



**KLÁRA** Musím říci, že tyhle důsledky zákona setrvačnosti jsou velmi zábavná věc. Jen mi není jasné, jak na tenhle zákon mohli přijít Galileo a Newton, když neměli k dispozici tramvaj s řidičem jako my.

**ZDENĚK** V 17. století už byla spousta jiných věcí, na kterých se zákon setrvačnosti mohl ilustrovat. Například když jezdec spěchal na pádícím koni. Taková jízda se velmi podobala rovnoměrnému přímočarému pohybu. A když se kůň náhle něčeho lekl a prudce zabrzdil, jezdec, na kterého v tu chvíli nepůsobila žádná nová síla, měl tendenci setrvat v dosavadním pohybovém stavu a přes koně přepadl. A v 17. století byli jistě i různí kouzelníci a kejklíři. Na prvním pohybovém zákonu je založen dávný trik, kdy se na stůl s hladkým ubrusem postaví různé nádobí. A když kouzelník prudkým šklebnutím strhne ubrus ze stolu, nádobí zůstane stát na svém místě na stole. Třetí síla mezi ubrusem a nádobím je totiž malá a působí tak krátkou dobu, že se prakticky neprojeví a jiná

nová síla na nádobí v tu chvíli nepůsobí. Proto nádobí setrvá tam, kde je.

**MARTIN** Hlavně tento pokus nezkoušejte s maminčíným servisem křišťálových sklenic na víno jako já... Ale měli bychom se posunout ke druhému pohybovému zákonu. Žádné rande totiž nelze do nekonečna protahovat.

**KLÁRA** Už dávám pozor.

**MARTIN** Zatímco první ze zákonů, zákon setrvačnosti, leckdy odporuje naší smyslové zkušenosti, druhý Newtonův

zákon, který je nazýván také jako „zákon síly“, se dá naopak odvodit intuitivně. Na začátku tohoto rande jsme si říkali, že všude, kde je nějaká změna pohybového stavu, musí silově působit nějaký pachatel nebo pachatelé. Při přímočarém pohybu pak těleso (tedy oběť) ve směru této působící síly zrychluje. Pokud síla působí proti pohybu, těleso naopak zpomaluje. I pohyb do zatáčky je vlastně speciálním případem zrychleného pohybu – síla působí ze strany a těleso zatáčí. V takovém případě může rychlost zůstat stále stejně velká. Takže suma sumárum, když se mění rychlost nebo se mění směr pohybu, je k tomu zapotřebí síly. A kde se objeví síla, tam se musí objevit i nějaké zrychlení. Teď si, Kláro, představ, že máš dva stejné vozíky. Jeden je lehký, protože je prázdný, a druhý je těžký, protože je plně naložený. Ty bys na oba vozíky tlačila vždy stejnou silou. Který vozík bys rozjela s větším zrychlením?

**KLÁRA** Intuice mi říká, že ten prázdný vozík by se asi rozjížděl rychleji.



**MARTIN** Správně. Při působení konstantní síly je zrychlení tělesa tím větší, čím menší je jeho hmotnost. Hmotnost tedy vyjadřuje něco jako nechuť tělesa měnit rychlost a směr. A velikost zrychlení je nepřímo úměrná hmotnosti tělesa. To se dá matematicky zapsat jako:

$$a \sim \frac{1}{m}$$

Kde písmeno  $m$  značí hmotnost tělesa. A teď si, Kláro, představ, že ti zůstal jenom ten plně naložený vozík. Jednou ho budeš rozjíždět největší silou, kterou dokážeš vyvinout, a jednou jenom tak na polovinu svých sil – na půl plynu, jak se někdy obrazně říká. Ve kterém případě dosáhne vozík většího zrychlení?

**KLÁRA** Myslím, že čím větší silou budu tlačit, tím větší zrychlení vozík získá.

**MARTIN** Správně. Velikost zrychlení je přímo úměrná velikosti síly, která ho způsobuje. I to se dá jednoduše zapsat:

$$a \sim F$$

Když sloučíme obě úměry do jedné, dostaneme elegantní vztah pro zrychlení:

$$a = \frac{F}{m}$$

Tento vztah je vlastně matematickým vyjádřením druhého Newtonova pohybového zákona. Slovně ten zákon

zní: „Zrychlení tělesa je přímo úměrné síle, která ho vyvolává, a nepřímo úměrné hmotnosti tělesa.“ Ale můžeš si zapamatovat jen kratší verzi, takový zpěvný slogan: „*Když síla, tak zrychlení*“. A teď si zkus upravit vzorec vyjadřující druhý pohybový zákon tak, abys dostala vztah pro výpočet velikosti působící síly.

**KLÁRA**

$$F = m \cdot a$$

**MARTIN** Tím jsi dostala jednoduchý a užitečný vztah pro výpočet velikosti síly, když znáš hmotnost tělesa a jeho zrychlení.



**ZDENĚK** A nejen to. Z tohoto vztahu můžeš také snadno odvodit jednotku, ve které se velikost síly udává. Jaká je základní jednotka pro hmotnost?

**KLÁRA** Gram?

**ZDENĚK** Chyba! Pamatuj si jednu provždy, že základní fyzikální jednotkou pro hmotnost je kilogram a ne gram. Já vím, je to trochu nelogické, ale historicky je to tak dáno. A teď si vzpomeň na minulé rande. Jaká je jednotka pro zrychlení?

**KLÁRA** Metr za sekundu na druhou.

**ZDENĚK** Tak a teď obě jednotky spoj dohromady.

**KLÁRA** Kilogram krát metr za sekundu na druhou?

**ZDENĚK** Ano. Ale protože je to trochu neohrabaný název pro jednotku, fyzikové ji na počest Isaaca Newtona nazvali newton se zkratkou N. Ale jinak je to úplně totožná jednotka s prve uvedeným fyzikálním rozměrem.

**KLÁRA** A mohu si nějak představit sílu o velikosti jednoho newtonu?



**ZDENĚK** To je přibližně síla, kterou potřebuješ na to, abys na své dlani udržela těleso o hmotnosti 100 g, tedy zhruba jedné desetiny kilogramu. To může být pověštné Newtonovo jablko anebo třeba mini smart-phone.

**KLÁRA** Tak to zase není tak velká síla.

**ZDENĚK** Však také síly, které se vyskytují v běžném světě okolo nás, mají zpravidla mnohonásobně vyšší hodnoty. Na vytažení desetilitrového kbelíku s vodou ze studně potřebuješ sílu něco přes 100 N. Motor závodního auta vyvine při plné akceleraci sílu okolo 4000 N. Naše čelist při kousání potravy dokáže vyvinout sílu až 6000 N. Obří stavební jeřáb zvedá břemena silou až 400 000 N. A tažná síla startujícího raketoplánu je v prvních dvou minutách letu dokonce dva miliony newtonů.

**MARTIN** Nechci vás honit a už vůbec ne přerušovat, ale na tomto rande s Fyzikou musíme probrat ještě třetí Newtonův pohybový zákon.

**KLÁRA** Tak, pojďme na něj.



**MARTIN** Třetí Newtonův zákon se také často nazývá zákon akce a reakce. Říká přesně toto: Síly, kterými na sebe vzájemně působí dvě tělesa, jsou vždycky stejně velké, navzájem opačného směru a současně vznikají i zanikají.

**KLÁRA** Můžeme si to ještě jednou názorně vysvětlit?

**ZDENĚK** Představme si, že jedno těleso začne působit na druhé nějakou silou, kterou si nazveme „akce“. Pak v ten samý okamžik začne na oplátku to druhé těleso působit na první jinou silou, kterou si nazveme „reakce“. Obě

*Při startu běžec zatlačí podrážkou svých bot do startovního bloku a ten stejně velkou silou, ale v opačném směru zase zatlačí do běžcovy nohy. Tím udělá zrychlení potřebné k vyběhnutí.*

