

# Vzduchová dráha a 2. Newtonův zákon

\*K. Zacharovová, \*\*P. Vrtný, \*\*\*P. Brom, \*\*\*\*M. Šarbot  
\*SGAGy Kladno; \*\*Gymnázium Jeseník; \*\*\* gym. Dr. J. Pekaře,  
Mladá Boleslav; \*\*\*\*Gymnázium Tř. Kpt. Jaroše Brno  
\*[zacharovovak@seznam.cz](mailto:zacharovovak@seznam.cz); \*\*[vrtny@centrum.cz](mailto:vrtny@centrum.cz);  
\*\*\* [brpav@seznam.cz](mailto:brpav@seznam.cz); \*\*\*\*[masicek@centrum.cz](mailto:masicek@centrum.cz)  
Supervizor: Leopold Cudzik [l.cudzik@sh.cvut.cz](mailto:l.cudzik@sh.cvut.cz)

## Abstrakt:

Cílem naší práce bylo ověřit pomocí experimentu platnost 2. Newtonova pohybového zákona a zákona zachování energie. K tomuto jsme použili vzduchové dráhy s vozíkem. Na závěr jsme diskutovali vlivy, které významně ovlivnily výsledky měření.

## 1 Úvod

2. Newtonův zákon : Změna pohybu je úměrná hybné vtištěné síle a nastává podél přímky v níž síla působí.

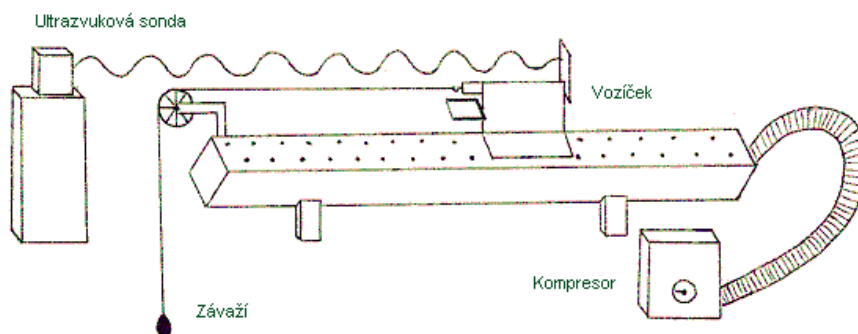
$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$$

Zákon zachování mechanické energie říká, že součet kinetické a potenciální energie tělesa je v čase konstantní.

$$E_m = E_k + E_p = \text{const.}$$

## 2 Průběh měření

Vzduchová dráha je zařízení, které slouží ke snížení dynamického tření na minimum. Skládá se z trubice, která je neustále plněná vzduchem z kompresoru. V trubici jsou malé dírky, kterými uniká vzduch a zespona nadlehčuje vozík. Ten se po vzduchové dráze pohybuje až k jejímu konci, kde se pomocí pružiny odrazí do vzdálenosti, která je menší než vzdálenost při předchozím odrazu v důsledku disipace energie při odrazu. Aktuální rychlost a poloha vozíku se zaznamenává pomocí ultrazvukového čidla pohybu připojeného přes USB k PC. Výsledky jsme zpracovávali v programu DataStudio.



- a) Ověření 2. Newtonova zákona : Vozíček o hmotnosti  $m_v$  je připevněn přes kladku k závaží o hmotnosti  $m_z$ . Obě tělesa jsou urychlována tíhovou silou  $F_g = m_z \cdot g$  působící na závaží. Podle 2.NPZ se tato síla rovná síle  $F = m_c \cdot a$ , kde  $m_c = m_z + m_v$  a  $a$  je zrychlení. Z těchto vztahů vyplývá, že zrychlení  $a = m_z \cdot g / (m_z + m_v)$

$$m_z = 48,2 \text{ g}$$

$$m_{v+z} = 263,1 \text{ g}$$

$$g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$$

Po dosazení do vzorce nám vyšlo  $a = 1,80 \text{ m.s}^{-2}$ .

Data pro praktické měření jsme získali pomocí čidla a zpracovali je pomocí počítače. Ze vztahu pro dráhu  $s = \frac{1}{2} a t^2$  vyplývá, že graf závislosti polohy na čase bude mít tvar paraboly. V počítačovém programu pomocí interpolace vypočítáme koeficient u kvadratického členu, který se rovná polovině zrychlení  $a$ . Pro přesnější výsledek zrychlení  $a$  jsme odečetli také z grafu pro závislost rychlosti na čase, kde se zrychlení rovná směrnici přímky, tj. přímka má rovnici  $v=a.t$ . Z tohoto vztahu získáme zrychlení.

č.m	Peak 1	Peak 3
1	-1,83	-1,70
2	-1,82	-1,40
3	-1,84	-1,69
4	-1,79	-1,67
5	-1,79	-1,69

č.m	Peak 1	Peak 3
1	-1,77	-1,74
2	-1,71	-1,75
3	-1,80	-1,75
4	-1,77	-1,74
5	-1,76	-1,71

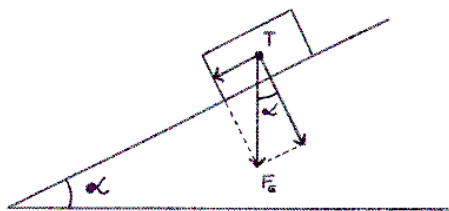
Z těchto tabulek jsme vypočetli průměrné hodnoty zrychlení. Peak 1,3 označují dané periody v grafu. Peak 1 je perioda po prvním odrazu a peak 3 po třetím odrazu.

Peak	z rychlosti	z polohy
1	-1,76	-1,81
3	-1,74	-1,63

Při srovnání teoreticky vypočtené hodnoty a experimentálně získaných hodnot je patrná poměrně dobrá shoda. Odchytky hodnot můžeme vysvětlit především ztrátami energie na kladce (ohyb provázku) a aerodynamickým odporem vozíku, jehož velikost lze odhadnout podle Newtonova vzorce pro odporovou sílu  $F_o = \frac{1}{2} \cdot C \cdot S \cdot \rho \cdot v^2$ , která ovlivňuje velikost zrychlení v řádu  $\text{cm.s}^{-2}$ . Chybu v menší míře dále způsobují tření vozíku a nedokonalost vzduchové dráhy (např. nedokonalé zajištění vodorovné polohy).

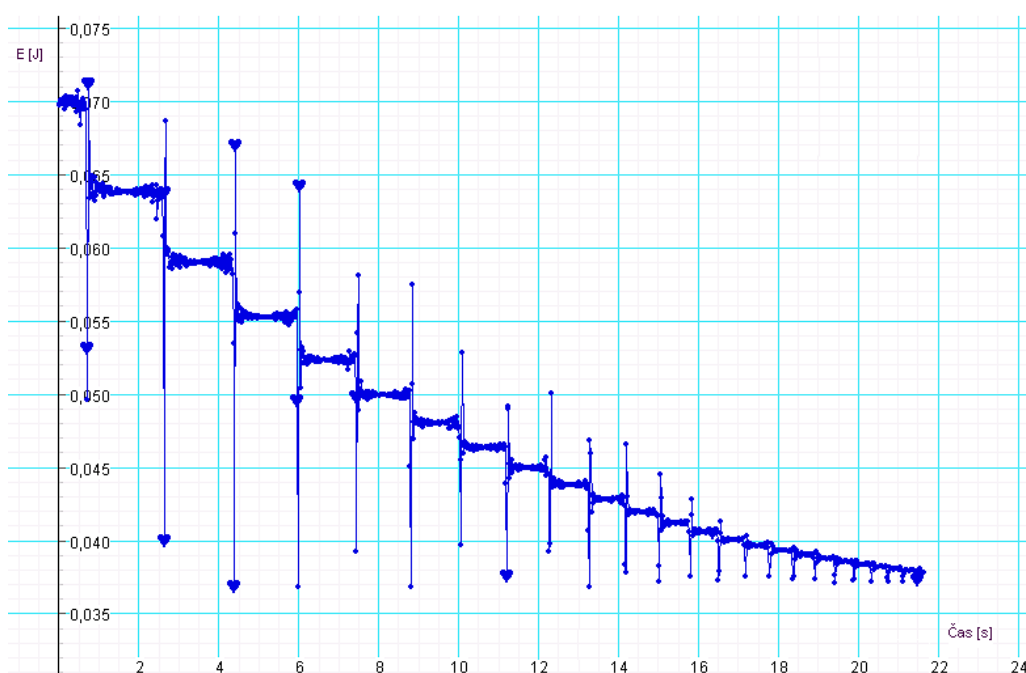
Je možné si všimnout, že velikost hodnot zrychlení peak 1 a peak 3 se liší. Tyto odchytky lze vysvětlit závislostí velikosti tření na rychlosti (s klesající rychlostí se zvyšuje tření).

- b) Ověření zákona zachování energie (ZZE): Pro tento pokus jsme použili vzduchovou dráhu jako nakloněnou rovinu. Tentokrát nebyl vozíček připevněn na závaží, ale naopak jej urychlovala složka tíhové síly působící na vozíček  $F = m \cdot a = m \cdot g \cdot \sin \alpha$ , kde  $\alpha$  je úhel nakloněné roviny.



Celková mechanická energie  $E$  je dána součtem kinetické energie pohybu vozíčku  $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$  a jeho potenciální energie  $E_p = mgh$ , kde výšku  $h$  v tíhovém poli vyjádříme pomocí měřené dráhy  $s$  a úhlu  $\alpha$  jako  $h = s \cdot \sin \alpha$ . Hladinu nulové potenciální energie jsme proložili počáteční polohou těžiště vozíku. Počáteční vzdálenost vozíku od čidla označíme  $s_0$ . Po dosazení se  $E_p = -m \cdot (s_0 - s) \cdot a = m \cdot s \cdot a - m \cdot s_0 \cdot a$ , kde člen  $m \cdot s_0 \cdot a$  je konstantní a představuje posunutí grafu v ose  $y$ , tudíž může být vynechán.

Hodnotu  $a$  jsme zjistili z grafu ...  $a = 0,54 \text{ ms}^{-2}$ .



### 3 Shrnutí

Ověřili jsme platnost 2. Newtonova zákona a zákona zachování energie pomocí výše popsaných experimentů se vzduchovou dráhou. Naměřené výsledky se jen málo liší od teoretických výpočtů.

### Poděkování

Děkujeme našemu supervizorovi Leopoldu Cudzikovi a KF FJFI ČVUT za poskytnutí přístrojů a podmínek k práci.

### Reference:

[1] FEYNMAN, R. : Feynmanovy přednášky z fyziky s řešenými příklady. Fragment,2000