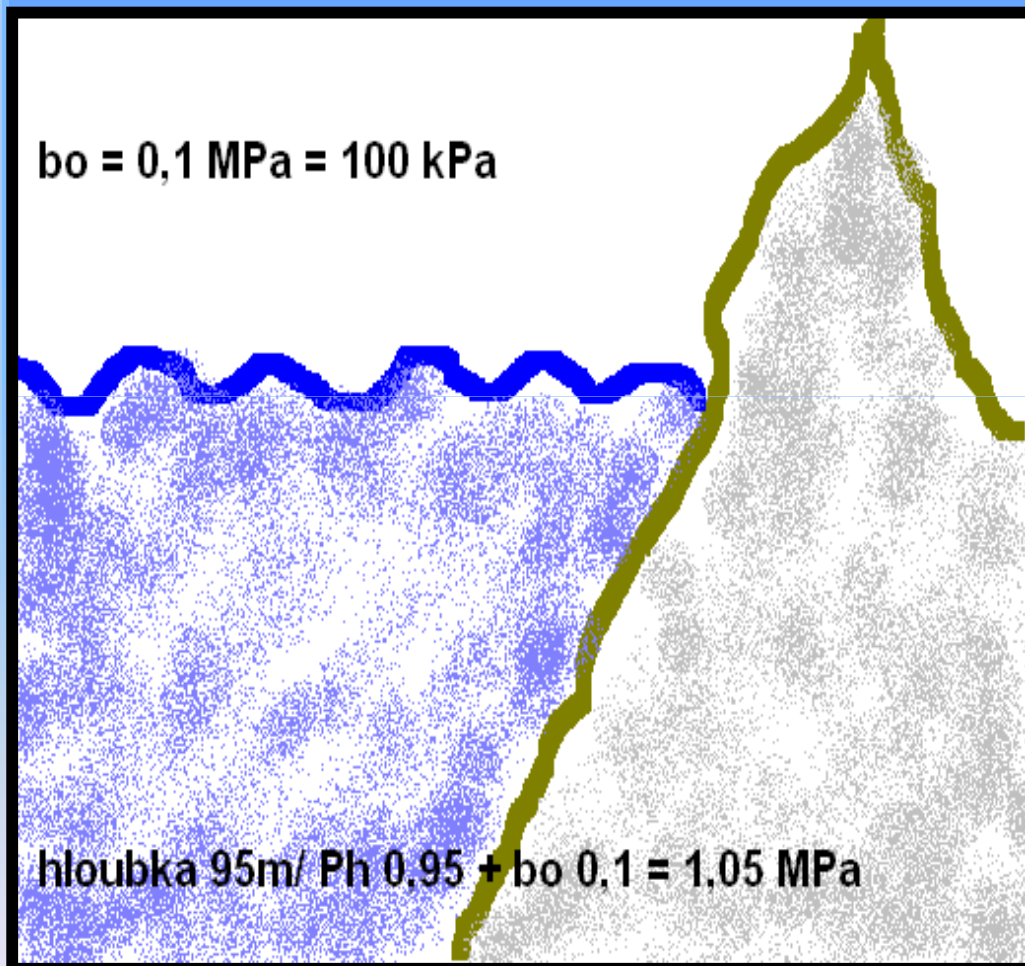
CELKOVÝ TLAK

$$P_c = P_h + b_o$$



- Pokud chceme znát celkový tlak, který v určité hloubce působí na potápěče a jeho výstroj, musíme vzít v úvahu také skutečnost, že k tlaku vyvolanému tíhou vody se přičítá tlak panující na hladině.

Procvičíme si nyní tento výpočet stanovením celkového tlaku v hloubce 95 m.



$$P_h = 95 \text{ m} \times 0,01 = 0,95 \text{ MPa}$$

$$P_c = P_h + b_0$$

$$P_c = 0,95 + 0,1 \text{ MPa} = 1,05 \text{ MPa} \\ = 1050 \text{ kPa}$$

DŮSLEDKY ZVÝŠENÉHO TLAKU

- **PEVNÝMI VNĚJŠÍMI STĚNAMI**
- **VNITŘNÍM TLAKEM O STEJNÉ VELIKOSTI JAKO MÁ OKOLNÍ TLAK**
- Při sportovním potápění je převážně využíván druhý způsob ochrany, kdy uvnitř organismu potápěče i technických zařízení je udržován tlak, který je shodný s tlakem okolí.
- Přímé účinky zvyšujícího se tlaku se projevují pouze u tělesných dutin s plynným obsahem, v nichž je nutno vyrovnávat tlak s tlakem okolí.

II.

- 1) Teplo a Teplota.**
- 2) Stavová rovnice plynů.**

Teplota

- Teplota je stavová veličina, která vyjadřuje tepelný stav látek a těles, a to přesnou číselnou hodnotou.

Teplotní stupnice

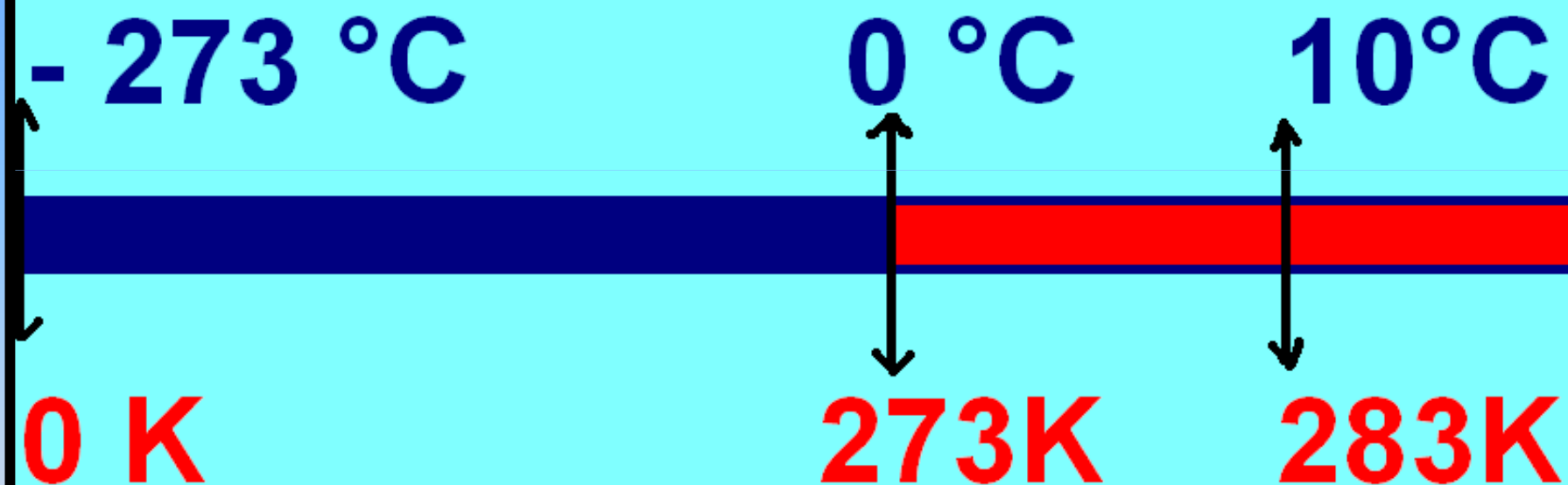
- Celsiova °C
- Fahrenheitova °F
- Termodynamická teplota K

Teplota a tepelné jevy

- Jsou projevem neustálého neusprádaného pohybu molekul, z nichž jsou látky složeny.
- Při vyšší teplotě se molekuly pohybují rychleji, při nižší pomaleji. Ochlazujeme-li tedy látku stále více, pohyb molekul se zpomaluje a teplota klesá. Při teplotě - 273,15 °C pohyb ustane úplně; dosáhli jsme nejnižší možné teploty. Další ochlazování již není možné.

Termodynamická teplotní stupnice

Celsiova teplotní stupnice



Termodynamická teplotní stupnice

Přepočítání Celsiovy teploty na Termodynamickou

$$T = t + 273 \text{ K}$$

T = termodynamická teplota / K /

t = Celsiova teplota / °C /

Příklad

Určete termodynamickou teplotu bodu varu vody?

$t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, počítáme $T = ?$

$$T = t + 273\text{ K}$$

$$T = 100\text{ }^{\circ}\text{C} + 273\text{ K} = \underline{373\text{ K}}$$

Příklad

Termodynamická teplota plynu
je 400 K; určete Celsiovu
teplotu?

$$t = T - 273K$$

$$t = 400 \text{ K} - 273 \text{ K} = \underline{127^\circ\text{C}}$$

Teplo

- Energie tepelného pohybu molekul a atomů je částí vnitřní energie.

(Dalšími složkami vnitřní energie jsou například energie chemická, jaderná a jiné.)

- Vnitřní energii je možno zvětšovat konáním práce; výsledek se projeví zvýšením teploty tělesa.

Práci lze vykonat dvojm způsobem

1

Konáme mechanickou práci, např. stlačujeme-li plyn v nádobě pístem. Zvětšení vnitřní energie se projeví zvýšením teploty.

2

Necháme pracovat molekuly. Tento případ nastává, když se chladnější těleso stýká z teplejším. Molekuly teplejšího tělesa konají práci tím, že narážejí velkou rychlostí na pomalé molekuly chladnějšího tělesa a uvádějí je do rychlejšího pohybu.

Teplo je tedy zvláštní forma práce.

Teplo jako všechny druhy energie
měříme v joulech / J /.

Tepelný výkon (teplo za jednotku
času) ve wattech / W /.

Tepelná kapacita těles

Měrná tepelná kapacita

- Teplo potřebné pro zvýšení teploty tělesa o 1 K nazýváme tepelnou kapacitou.
- Teplo potřebné pro ohřátí 1kg látky o 1 K nazýváme měrnou tepelnou kapacitou.

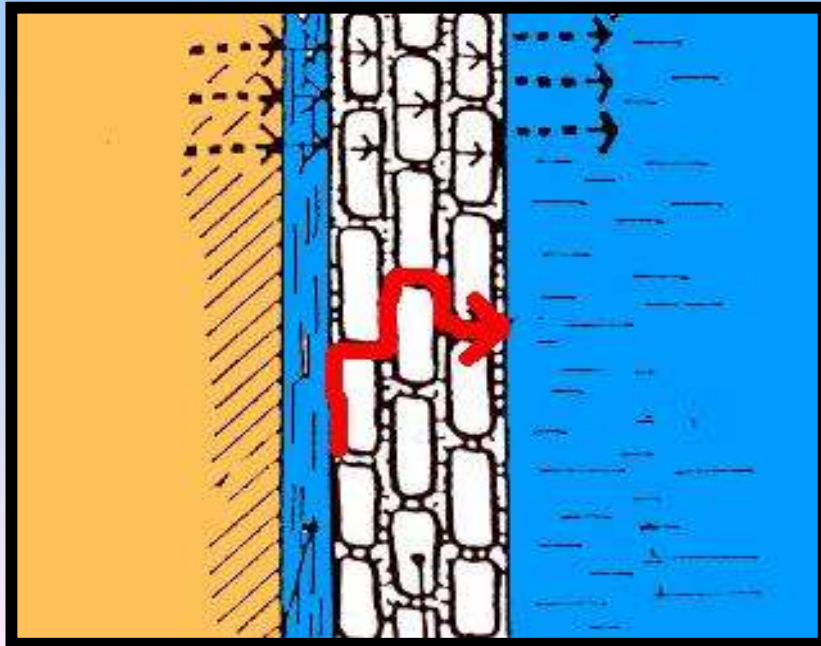
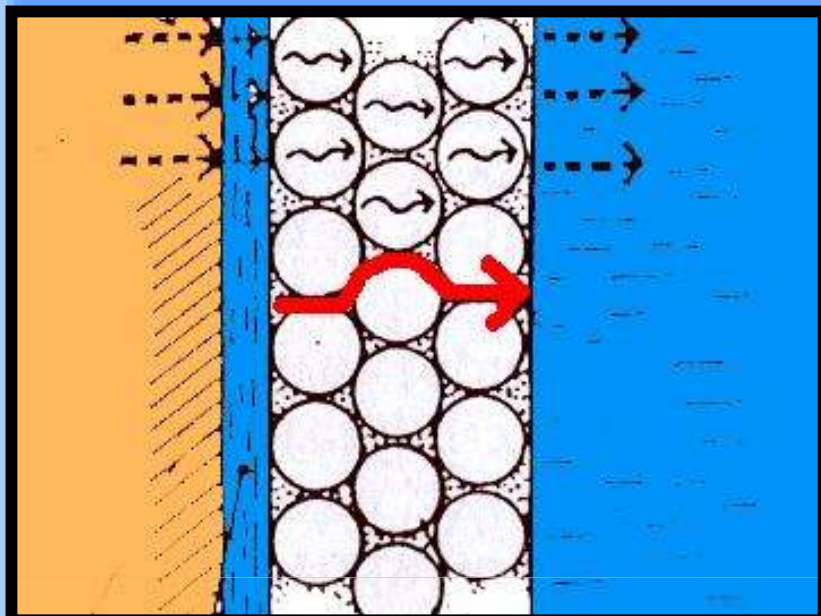
Měrná tepelná kapacita a tepelná vodivost látek

Látka	Měrná tepelná kapacita	Tepelná vodivost
Vzduch	1,006	0,025
Hélium	5,230	0,142
Voda	4,18	0,598
Pěnový neopren	1,381	0,076

Přenos tepla

Zářením	V podobě elektromagnetických vln se šíří teplo ve vzduchoprázdnu (např. ze Slunce na Zemi), ale i jinde (infrazářiče, teplomety).
Vedením	Vedením se sdílí teplo v tuhých látkách. Závisí na tepelné vodivosti a je úměrné teplotnímu rozdílu a obsahu plochy materiálu přenášejícího teplo.
Prouděním	Sdílení tepla prouděním (neboli konvekcí) nazýváme všechny případy, sdílení tepla, kdy dochází k proudění látky podílející se na sdílení. Zvláštním případem konvekce je přenos tepla v důsledku odpařování nebo kondenzace.

Prostup tepla mokrým neoprenovým oblekem



- Oblek je zhotoven ze syntetické pěnové neoprenové pryže. Materiál je vyroben tak, že bublinky v pěnové struktuře jsou uzavřené a nenasakují vodu.
- Teplo je vedeno jednak plynem v bublinkách, jednak materiálem.
- Bublinky mají trojí význam. Prodlouží dráhu, kterou musí teplo procházet, zmenší průřez pryže, který vede teplo a mají podstatně nižší tepelnou vodivost než pryž.
- Když tloušťka materiálu klesá v důsledku stlačení plynu v bublinkách. Délka dráhy, kterou musí procházet teplo při vedení pryží, ani její průřez se nezmění. Proto ta část tepla, která je vedena pryží, zůstane beze změn. Zvětší se pouze vedení tepla bublinkami plynu, které mají menší tloušťku.

Stavová rovnice

Stavové veličiny

teplota	T	K
tlak	P	Pa
objem	V	m³

- Zcela přesně platí pro ideální plyn.
- Během děje nesmíme množství plynu měnit (doplňovat, nechat unikat).

STAVOVÁ ROVNICE PLYNŮ

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

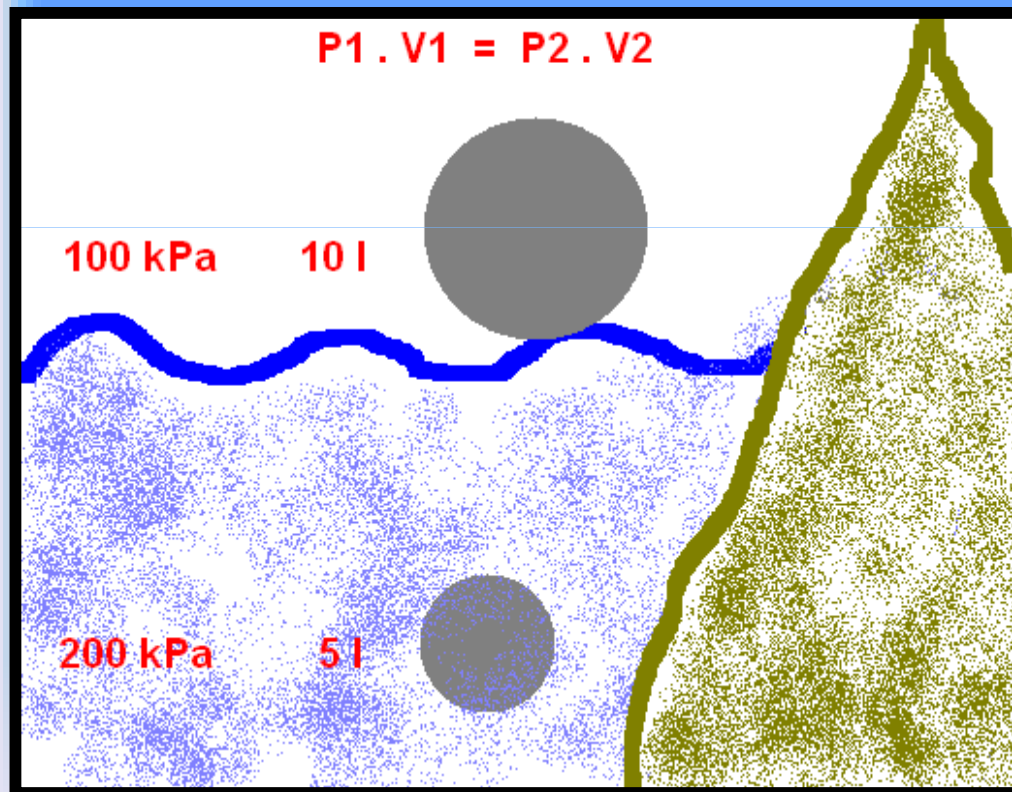
Izotermická změna

Boylův - Mariottův zákon

$$P1 \times V1 = P2 \times V2$$

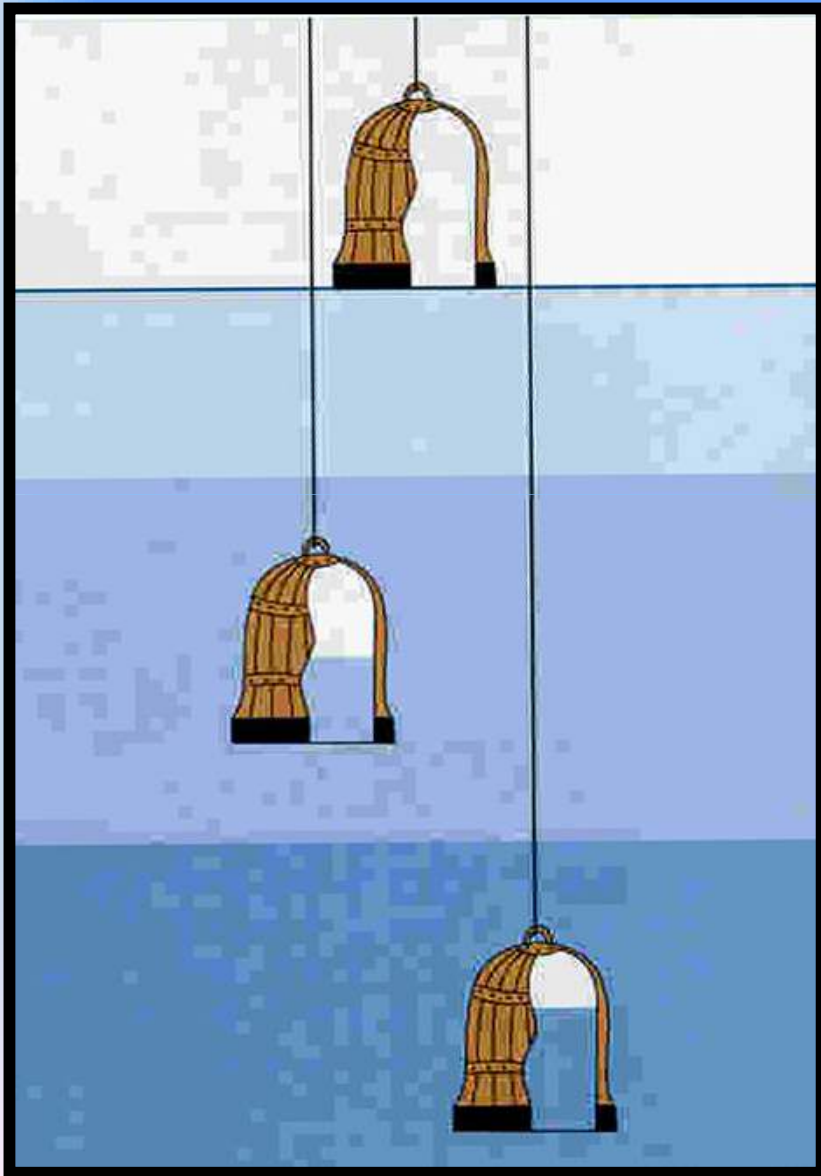
BOYLŮV A MARIOTTŮV ZÁKON

KOLIKRÁT SE ZVĚTŠÍ OKOLNÍ TLAK, TOLIKRÁT SE ZMENŠÍ OBJEM PLYNU.



$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

STLAČOVÁNÍ PLYNŮ



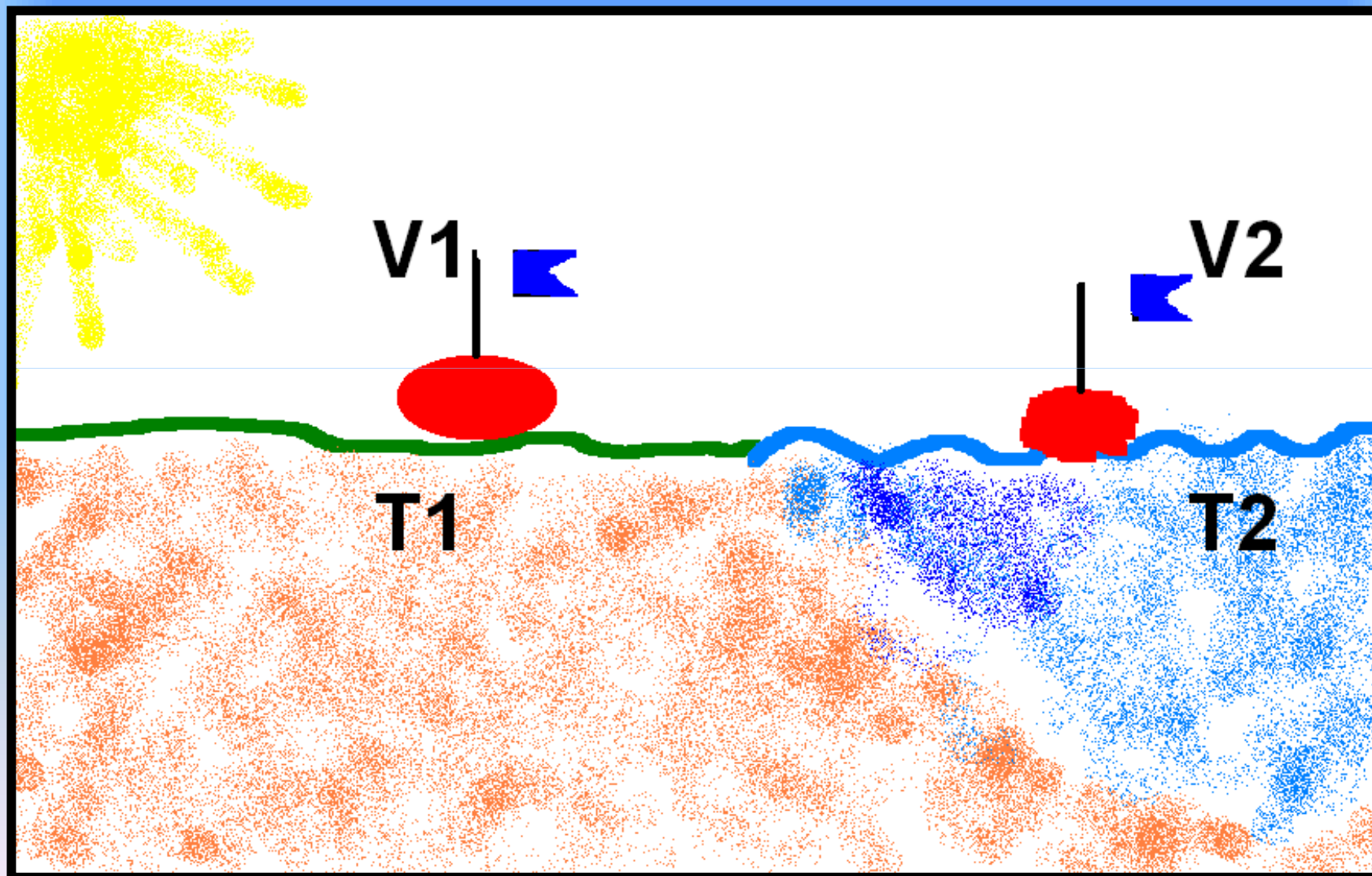
- Vlivem zvyšující se tlakové síly (sestup) se plyny stlačují a přitom zmenšují svůj objem. Při poklesu okolního tlaku (výstup) se plyny naopak rozpínají.

Izobarická změna

Gay - Lucasův zákon

$$\frac{V1}{T1} = \frac{V2}{T2}$$

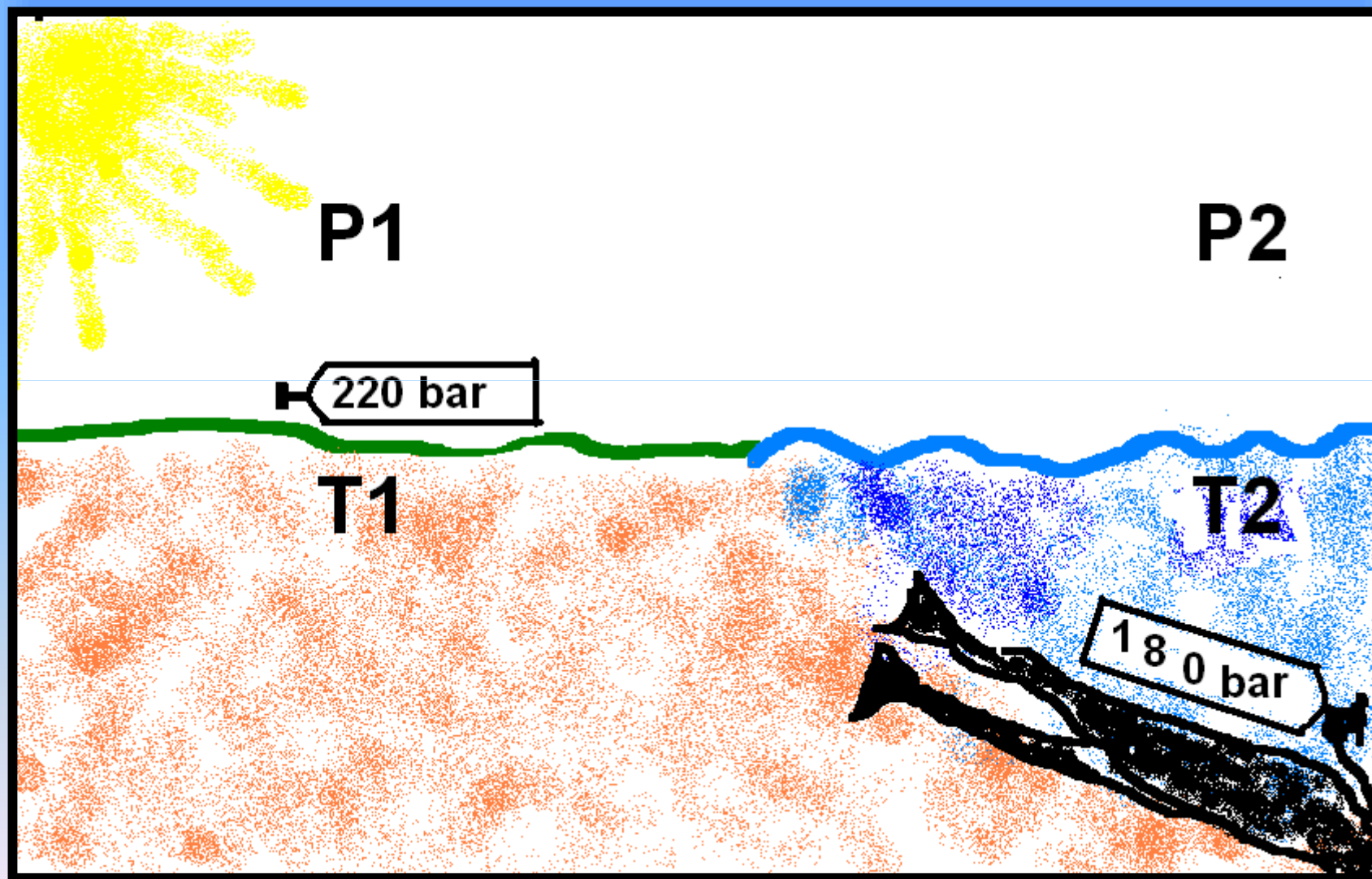
Příklad



Izochorická změna Charlesův zákon

$$\frac{P1}{T1} = \frac{P2}{T2}$$

Příklad



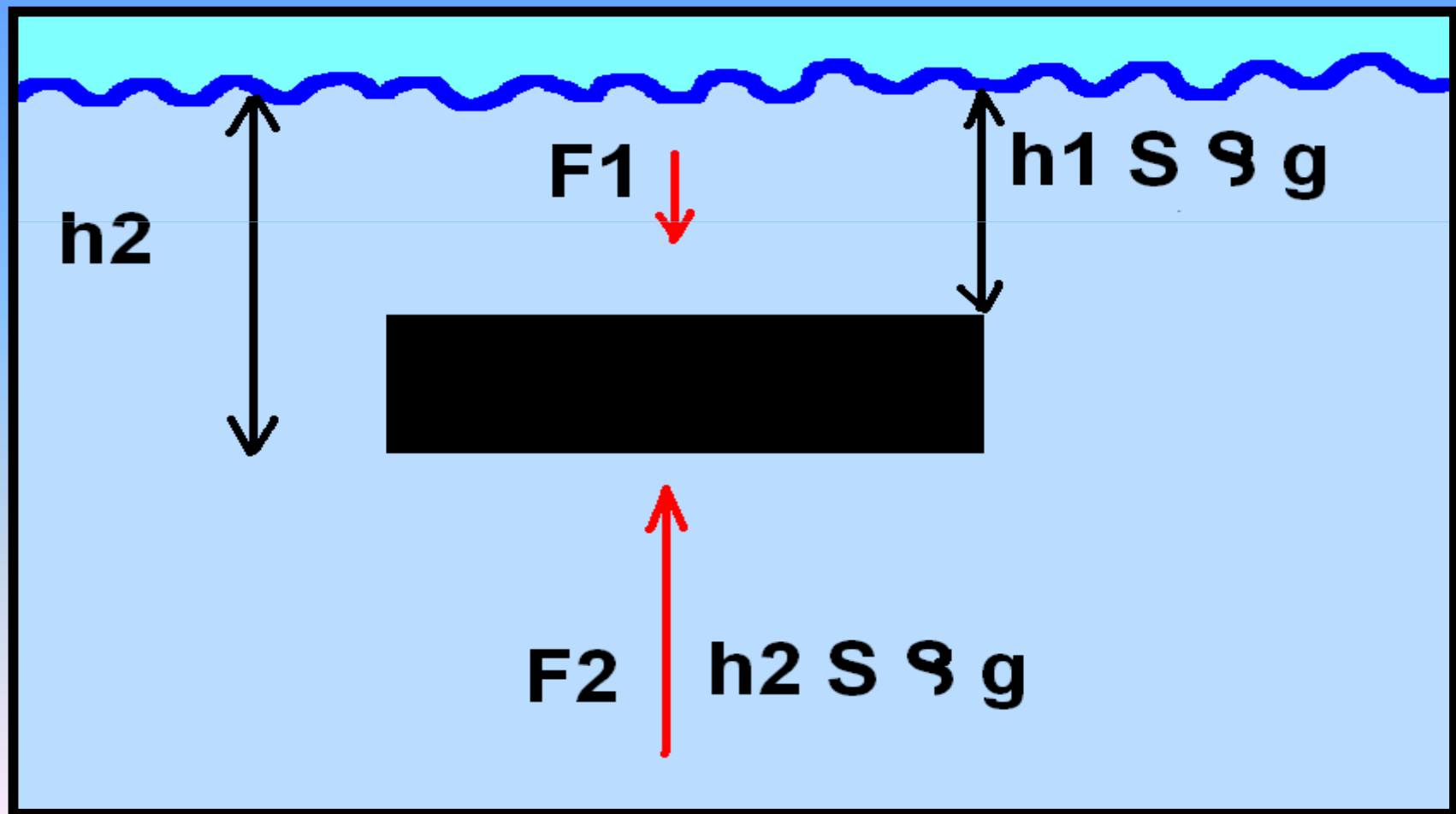
III.

**1) Nadlehčování
těles
v tekutinách.**

**2) Odpor při pohybu
ve vodě.**

Nadlehčování těles v tekutinách

$$F_vz = F_2 - F_1$$



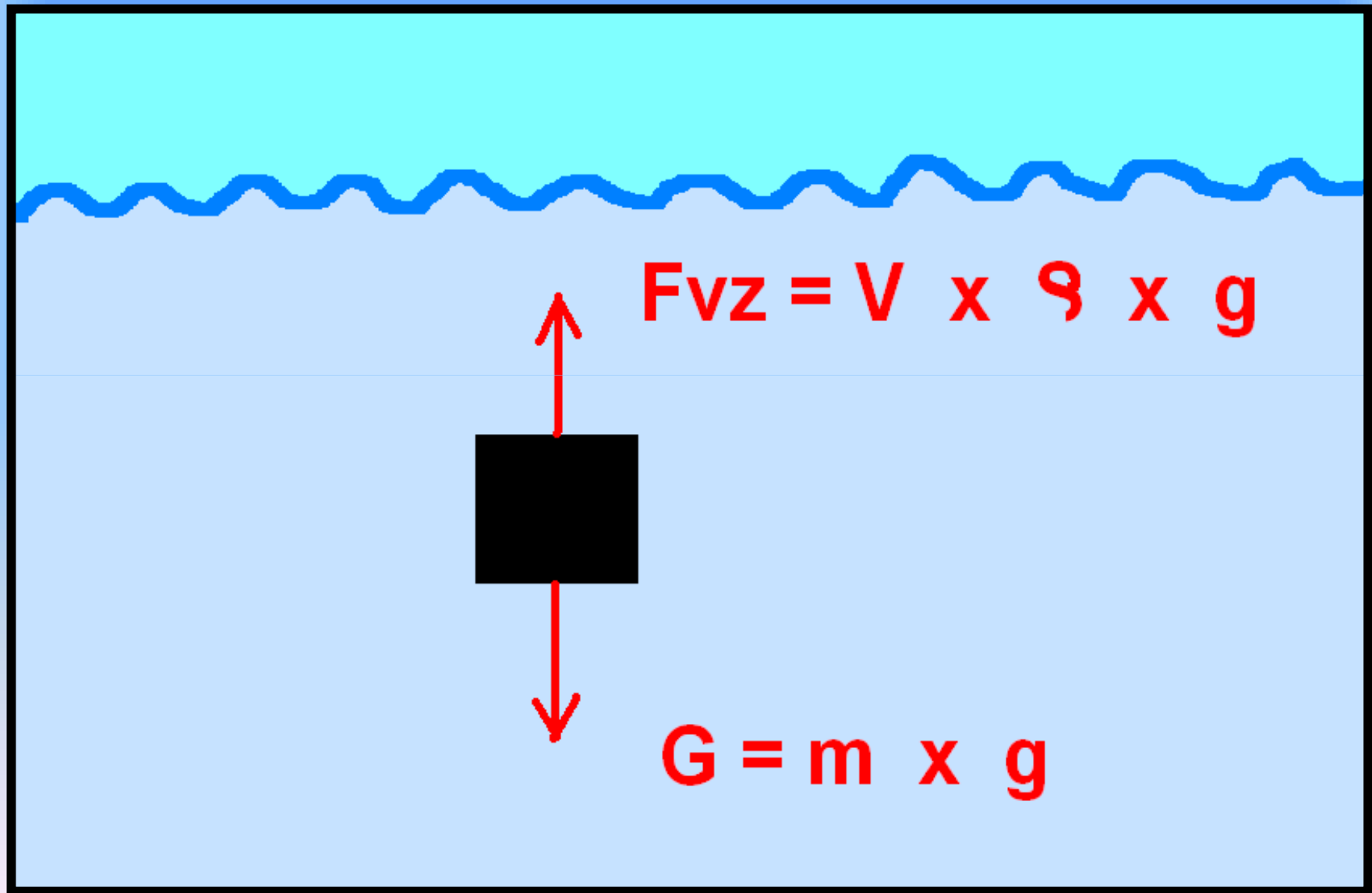
Archimédův zákon

$$F_{vz} = V \times \rho \times g$$

V	objem	m ³
ρ	hustota	kg/m ³
g	tíhové zrychlení	m/s ²

Každé těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno silou, která se rovná tíze kapaliny stejného objemu, jako má ponořené těleso.

Příklad



A) $F_{vz} > G$

plove



B) $F_{vz} = G$

vznáší



C) $F_{vz} < G$

klesá



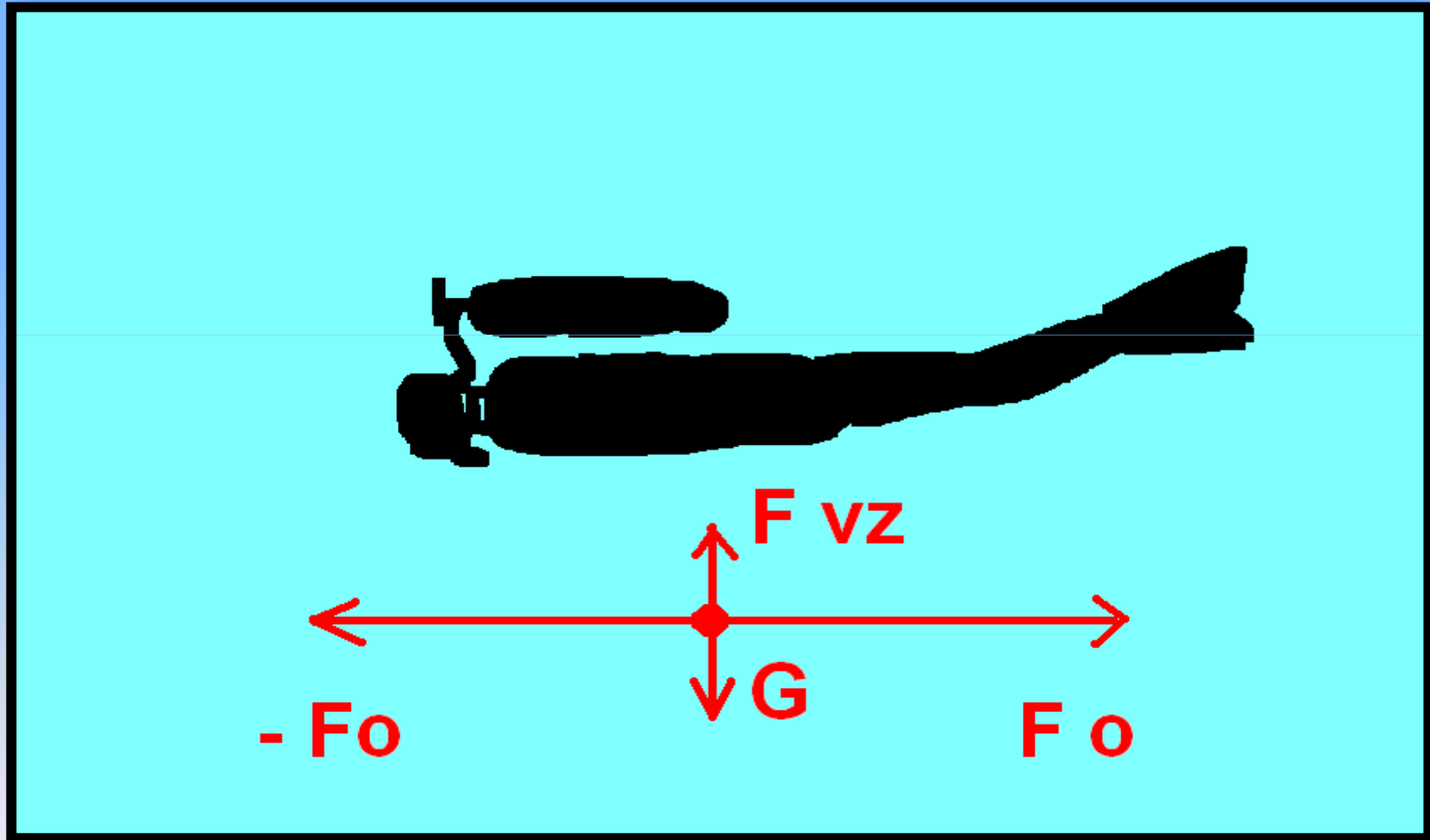
Odpor při pohybu ve vodě

- Ze zkušenosti víme, že kapalina nebo plyn kladou pohybujícímu se tělesu odpor.
- Tento odpor se projevuje silou směřující proti směru pohybu. Příčiny odporu jsou víry, které za sebou zanechává pohybující se těleso. Vzniku víru nedovedeme zabránit, můžeme je pouze omezit. Například pohybuje-li se těleso velmi pomalou rychlostí, je vliv víru nepatrný a odpor prostředí malý.

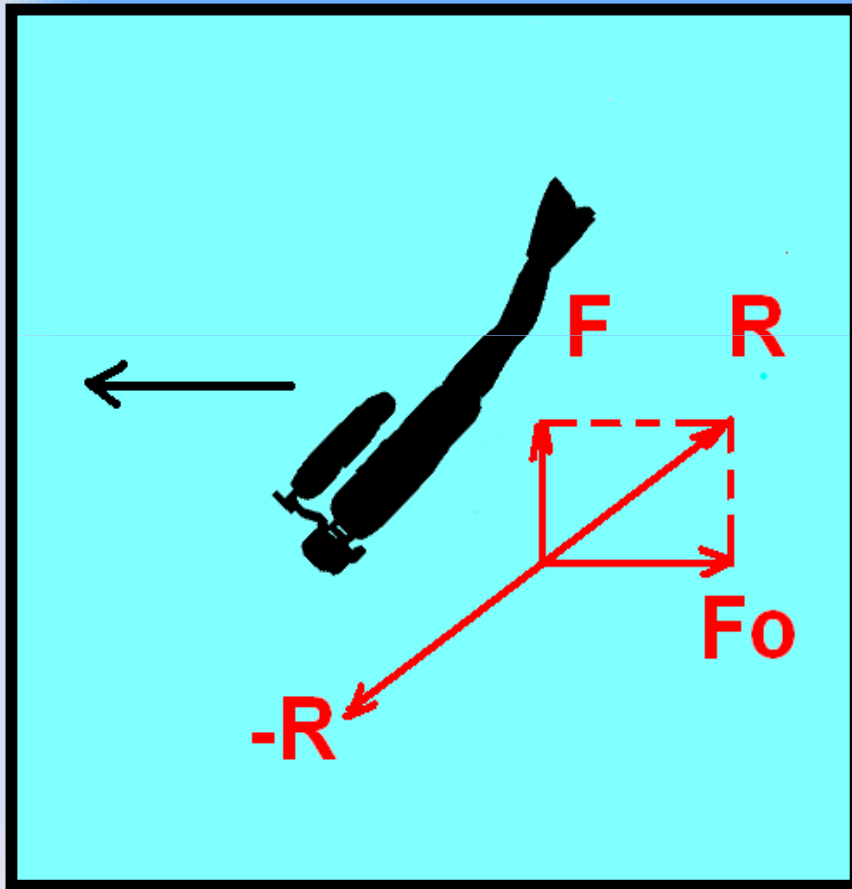
Vlastnosti odporové síly při turbulentním proudění

- Je přímo úměrná hustotě prostředí.
- Je přibližně přímo úměrná druhé mocnině rychlosti - chceme-li se pohybovat dvakrát rychleji, musíme vynakládat skoro čtyřikrát větší sílu.
- Je přímo úměrná plošnému obsahu příčného průřezu tělesa.
- Závisí na tvaru tělesa.

Vyvážený potápeč



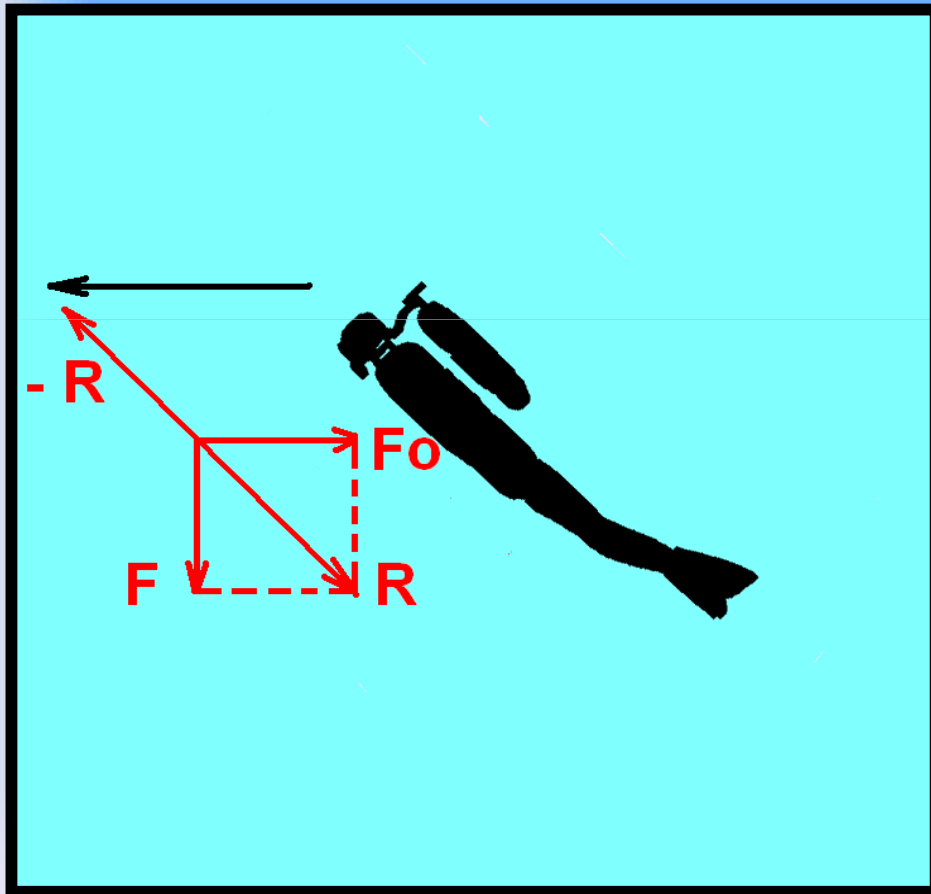
Lehký potápěč



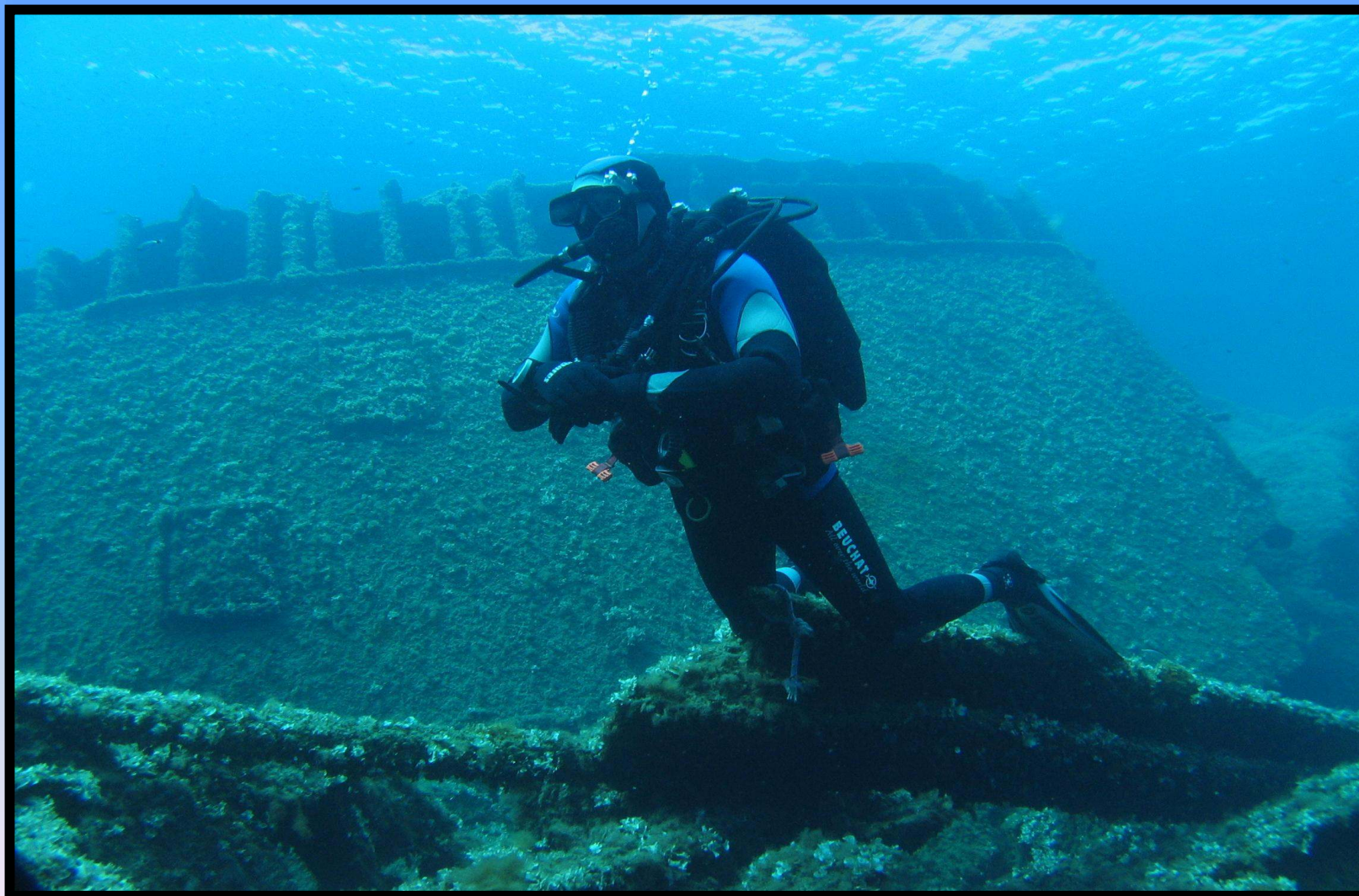
- Výsledná síla F je kladná, potápěč není vyvážen a bez pohybu by stoupal vzhůru. Tím se tělo dostane do šikmé polohy, v níž nastavuje potápěč velkou plochu. Proto je odporová síla F_0 mnohem větší. Výslednice sil F a F_0 je síla R směřující šikmo v nahoru. Potápěč musí proto vynakládat sílu stejně velkou a opačného směru $-R$.

Těžký potápěč

- Výsledná síla F je záporná, potápěč není vyvážen a bez pohybu by klesal ke dnu. Tím se tělo dostane do šikmé polohy, v níž nastavuje potápěč velkou plochu. Proto je odporová síla F_o mnohem větší. Výslednice sil F a F_o je síla R směřující šikmo dolů. Potápěč musí proto vynakládat sílu stejně velkou a opačného směru $-R$.



Uspořádání výstroje



**OTÁZKY
A
DISKUSE**