

A photograph of a colony of penguins on a rocky, snow-covered shore. The penguins are scattered across the rocks, some standing upright and others in various poses. The background shows a dark blue sea and a cloudy sky. Two speech bubbles are overlaid on the image. The top speech bubble contains the text "Docela slušně mrzne." and the bottom speech bubble contains "Ale prosím tě. Ještě jsme nedosáhli absolutní nuly!".

Docela slušně mrzne.

Ale prosím tě. Ještě jsme  
nedosáhli absolutní nuly!

**Absolutní nula (Gay-Lussacův zákon)**

## Úvod

### Snímky a protokoly



Funkce „Snímek“ slouží k zachycení snímku získaného ve SPARK Science Learning Systemu.




V „Protokolu“ jsou snímky uloženy, mohou být zobrazeny ve SPARK Science Learning Systemu.



Funkce „Sdílení“ slouží k exportu či tisku protokolu, s nímž pracujete.



Tento obrázek vám připomene pořízení snímku stránky stisknutím  poté, co napíšete vaši odpověď.

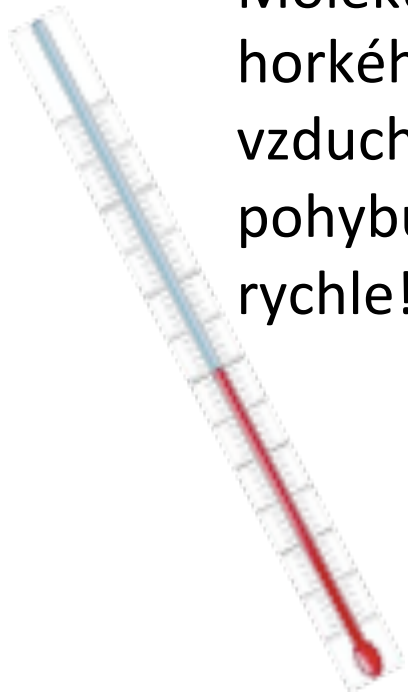
**Pozn.:** Můžete pořídit např. snímek první stránky, a pak jej použít jako titulní stránku protokolu.

# Absolutní nula (Gay-Lussacův zákon)

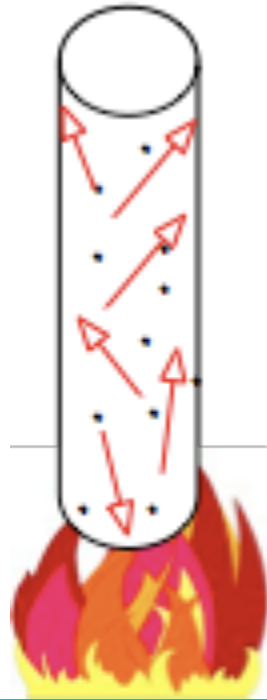
## Zamyšlení na

### úvod

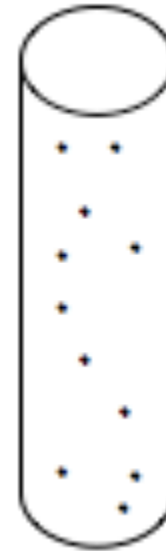
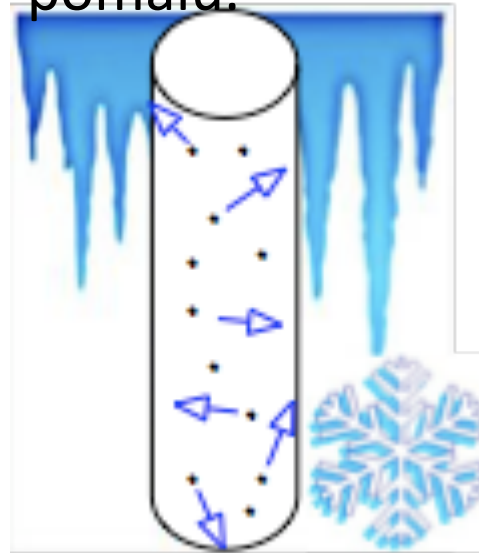
Teplota je měřítkem průměrné *kinetické energie* molekul (jejich pohybu). Jak se snižuje teplota, pohyb se zpomaluje. Zpomalování pohybu vede jedině k *zastavení*. Znamená to, že pak dosáhneme *nejnižší možné teploty*? Kolik je to přesně?



Molekuly horkého vzduchu se pohybují rychle!



Molekuly studeného vzduchu se pohybují pomalu.

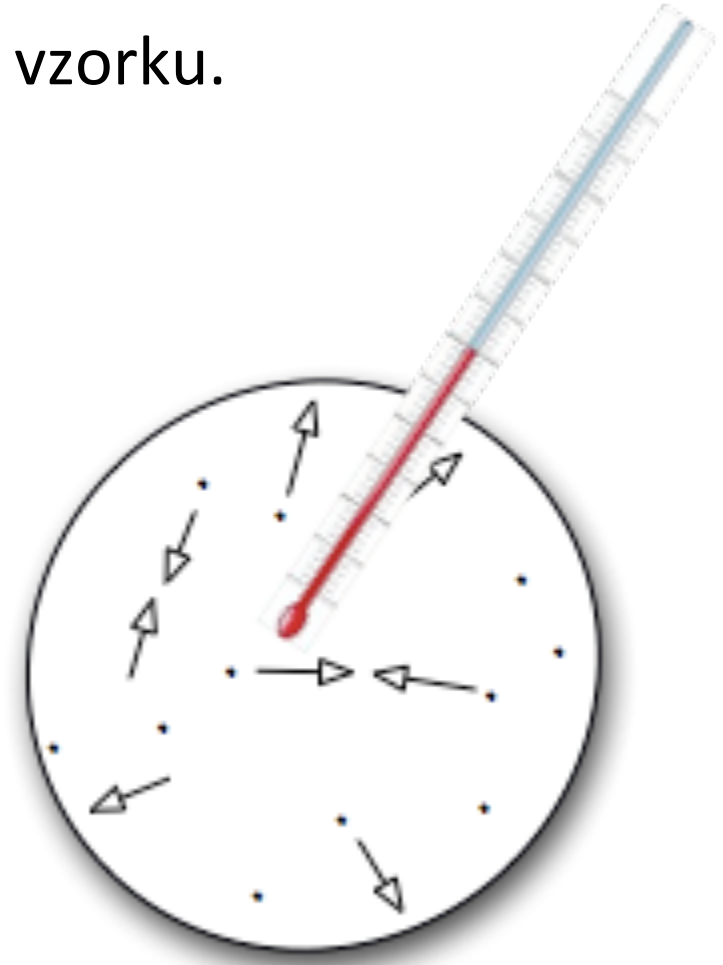


Co se stane při velmi, velmi, velmi, velmi, velmi nízké teplotě???



## Teorie


- Molekuly vzduchu se pohybují a narážejí do stěn nádob. Tím je způsoben tlak vzduchu. Více střetů znamená vyšší tlak.
- *Teplota* je průměrná kinetická energie (rychlost) částic ve vzorku.



# Test

1. Tlak je vyvolaný srážkami molekul vzduchu s(e) \_\_\_\_\_.
- a) vyšším objemem
  - b) kapalnými molekulami
  - c) stěnami nádoby
  - d) pohybem
  - e) příliš těžkou domácí úlohou

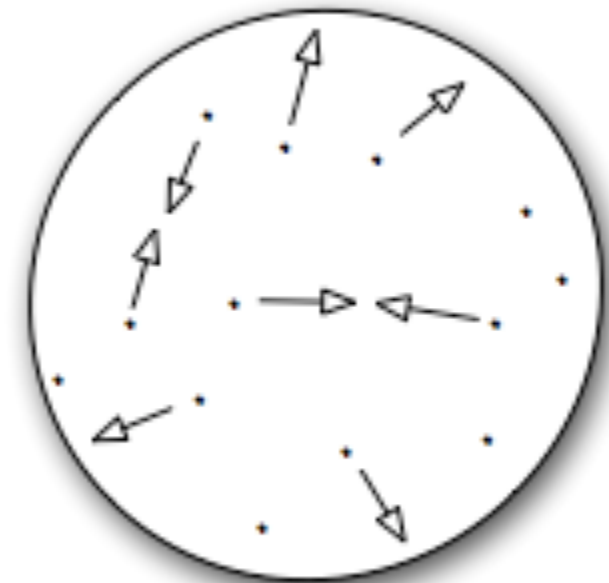


Tento obrázek vám připomene pořízení snímku stránky do protokolu poté, co odpovíte, stisknutím  .

## ...Teorie

- Kinetická energie je závislá na rychlosti molekul, tedy při vzrůstající teplotě se molekuly pohybují rychleji.
- Vyšší rychlost způsobí nárůst počtu srážek se stěnami nádoby a tím i vyšší tlak.
- Přímý vztah mezi tlakem (P) a teplotou (T) byl objeven Joseph Gay-Lussacem v roce 1802. Gay-Lussacův zákon je matematicky vyjádřen:

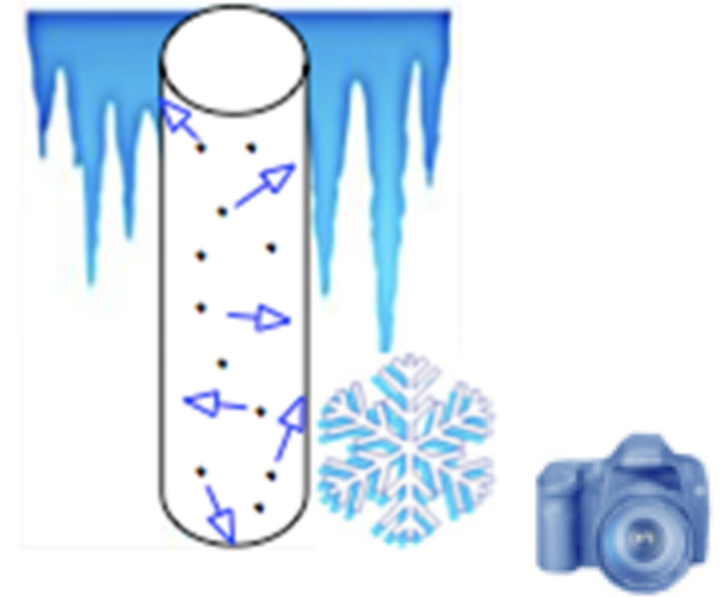
$$\frac{P}{T} = k \text{ (konstanta)} \quad \text{nebo} \quad \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$



# Kvíz

2. Při *snižování* teploty plynu v nádobě částice tohoto plynu:

- a) vykazují vyšší tlak.
- b) mají vyšší kinetickou energii.
- c) mají nižší rychlost.
- d) mají vyšší rychlost.



### ...Teorie

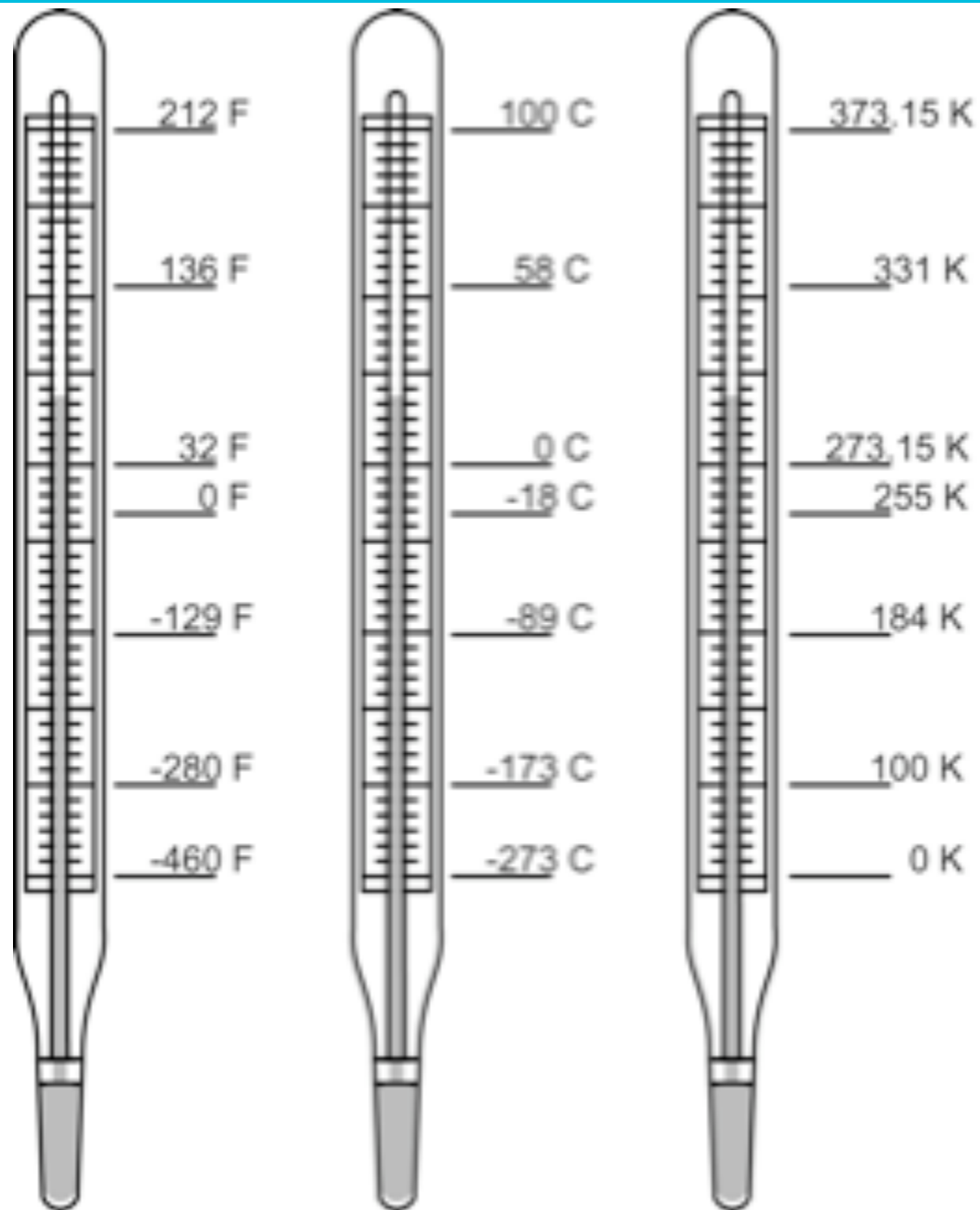
- Pokud by bylo možné snižovat dále teplotu, dosáhli bychom bodu, kde nebudou mít molekuly vůbec žádnou energii!
- V takové chvíli se molekuly úplně zastaví a tedy ani nenaráží do stěn nádoby.
- Tento teoretický bod, kdy molekuly látky nemají žádnou energii a tlak je nulový, nazýváme *absolutní nula*.



# Absolutní nula (Gay-Lussacův zákon)

## ...Teorie

- Protože teplota je měřítkem kinetické energie molekul, klade si Kelvinova teplotní stupnice začátek v bodě nulové energie, tedy 0 K.
- To znamená, že Kelvinova teplotní stupnice nemá záporné hodnoty.



Bod varu vody

Nevyšší teplota  
naměřená na Zemi

Bod tuhnutí vody

Nejnižší teplota  
naměřená na Zemi

Teplota na Měsíci

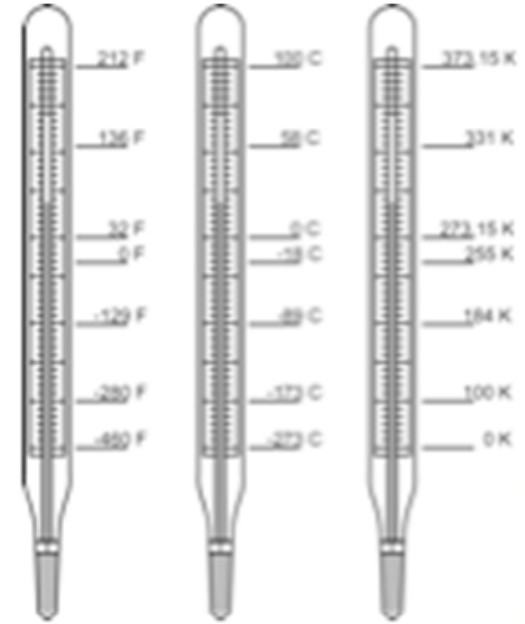
Absolutní nula

# Test

3. Kelvinova teplotní stupnice je založena na

\_\_\_\_\_.

- a) pohybu molekul
- b) bodu tuhnutí vody
- c) bodu varu vody
- d) nejnižší teplotě, jaká kdy byla naměřena



## ...Teorie

- Absolutní nulu můžeme vypočítat z Gay-Lussacova zákona použitím vztahu mezi tlakem a teplotou. Za tlak při absolutní nule dosadíme 0.
- Gay-Lussacův zákon upravíme tak, aby byl v podobě lineární rovnice:

$$\frac{P}{T} = k$$

$$P = kT$$

$$(y = mx + b)$$

- Pozor! Při výpočtech s Gay-Lussacovým zákonem teplotu dosazujeme v **Kelvinech!**

~~°C~~

~~°F~~

**K** ✓

## Test

1. Při výpočtech s Gay-Lussacovým zákonem musíme teplotu dosazovat v \_\_\_\_\_.
- a) °F
  - b) KPa
  - c) °C
  - d) K

$$\frac{P}{T} = k$$



## Bezpečnost

- Dodržujte všechny běžné laboratorní předpisy.
- Pozor na horkou vodu! Voda o teplotě  $65^{\circ}\text{C}$  má dostatek kinetické energie, aby poškodila kůži i oči!



HORKÉ!!



# Absolutní nula (Gay-Lussacův zákon)

## Materiál a pomůcky

Před započítím práce si připravte:

- Prodlužovací kabel k senzoru
- Senzor absolutního tlaku
- Rychlospojka (obr.)
- Spojku s háčky (obr.)
- Rychle reagující čidlo teploty
- Hadičku, 1-2 cm
- Zkumavku 15 mm x 100 mm
- Zátku na zkumavku s jedním otvorem
- Kádinky (2), 250 ml



# Absolutní nula (Gay-Lussacův zákon)

## Materiál a pomůcky

Před započítím práce si připravte:

- Polystyrenové kelímky (2)
- Gumičku
- Držák na baňky
- Stojan
- Ledovou tříšť (300 ml)
- Vodu o pokojové teplotě 300 ml
- Vodu  $\sim 45^{\circ}\text{C}$  300 ml
- Vodu  $\sim 55^{\circ}\text{C}$  300 ml
- Vodu  $\sim 65^{\circ}\text{C}$  300 ml
- Glycerin, asi dvě kapky



# Pořadí kroků

**A.** Zkumavku umístěte do kelímku s ledovou tříští a zaznamenejte teplotu a tlak vzduchu.

**B.** Sestavte zařízení k měření tlaku a teploty vzduchu ve zkumavce.

**C.** Data zakreslete do grafu a použijte nejlepší výsledek k výpočtu teploty absolutní nuly.

**D.** Pokus opakujte s vodou o pokojové teplotě, dále teplotě 45°C, 55°C, a 65°C. Zaznamenejte pokaždé tlak a teplotu.

Kroky vlevo budou součástí vaší práce. Nejsou ale uvedeny ve správném pořadí. Pokuste se je seřadit, odpověď zapište do místa níže na této stránce a pořídte snímek stránky.









# Předpověď

**O1:** Co se stane s tlakem při nárůstu teploty? Svoji předpověď nakreslete do grafu.

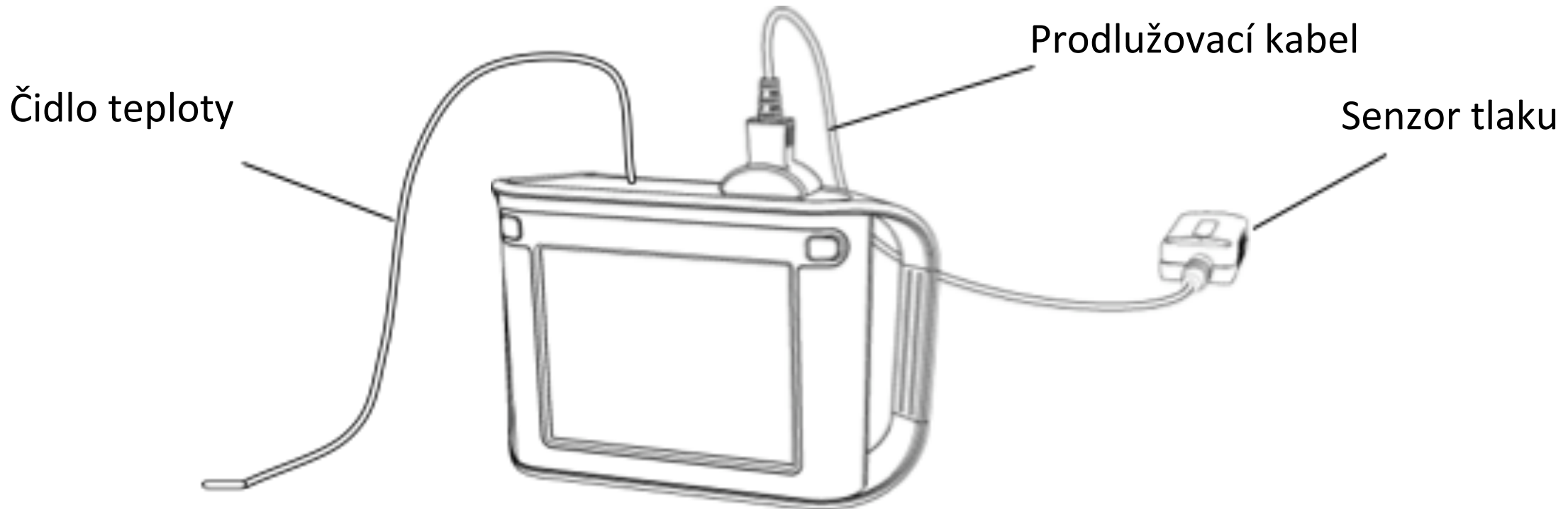


## \*Zakreslení grafu:

1. Stiskněte  (otevře se paleta nástrojů).
2. Stiskněte  a prstem nakreslete graf.
3. Stiskněte  .
4. Pro opravu stiskněte  (graf se vymaže).

## Postup

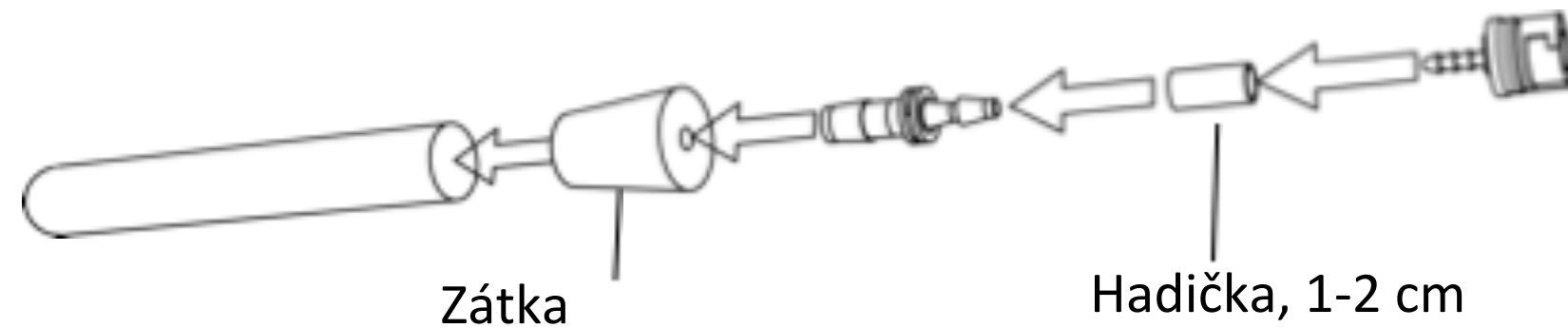
1. Připojte rychle reagující čidlo teploty ke SPARK Science Learning Systemu.
2. Připojte senzor pro měření absolutního tlaku k SPARK Science Learning Systemu za použití prodlužovacího kabelu.



# Postup

3. Spojte pomůcky podle obrázku. Pro usnadnění spojení můžete použít 1 – 2 kapky glycerinu.

**O2:** U jaké látky budeme zjišťovat tlak a teplotu?



# Postup

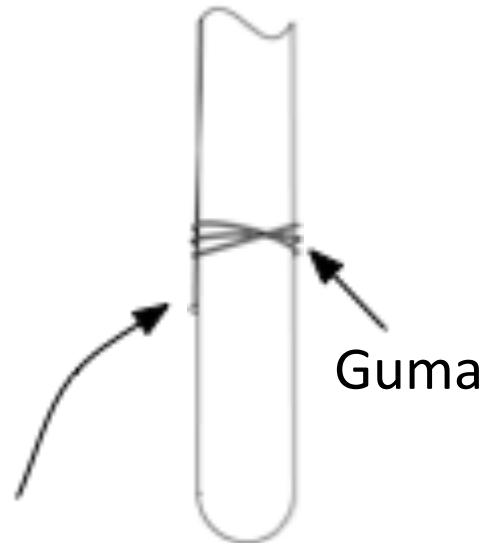
4. Připojte připravenou sadu k senzoru absolutního tlaku. Spoj by měl „zacvaknout“. Zátku upevněte do zkumavky.
5. Teplotní senzor upevněte pomocí gumy zvenčí ke zkumavce. Měl by být asi v polovině zkumavky.



Q3: Teplotní senzor je připevněn ke zkumavce zvenčí. Je to problém? Vysvětlete.

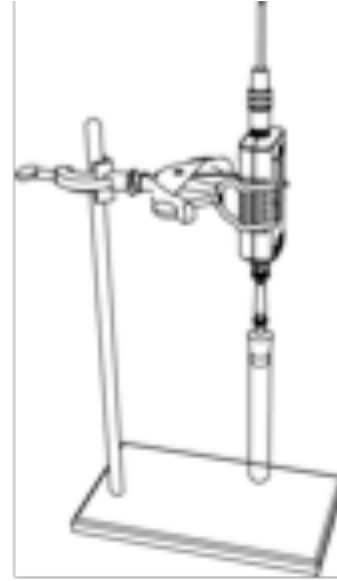


Teplotní senzor



# Postup

6. Senzor tlaku upevněte vertikálně do stojanu pomocí držáku.
7. Polystyrenový kelímek vložte do kádinky a naplňte jej ledovou tříští.



**O4:** Proč používáme polystyrenový kelímek místo pouhé kádinky?



## Postup

**O5a:** Co je v tomto pokusu závislou proměnnou (s jednotkou)?

**O5b:** Co je v tomto pokusu nezávislou proměnnou (s jednotkou)?



# Postup



- Umístěte kádinku s kelímkem a ledovou tříští pod senzor tlaku a pomalu vsuňte zkumavku do kelímku.
- Teplotní senzor by měl být celý ponořený do ledové tříště. Pokud není, přidejte ještě led.



**O6:** Proč je důležité, aby byl teplotní senzor úplně ponořený do ledu?




## Postup měření

1. Stiskněte  pro začátek měření.
2. Počkejte asi 2 minuty, aby měla sonda stejnou teplotu jako ledová voda okolo ní.
3. Stiskněte  pro odečet teploty (ve °C a K) a tlaku.
4. Zkumavku vytáhněte z ledu.



## Postup měření

5. Druhý kelímek vložte do druhé 250 ml kádinky.
6. Kelímek naplňte vodou o pokojové teplotě ( $\sim 25^{\circ}\text{C}$ ).
7. Zkumavku vložte do vody tak, aby byl senzor zcela ponořen.
8. Vyčkejte asi 2 minuty.
9. Stiskněte  pro zaznamenání tlaku a teploty.


## Postup měření



10. Tento postup opakujte ještě třikrát pro teplotu vody:

~ 45 °C

~ 55 °C

~ 65 °C

11. U každého vzorku v  kejte 2 minuty a stiskněte pro odečtení teploty a tlaku.

12. Po skončení všech  ěti sad měření stiskněte  pro ukončení měření.

# Analýza dat

1. Naměřené teploty ve stupních Celsia převedte na Kelviny využitím převodního vztahu mezi Kelvinovou a Celsiovou stupnicí.



## Analýza dat

2. Upravte graf (jde o lineární závislost). \*



**Pozn.:** pamatujte:

$$P = kT$$

$$(y = mx + b)$$



**\*Pro vytvoření grafu:**

1. Stiskněte  (otevře se paleta nástrojů).
2. Stiskněte  (otevře se další menu).
3. Pojmenujte křivku.

### Analýza dat

3. Použijte vztah pro výpočet tlaku pro výpočet absolutní nuly (ve °C). Zapište výsledek.

**Nápověda:** Absolutní nula je teplota, při které je tlak roven nule.



## Analýza dat

4. Spočítejte procentuální chybu vašeho měření a výpočtu absolutní nuly (správná hodnota je  $-273,15^{\circ}\text{C}$ ).

$$\text{Procentuální chyba} = \left| \frac{(\text{správná hodnota} - \text{vypočtená hodnota})}{\text{Správná hodnota}} \right| \times 100$$






## Analýza dat

5. Vypočítejte hodnotu konstanty (k) pro všech pět měření. Dosazujte teplotu v Kelvinech. Výsledky запиšte do tabulky.

$$\frac{P}{T} = k$$



### \*Jak vložit data do tabulky:

1. Stiskněte  (otevře se paleta nástrojů).
2. Stiskněte  a pak ještě jednou buňku, do které chcete psát (zbarví se žlutě).
3. Stiskněte  (objeví se klávesnice).




## Analýza dat

6. Vypočítejte hodnotu konstanty (k) pro všech pět měření. Dosazujte teplotu ve stupních Celsia. Výsledky zapište do tabulky.

$$\frac{P}{T} = k$$



**\*Jak vložit data do tabulky:**

1. Stiskněte  (otevře se paleta nástrojů).
2. Stiskněte  a pak ještě jednou buňku, do které chcete psát (zbarví se žlutě).
3. Stiskněte  (objeví se klávesnice).



# Analýza výsledků

1. Byl podíl tlaku a teploty dosazené ve stupních Celsia konstantní? Proč ano, nebo ne?
2. Byl podíl tlaku a teploty dosazené v Kelvinech konstantní? Proč ano, nebo ne?
3. Jsou teplota a tlak přímo úměrné? Jak to poznáte?

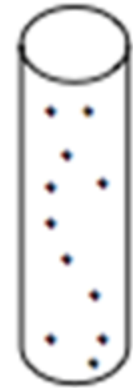


# Absolutní nula (Gay-Lussacův zákon)

## Kvíz

4a. Na čem je založena Kelvinova teplotní stupnice?

4b. Co je zajímavé na teplotě 0 K?



### Další výpočty

5. Spočítejte tlak vzduchu při teplotě  $100^{\circ}\text{C}$ . Výpočty zapište.



## Závěry

1. Jiná skupina mohla místo zkumavky použít injekční stříkačku. Mohly se výsledky lišit? Vysvětli.



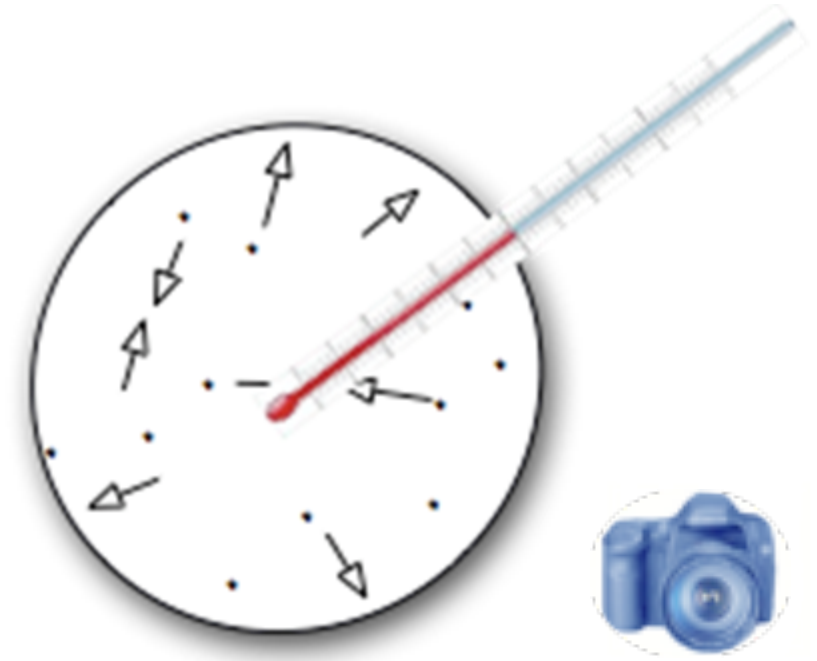
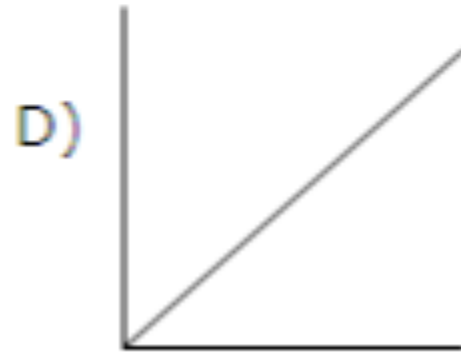
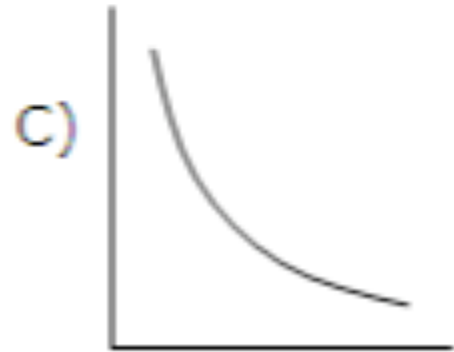
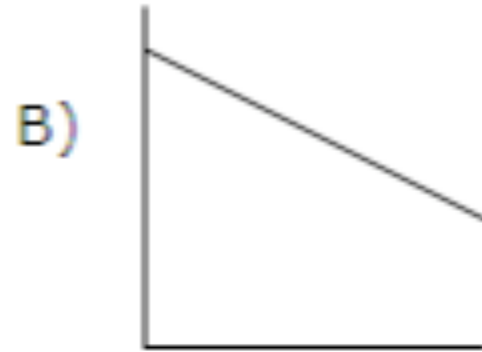
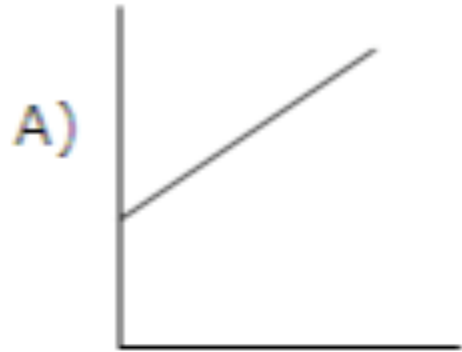
## Závěry

2. Vysvětlete, proč přehuštěné pneumatiky mohou za horkého dne při jízdě prasknout.



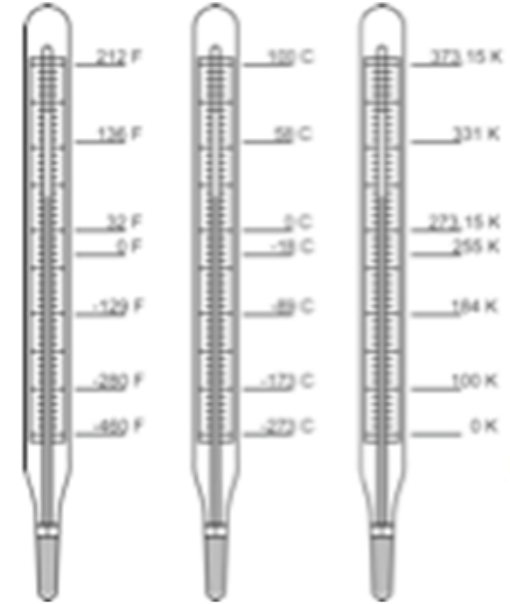
# Kvíz

1. Který z následujících grafů ukazuje závislost tlaku plynu na teplotě?



# Kvíz

2. Proč je tlak plynu při absolutní nule také roven nule?
- a) Při absolutní nule se zastavuje pohyb molekul.
  - b) Při absolutní nule je ve zkumavce vakuum.
  - c) Při absolutní nule je objem plynu velmi malý.
  - d) Při absolutní nule je energie plynu přeměněna na světlo.



# Kvíz

3. Jaké teplotě odpovídá 413 K ?

a)  $-273^{\circ}\text{C}$

b)  $0^{\circ}\text{C}$

c)  $140^{\circ}\text{C}$

d)  $696^{\circ}\text{C}$

e)  $237^{\circ}\text{K}$





# Kvíz

4. Nádoba s plynem obsahuje plyn o teplotě  $27^{\circ}\text{C}$  a tlaku 800 torr, jakou hodnotu bude mít tlak, když teplotu zvýšíme na  $54^{\circ}\text{C}$ ?

- a) 1600 torr
- b) 400 torr
- c) 872 torr
- d) 734 torr



# Kvíz

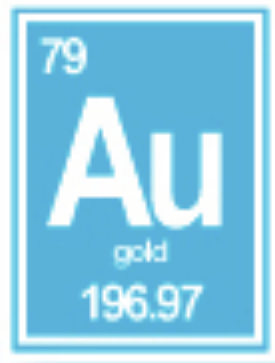
5. Když teplota v uzavřené, pevné nádobě klesá, tlak plynu v ní \_\_\_\_\_.
- a) stoupá
  - b) klesá
  - c) zůstává stejný
  - d) první dvě možnosti mohou být správně, záleží na druhu plynu



## Gratulujeme!

Dokončili jste laboratorní práci.

Nyní podle pokynů učitele uklidíte všechny pomůcky a pracovní místo.



## Odkazy

1. Tučňáci [http://www.openstockphotography.org/image-licensing/penguins/Adelie\\_penguins\\_at\\_Cape\\_Geddes\\_Laurie\\_Island\\_1962.jpg](http://www.openstockphotography.org/image-licensing/penguins/Adelie_penguins_at_Cape_Geddes_Laurie_Island_1962.jpg)
2. Teploměr <http://www.freeclipartnow.com/science/thermometer-big.jpg.html>
3. Plameny <http://www.freeclipartnow.com/science/energy/Flames-1.jpg.html>
4. Rampouch <http://www.freeclipartnow.com/nature/weather/icicles.jpg.html>
5. Sněhová vločka <http://www.freeclipartnow.com/nature/weather/snow/snow-flake-shadowed.jpg.html>
6. Značka Stop <http://www.freeclipartnow.com/small-icons/miscellaneous/stop-sign.jpg.html>
7. Počasí [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mistral\\_wind1.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mistral_wind1.jpg)
8. Balóny <http://www.freeclipartnow.com/recreation/partying/balloons-01.jpg.html>
9. Pozor, horký povrch [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:DIN\\_4844-2\\_Warnung\\_vor\\_heisser\\_Oberflaeche\\_D-W026.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:DIN_4844-2_Warnung_vor_heisser_Oberflaeche_D-W026.svg)
10. Značka pro vymytí oka [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sign\\_eyewash.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sign_eyewash.svg)
11. Kádinka <http://www.freeclipartnow.com/science/flasks-tubes/beaker-2.jpg.html>
12. Ledová tříšť [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hail\\_001.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hail_001.JPG)
13. Sklenice vody <http://www.freeclipartnow.com/food/beverages/glass-of-water.jpg.html>
14. Kalkulačka <http://www.freeclipartnow.com/education/supplies/simple-calculator-01.jpg.html>
15. Nádoby na plyn [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Compressed\\_gas\\_cylinders.mapp\\_and\\_oxygen.triddle.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Compressed_gas_cylinders.mapp_and_oxygen.triddle.jpg)