



Experimenty s interaktivní stavebnicí  
a bádáním fyzikálních dějů do nitra automobilu

# 5F. Vzájemné silové působení

M. Jílek & T. Feltl



EVROPSKÝ SOCIÁLNÍ FOND  
PRAHA & EU: INVESTUJEME DO VAŠÍ  
BUDOUCNOSTI

Tyto materiály vznikly v rámci projektu OP A č. CZ.2.17/3.1.00/36080,  
Experimenty s interaktivní stavebnicí a bádáním fyzikálních dějů do nitra automobilu.

- **A. Zákon akce a reakce** **5F-A-01**
  - Úvod 5F-A-02
  - Co budeme potřebovat? 5F-A-03
  - Příprava a sestavení experimentu 5F-A-04
  - Provedení experimentu – záznam dat 5F-A-05
  - Analýza naměřených závislostí - teorie 5F-A-06
  - Vlastnosti akce a reakce - úkoly 5F-A-07
- **B. Pohyb stejně těžkých těles daný vzájemným působením** **5F-B-01**
  - Úvod 5F-B-02
  - Co budeme potřebovat? 5F-B-03
  - Příprava a sestavení experimentu 5F-B-04
  - Postup práce – záznam dat 5F-B-05
  - Analýza naměřených hodnot – úkol 5F-B-06
- **C. Pohyb nesterjně těžkých těles daný vzájemným působením** **5F-C-01**
  - Úvod 5F-C-02
  - Co budeme potřebovat? 5F-C-03
  - Příprava a sestavení experimentu 5F-C-04
  - Postup práce – záznam dat 5F-C-05
  - Analýza naměřených hodnot – úkol 5F-C-06
- **Závěr** **5F-Z-01**
- **Použité materiály a zdroje informací** **5F-I-01**
- **Metodické komentáře** **5F-M-01**



# A. Zákon akce a reakce

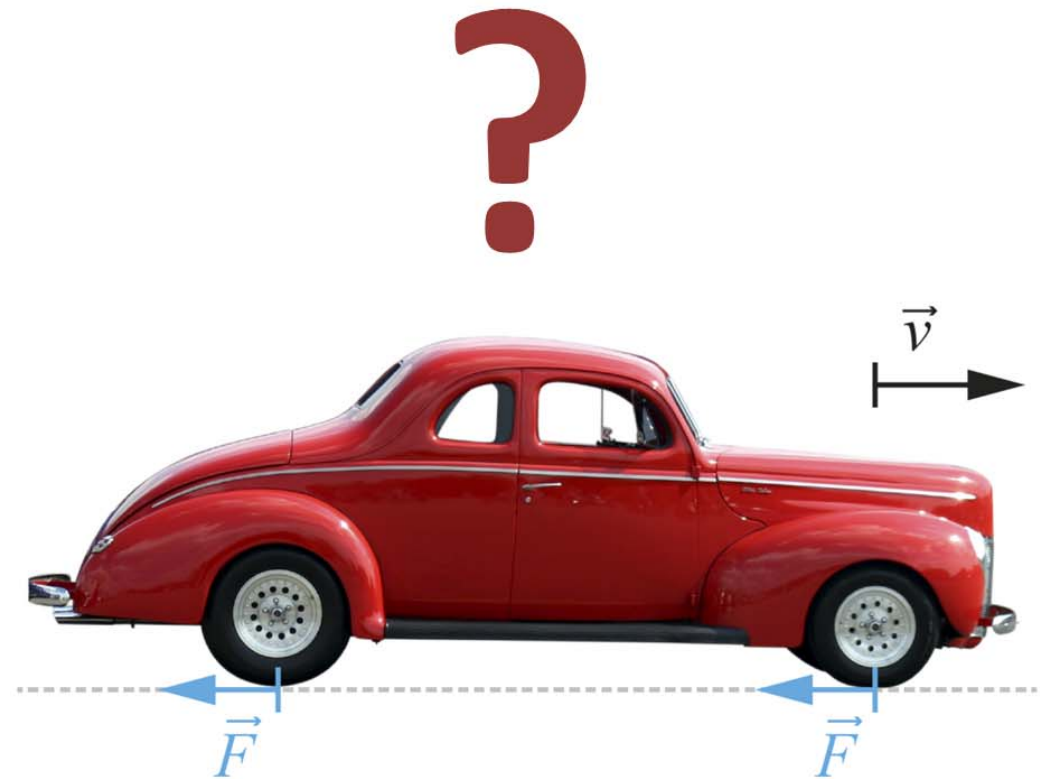


## Úvod

Podíváme-li se pozorně na **směr otáčení kol** u automobilu při rozjíždění, zjistíme, že **pneumatiky působí** na vozovku (díky tření) **směrem dozadu** – opačným směrem než je požadovaný směr pohybu vozidla. Je to přitom jediná hnací síla, kterou automobil vytváří a která působí na okolí.

Je tedy otázkou, **co vlastně způsobuje pohyb** automobilu dopředu. Musí zde existovat nějaká jiná síla, působící na automobil požadovaným směrem.

Kde se bere tajemná **síla způsobující** mimo jiné **pohyb vozidel** i jiných předmětů a jaké jsou její vlastnosti, se pokusíme prozkoumat v následujícím experimentu.



$\vec{F}$  – síla, kterou pneumatika „strká“ do vozovky

Kde se bere tajemná **síla způsobující** mimo jiné **pohyb vozidel** i jiných předmětů a jaké jsou její vlastnosti, se pokusíme prozkoumat v následujícím experimentu.

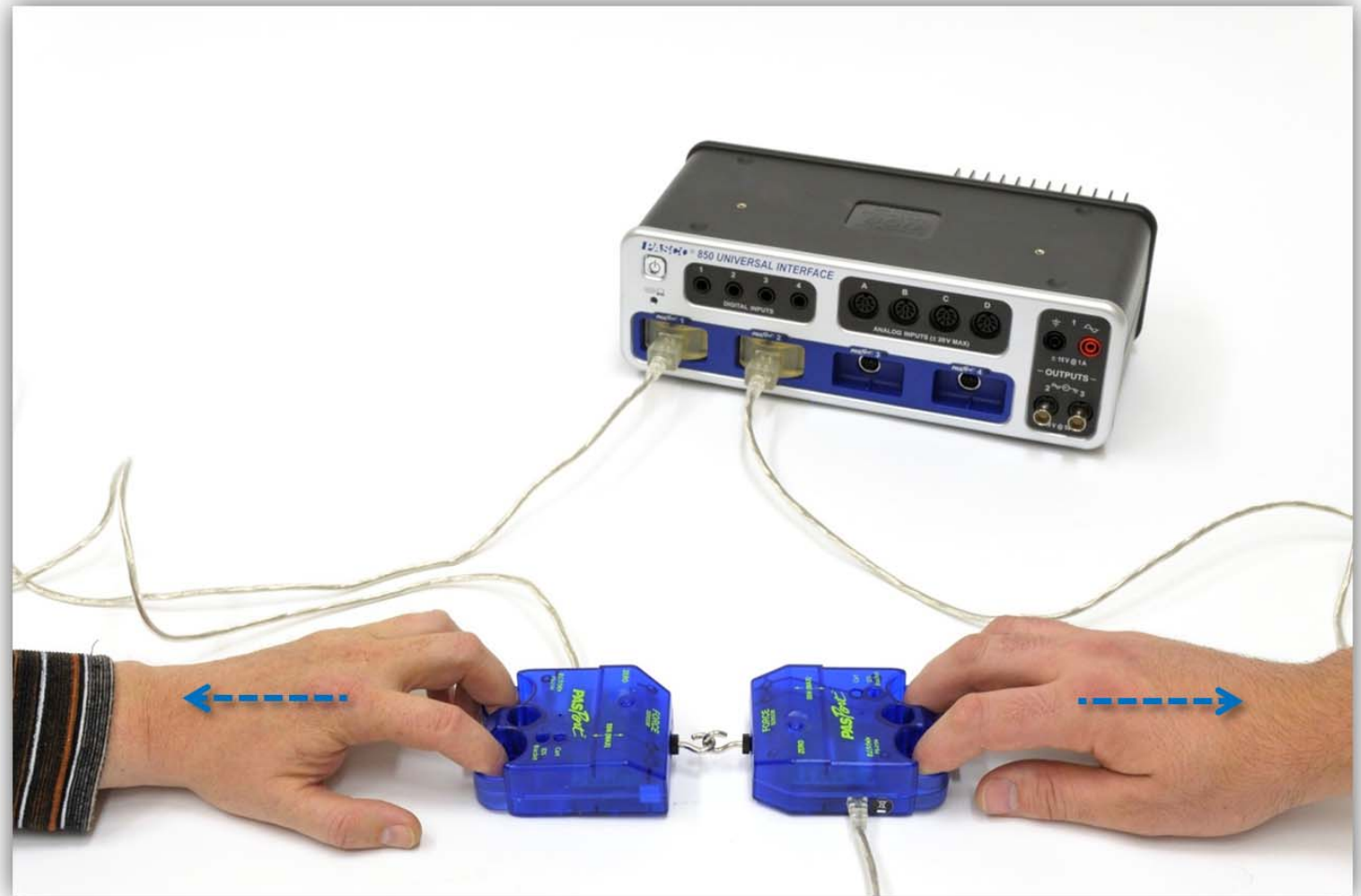
### Co budeme potřebovat?

- dva senzory síly
- univerzální měřicí rozhraní 850 (jiné vhodné USB rozhraní)
- svorku pro uchycení senzoru síly ke stolu



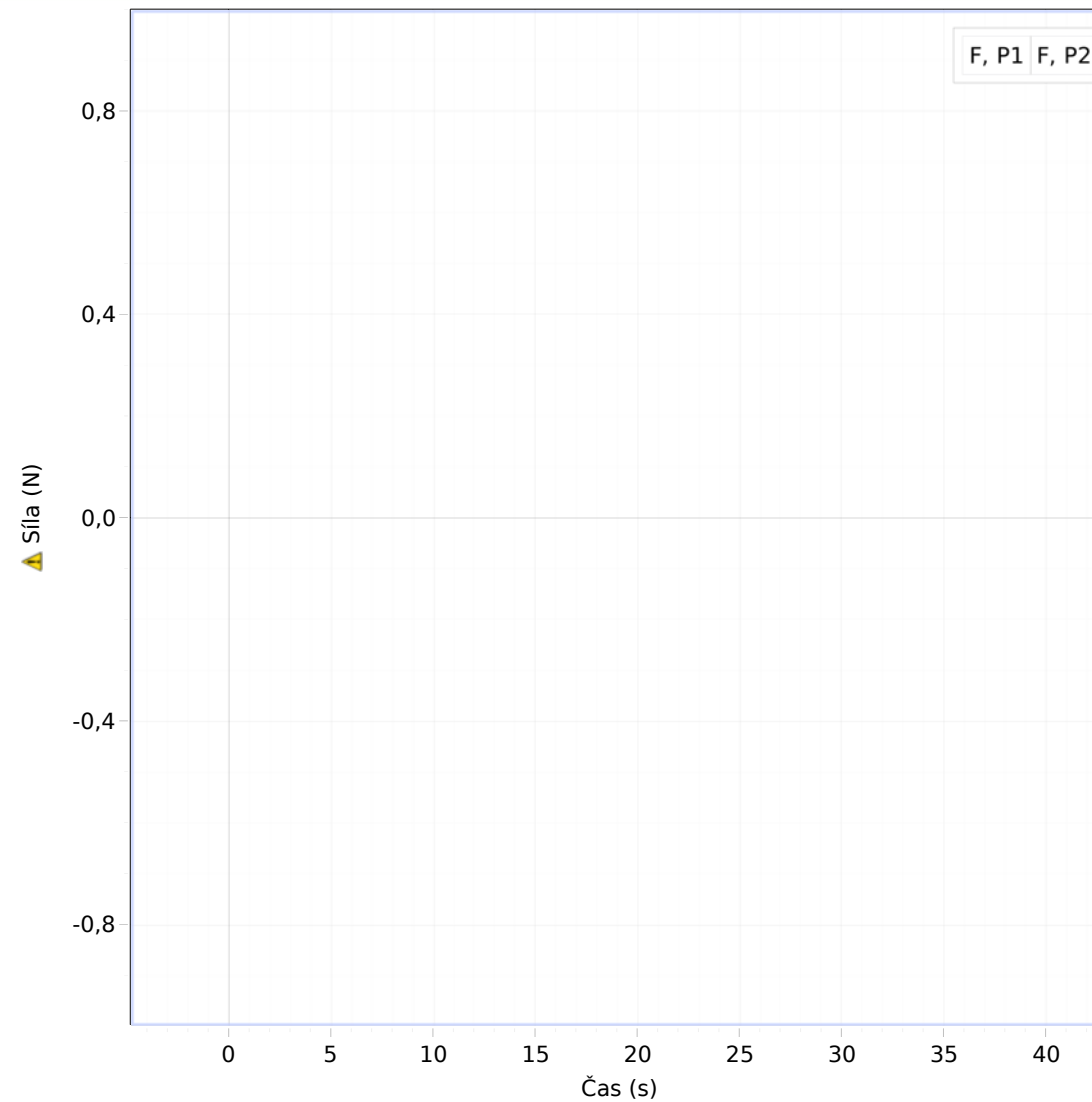
## Příprava a sestavení experimentu

1. Oba senzory síly připojíme k měřicímu rozhraní propojenému s počítačem.
2. Háčky obou senzorů síly zaklesneme za sebe, aby byly umístěny v rovině proti sobě.



## Provedení experimentu – záznam dat

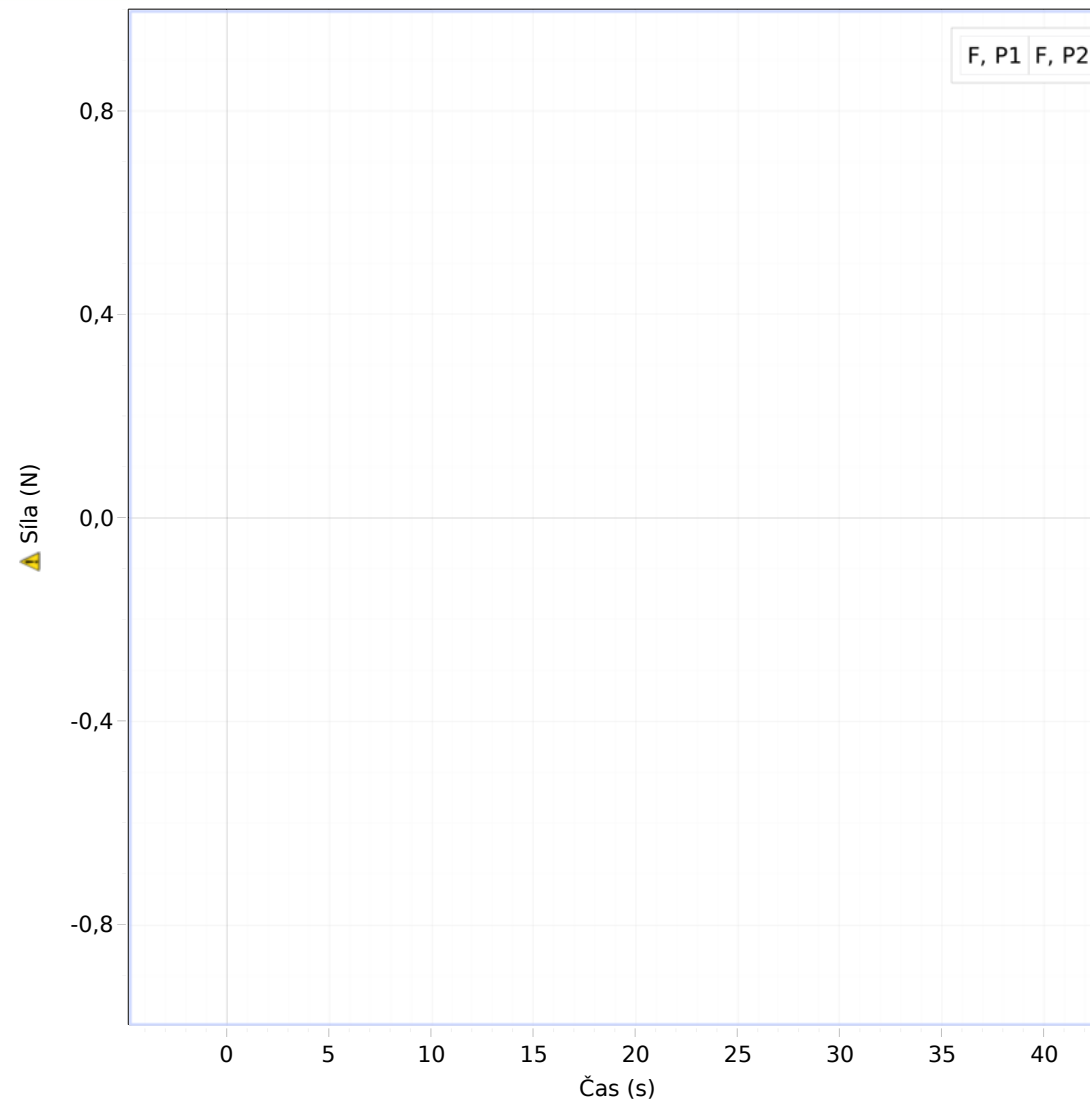
1. Spustíme měření a postupně natahujeme a stlačujeme oba jednotlivé siloměry, abychom zjistily, jakou výchylku v grafu (kladnou nebo zápornou) ukazují siloměry v závislosti na směru, kterým na ně působíme. Ukončíme měření.
2. Pokračujeme vlastním pokusem rozděleným na tři části.
3. Ve dvojici uchopíme oba siloměry, spustíme měření a přetahujeme se o ně (každý z dvojice táhne na opačnou stranu). Dbáme přitom na to, abychom nepřekročili maximální rozsah siloměru.
4. V dalším měření jeden z dvojice podrží druhý siloměr na stole tak, aby nepohyboval rukou – snaží se za siloměr vůbec netahat (pouze ho v klidu držet), za první siloměr přitom taháme různě velkou silou.
5. Nakonec upevníme druhý siloměr svorkou k okraji stolu a po spuštění měření táhneme různě velkou silou pouze za první siloměr. V grafu sledujeme průběh síly na obou siloměrech.



Časový průběh sil na siloměrech

## Analýza naměřených závislostí - teorie

1. První, čeho si můžeme všimnout v grafu naměřených závislostí, je směr působení sil. V prvním případě, kdy se o siloměry přetahují dva lidé, je dobře pochopitelné, že obě síly působí směrem od sebe (v grafu se to při daném nastavení projeví tak, že hodnoty na jednom siloměru jsou kladné, na druhém záporné).
2. Zajímavé je teprve to, že i když druhý siloměr pouze přidržujeme na stole (aktivně za něj netaháme), nebo ho dokonce necháme pouze připnutý ke stolu (a nemůžeme ho tedy nijak ovlivňovat), výsledky jsou vždy stejné. My působíme prostřednictvím prvního siloměru na druhý nějakou silou, která se většinou nazývá **akce**, a to automaticky vyvolává sílu opačného směru, kterou působí druhý siloměr na první. Tato opačná síla se nazývá **reakce**.
3. Je důležité si uvědomit, že síly akce a reakce působí každá na jiné těleso (na opačný siloměr), proto tyto síly například nelze skládat.



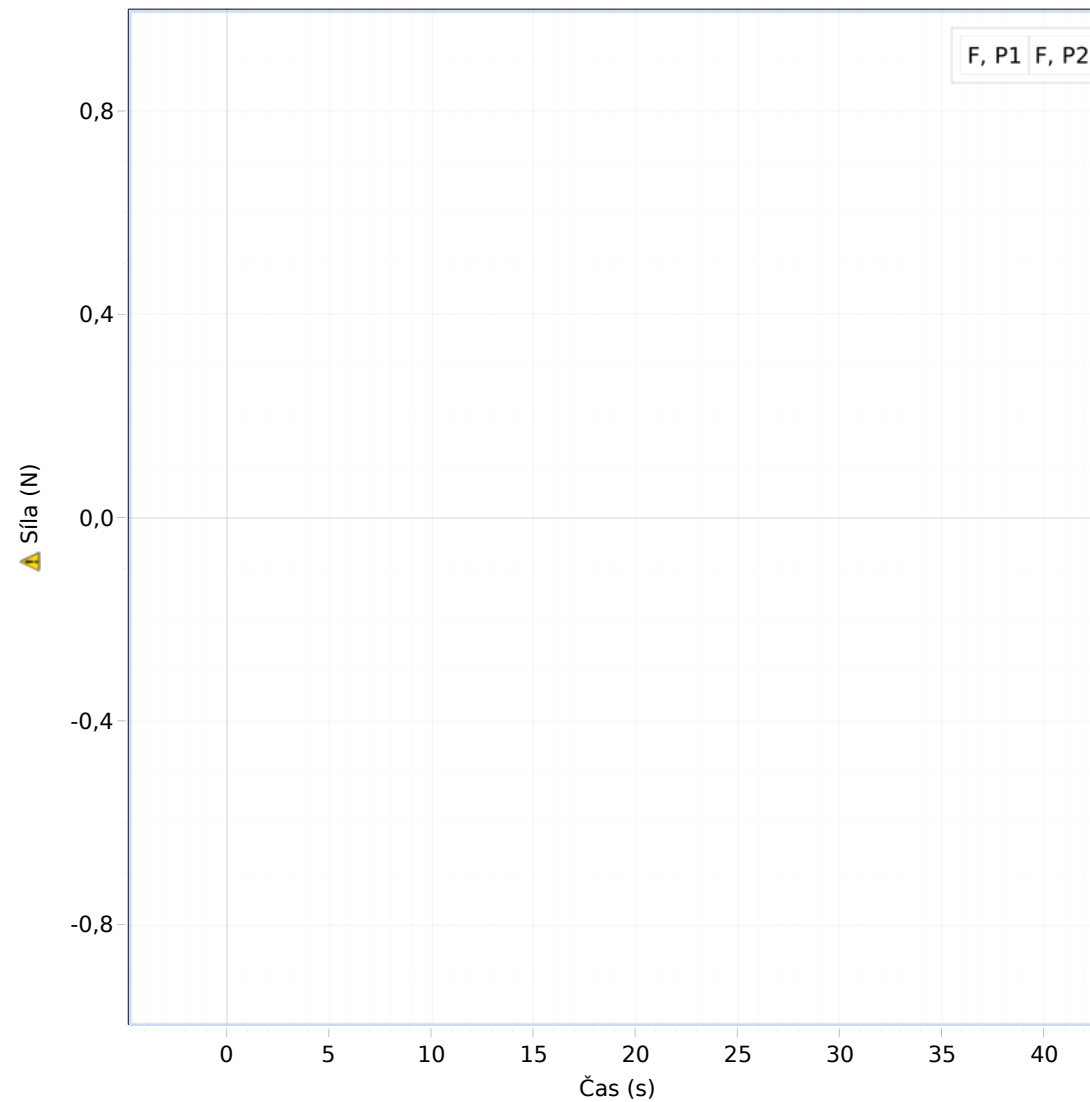
Časový průběh sil na siloměrech



## Vlastnosti akce a reakce - úkoly

Už jsme si ukázali, že **akce** a **reakce** mají opačný směr a působí každá na opačné z těles při vzájemném silovém působení. To vysvětluje úvodní problém s pohybem automobilu. Pneumatika působí třecí silou (akcí) na vozovku směrem dozadu, přičemž vzniká reakce – síla, kterou působí naopak vozovka na pneumatiku (a prostřednictvím kola na celé auto) směrem dopředu. Je to tedy reakce na třecí sílu, co pohání automobil.

1. Prohlédněte si ještě jednou naměřené závislosti sil a pokuste se určit další vlastnosti, které můžeme akci a reakci přisoudit. Zkuste porovnávat jejich velikosti a časy, kdy začínají a přestávají působit.
2. Nakonec zformulujte, co vše zřejmě platí pro síly akce a reakce.



Časový průběh sil na siloměrech

## B. Pohyb stejně těžkých těles daný vzájemným působením

## Úvod

Síly vzájemného působení – síly **akce** a **reakce** – můžeme pozorovat téměř v nekonečném množství příkladů, kdy na sebe působí nějaká dvě tělesa. Už jenom když v klidu sedíme na židli, působíme prostřednictvím naší tíhy na židli (akcí) a židle na nás působí reakcí (směrem nahoru), abychom se nepropadli na podlahu. Na dobře polstrované židli nebo **sedadle** se tato síla rozloží na větší plochu, aby nás příliš netlačila.

Kromě statických účinků mohou síly akce a reakce ovlivňovat samozřejmě také pohyb těles a měnit jejich rychlost.

V následujícím pokusu prozkoumáme nejjednodušší případ, kdy na sebe nějakou dobu působí odpuzivými silami akce a reakce dvě stejně těžká tělesa, která jsou na začátku v klidu.



Foto: [morgueFile](http://morguefile.com) free photo archive (morguefile.com)

V následujícím pokusu prozkoumáme nejjednodušší případ, kdy na sebe nějakou dobu působí odpudivými silami akce a reakce dvě stejně těžká tělesa, která jsou na začátku v klidu.

### Co budeme potřebovat?

- univerzální měřicí rozhraní 850
- dvě fotobrány s příslušenstvím pro uchycení na vozíkovou dráhu
- vozíkovou dráhu
- dva vozíky se závažími a maskami k fotobránám
- nit
- nůžky



## Příprava a sestavení experimentu

1. Fotobrány připojíme k měřicímu rozhraní propojenému s počítačem a pomocí svorek je upneme na vozíkovou dráhu ve vzdálenosti asi **40 cm** od sebe.
2. Na oba vozíky nasadíme masky směrem s nejhustšími proužky nahoru, vozíky k sobě přiblížíme **konci s magnety** a **svážeme vozíky nití** tak, aby se čela vozíků nacházela asi 1 cm daleko od sebe.
3. Vozíky položíme na vodorovně vyrovnanou vozíkovou dráhu mezi fotobrány a výšku fotobran nastavíme tak, aby horní pásek masky (s šířkou proužků 0,5 cm) protínal při pohybu paprsky fotobran.



## Postup práce – záznam dat

1. Zkontrolujeme, že se vozíky nachází uprostřed mezi fotobránami, spustíme měření a nůžkami opatrně přestříhneme niť mezi vozíky.
2. Vozíky odpuzované magnety se rozjedou od sebe, poté, co projedou fotobránami, ukončíme měření. V tabulce se přitom zobrazí několik hodnot zaznamenané rychlosti vozíků (každý sloupec zobrazuje rychlosti v jedné fotobráně).
3. Pokus zopakujeme s tím, že na oba vozíky položíme jedno stejné závaží.

Rychlosti vozíků

	<Nejsou vybrána žádná data> ⚠ Rychlost, kanál 1 (m/s)	<Nejsou vybrána žádná data> ⚠ Rychlost, kanál 2 (m/s)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		

## Analýza naměřených hodnot – úkoly

1. Na základě naměřených hodnot se pokuste stanovit, jaké rychlosti získají dva stejně těžké vozíky, které se vzájemně odpuzují silami akce a reakce (porovnávejte například maximální rychlosti obou vozíků z tabulky).
2. Okomentujte, co může mít vliv na přesnost daného měření a jak se to projeví na výsledku pokusu.
3. Pokuste se také objasnit, proč hodnoty rychlosti vozíků v tabulce postupně klesají.

Rychlosti vozíků

	<Nejsou vybrána žádná data> ⚠ Rychlost, kanál 1 (m/s)	<Nejsou vybrána žádná data> ⚠ Rychlost, kanál 2 (m/s)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		

## C. Pohyb nestejně těžkých těles daný vzájemným působením



## Úvod

Velmi důležité uplatnění sil **akce** a **reakce** můžeme pozorovat u **reaktivního pohonu**, kterého využívají proudové a raketové motory. Směs spáleného paliva a okysličovadla zde po průchodu tryskou proudí vysokou rychlostí směrem dozadu a reakce na sílu vypuzující plyn z motoru pohání motor směrem dopředu.

Je to velmi podobné, jako když **vystřelíme** z pušky nebo z kuše. Náboj vyletí velkou rychlostí směrem dopředu a zároveň ucítíme pomalejší pohyb pušky směrem dozadu, který se projeví nárazem pažby do našeho ramene.

V následujícím experimentu se pokusíme zjistit, jak závisí rychlosti, které získají dvě tělesa působením sil akce a reakce, na jejich hmotnostech.



Foto: **Wikipedia** (wikipedia.org)

V následujícím experimentu se pokusíme zjistit, jak závisí rychlosti, které získají dvě tělesa působením sil akce a reakce, na jejich hmotnostech.

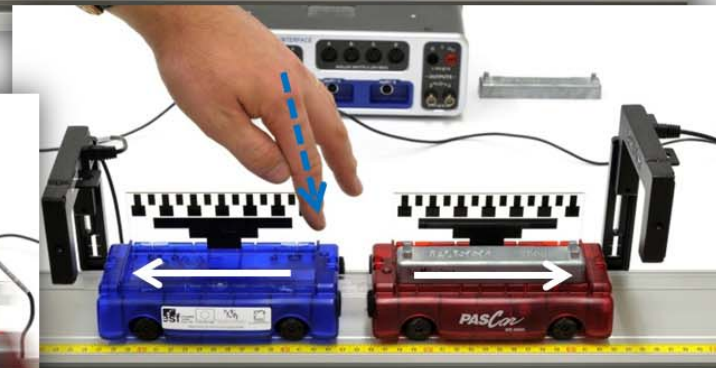
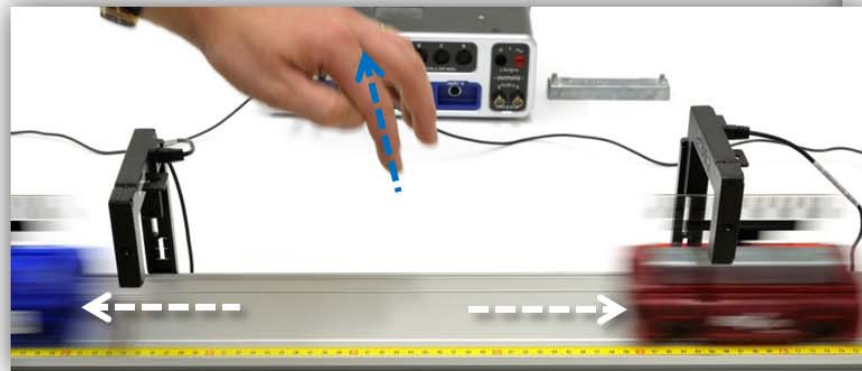
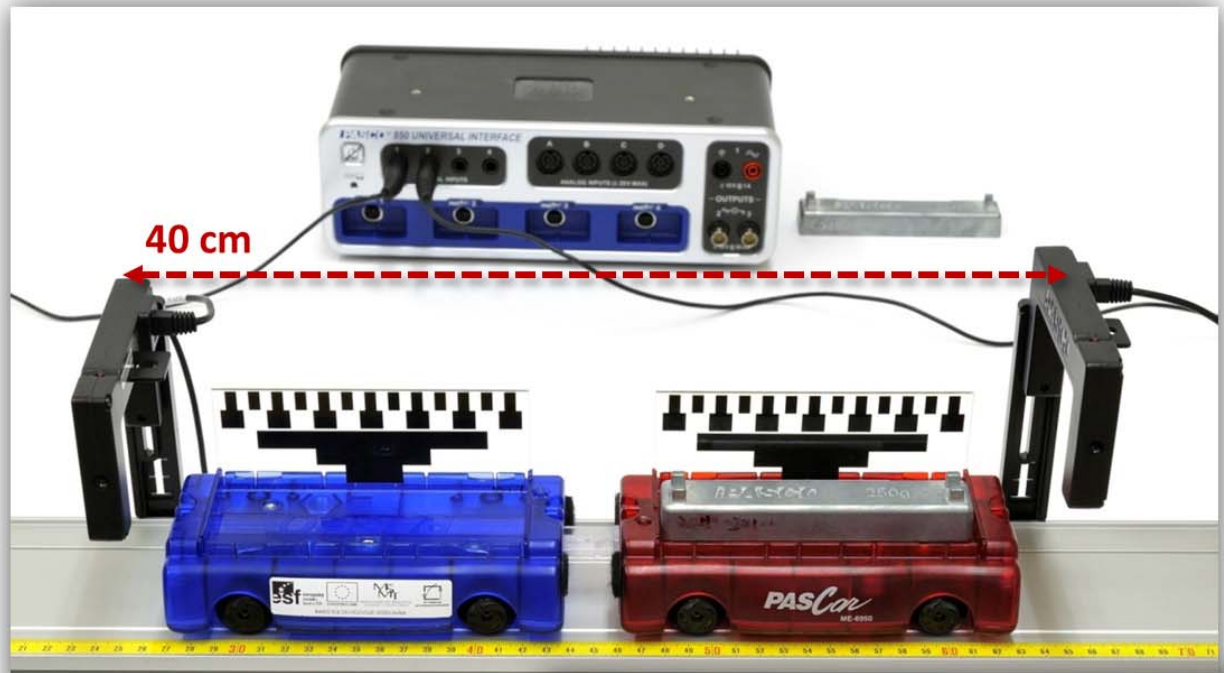
### Co budeme potřebovat?

- univerzální měřicí rozhraní 850
- dvě fotobrány s příslušenstvím pro uchycení na vozíkovou dráhu
- vozíkovou dráhu
- dva vozíky se závažími a maskami k fotobránám



## Příprava a sestavení experimentu

1. Fotobrány připojíme k měřicímu rozhraní propojenému s počítačem a pomocí svorek je upneme na vozíkovou dráhu ve vzdálenosti asi **40 cm** od sebe.
2. Na oba vozíky nasadíme masky směrem s nejhustšími proužky nahoru.
3. Vozíky položíme na vodorovně vyrovnanou vozíkovou dráhu mezi fotobrány tak, aby směřovaly k sobě **konci se zabudovanými píсты** s pružinami.
4. Výšku fotobran upravíme tak, aby horní pásek masky (s šířkou proužků 0,5 cm) protínal při pohybu paprsky fotobran.



## Postup práce – záznam dat

1. Píst s pružinou u prvního vozíku vysuneme asi do jedné čtvrtiny a necháme zajištěný pojistkou. Na druhý vozík položíme jedno závaží a posuneme ho tak, aby se dotýkal čelem pístu prvního vozíku.
2. Spustíme měření a krátkým klepnutím prstu do pojistky pístu na prvním vozíku uvolníme pružinu, čímž odrazíme oba vozíky od sebe.
3. Poté, co oba vozíky projedou fotobránami, ukončíme měření.
4. V horní tabulce se během měření zobrazují hodnoty rychlosti obou vozíků v daných bránách. Vybereme pro každý vozík maximální (většinou první) hodnotu rychlosti a zapíšeme ji do připravené tabulky k daným hmotnostem vozíků.
5. Pokus následně opakujeme pro ostatní kombinace hmotností vozíků uvedené v tabulce. (Pozn.: prázdný vozík váží stejně jako jedno závaží 250 g, k odražení vozíků vždy využíváme píst na prvním vozíku)

Rychlosti vozíků

	<Nejsou vybrána žádná data> ⚠ Rychlost, kanál 1 (m/s)	<Nejsou vybrána žádná data> ⚠ Rychlost, kanál 2 (m/s)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		

Hybnosti vozíků

	▶ vzájemné působení	▼ vzájemné působení	✂ vzájemné působení	▲ vzájemné působení
	hmotnost prvního v oz. (g)	hmotnost druhého v oz. (g)	celková hybnost před srážkou (kg·m·s <sup>-1</sup> )	celková hybnost po srážce (kg·m·s <sup>-1</sup> )
1	250	500		
2	250	750		
3	500	250		
4	750	250		

## Analýza naměřených hodnot - úkoly

- Z naměřených údajů rychlosti vozíků ve spodní tabulce se pokuste stanovit, jak souvisí rychlosti vozíků (které získají působením sil akce a reakce) s jejich hmotnostmi. Svoje závěry co nejpřesněji zformulujte. *Jako pomoc si můžete do posledního sloupce tabulky spočítat vhodný poměr rychlostí vozíků.*
- Zopakujte pokus také pro stejné hmotnosti vozíků a na základě výsledků diskutujte, co může ovlivňovat hodnoty výsledných rychlostí vozíků.

Rychlosti vozíků

	<Nejsou vybrána žádná data> ⚠ Rychlost, kanál 1 (m/s)	<Nejsou vybrána žádná data> ⚠ Rychlost, kanál 2 (m/s)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		

Hybnosti vozíků

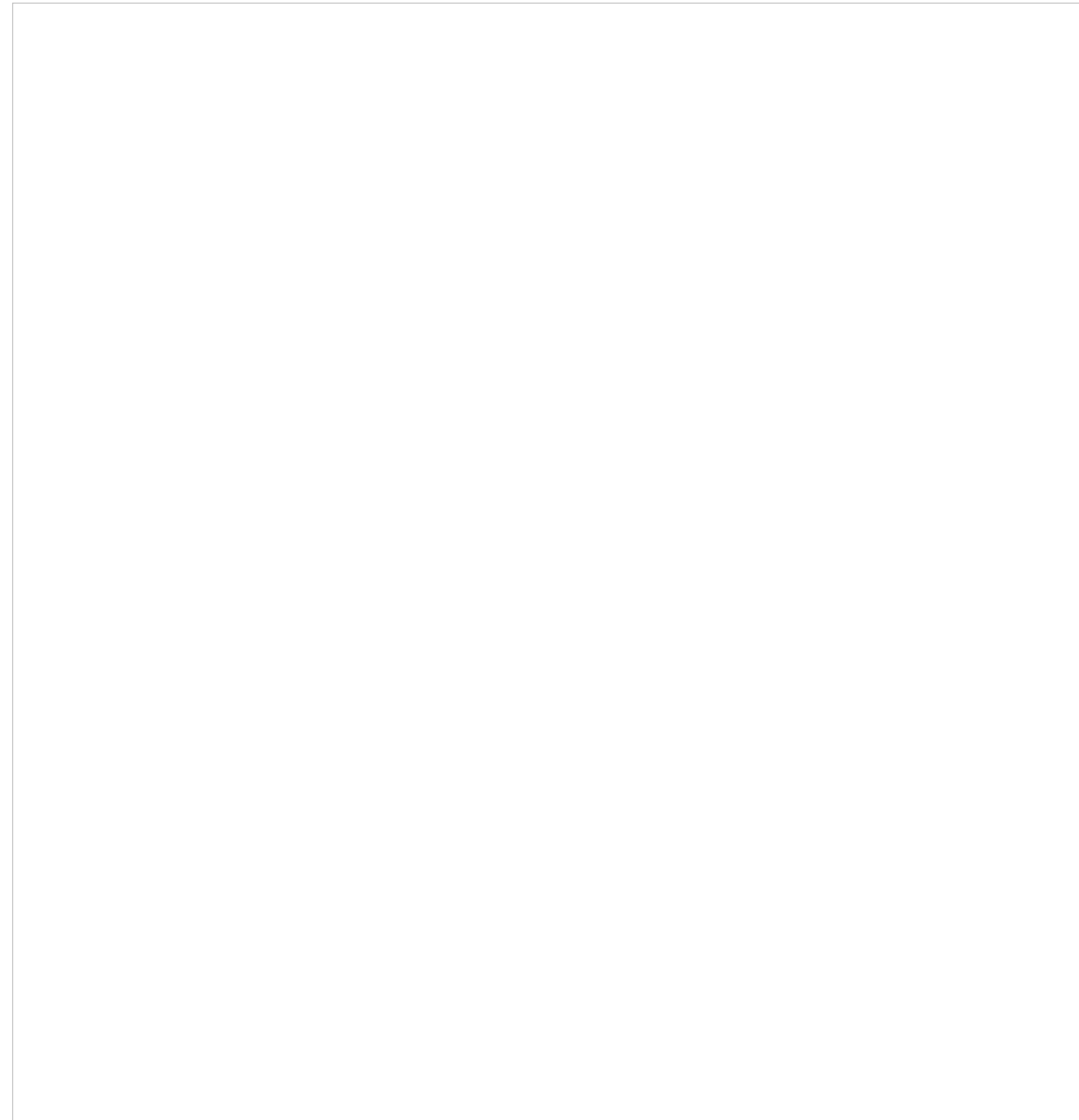
	↔ vzájemné působení	▼ vzájemné působení	↕ vzájemné působení	▲ vzájemné působení	↔ vzájemné působení
	hmotnost prvního voz. (g)	hmotnost druhého voz. (g)	celková hybnost před srážkou (kg·m·s <sup>-1</sup> )	celková hybnost po srážce (kg·m·s <sup>-1</sup> )	poměr rychlostí vozíků
1	250	500			
2	250	750			
3	500	250			
4	750	250			

## Závěr

Pokuste se shrnout, za jakých podmínek vznikají síly akce a reakce a jaké mají tyto síly vlastnosti.

Uveďte několik různých příkladů, kde můžeme síly akce a reakce pozorovat, případně využít.

Na konkrétních příkladech také ukažte, jak souvisí rychlosti těles získané působením akce a reakce s jejich hmotnostmi.



## Použité materiály a další informační zdroje

SVOBODA, Emanuel a kol. *Přehled středoškolské fyziky*.

Praha: SPN, 1991. ISBN 80-04-22435-0.

*Použité fotografie z externích zdrojů:*

**Wikipedia** (wikipedia.org)

**morgueFile** free photo archive (morguefile.com)

## Metodické poznámky

- První pokus a jeho pochopení je možné doprovodit motivační úlohou typu: „Provázek vydrží maximální tahovou sílu 100 N. Přetrhne se provázek, pokud se o něj budou přetahovat dva lidé tak, že na jeho konce budou působit každý silou 80 N?“ To, že se provázek nepřetrhne, můžeme vysvětlit tím, že situace je stejná, jako kdybychom druhý konec provázku uvázali ke sloupu a tahali pouze za jeden konec.
- Aby byl dostatečně průkazný výsledek druhého experimentu, je důležité, abychom při vzájemném působení vozíků na sebe neovlivnili jeden nebo druhý vozík vnější silou. Proto volíme svázání vozíků nití a její následné přestřížení (nit je možné také přepálit hořící zápalkou).
- U třetího experimentu s různými hmotnostmi vozíků je z hlediska časové úspory a lepšího rozsahu působících sil zvoleno působení prostřednictvím stlačené pružiny. Při uvolňování pojistky prstem (můžeme též vyzkoušet klepnout na pojistku vhodným předmětem) tak nutně ovlivňujeme pohyb jednoho vozíku. Z toho důvodu jsou také voleny k vyzkoušení i opačné poměry hmotnosti vozíků (vozík, který odjišťujeme, je trochu brzděn a jeho získaná rychlost bývá o něco menší, než odpovídá teorii).
- Vhodnou velikost síly, kterou jsou vozíky odtlačovány, můžeme podle hmotnosti vozíků upravit větším nebo menším počátečním vysunutím pružinového pístu.