

# NEWTON LAWS AS AN OPPORTUNITY FOR TECHNOLOGY EDUCATION INNOVATION

## NEWTONOVY ZÁKONY JAKO PŘÍLEŽITOST PRO INOVACI VÝUKY TECHNIKY A TECHNOLOGIÍ

Václav Tvarůžka

### Abstract

The paper deals with the change of Frame Educational Programme for Secondary Schools that eliminates Newton Laws Education, Ohm's Law, energy change and astronomical topics out of the subject of Physics. It describes how to apply basic principles of mechanics, so called inertia, law of force and law of action-reaction to technological education at secondary schools in wider connections of cross-curricular relations. A practical activity of a flywheel production is introduced, which integrates teaching the working procedure, measuring, preparation production and application of flywheels in technical areas. Further, there are arguments stated to defend the lesson contents, which provide some potential to further develop preconcepts in technology.

**Key words:** *Newton's laws of motion, Technology education, Innovation, flywheel*

### Abstrakt

Článek reaguje na změnu Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání, kterým se vyřazuje výuka Newtonových zákonů, Ohmova zákona a astronomických témat z výuky fyziky na základních školách. Popisujeme, jak lze základní principy mechaniky, tj. setrvačnost, zákon síly a zákon akce a reakce, aplikovat do výuky techniky na základních školách v širších souvislostech mezipředmětových vztahů. Představujeme praktickou činnost výroby setrvačnicku, která v sobě integruje výuku pracovního postupu, měření, výroby přípravků a uplatnění setrvačnicků v technických oborech. Rovněž popisujeme argumenty, kterými chceme obhájit zachování obsahů výuky, které mají potenciál dalšího rozvoje prekonceptů v technice.

**Klíčová slova:** *Newtonovy zákony, setrvačnost, setrvačnick, technická výchova*

## 1 OSOBNOST ISAACA NEWTONA V DĚJINNÉM KONTEXTU

Isaac Newton je osobnost, která je v oblasti techniky natolik známá, že hovořit o ní by bylo až banální. Newtonovy zákony patří k pilířům fyziky a techniky.

Na období baroka nemůžeme pohlížet pouze jako na dobu „temna“, Issak Newton vydal v roce 1687 knihu *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* a položil základy klasické mechaniky. Toto dílo je dnes řazeno mezi nejdůležitější knihy v historii vědy. Právě v ní definoval své 3 základní fyzikální zákony. Newton ve svých „principiích“ popisuje zákon všeobecné gravitace a své pohybové zákony. V mechanice Newton formuloval teorii o zachování hybnosti a momentu hybnosti. Na poli optiky sestavil první zrcadlový dalekohled a na základě pozorování, že optické hranoly rozkládají bílé světlo do jednotlivých barev viditelného spektra. Rovněž popsal princip sextantu, avšak svůj objev považoval za natolik jednoduchý, že jej nepublikoval. Newton byl natolik výjimečná osobnost, že bychom výuku jeho osobnosti a díla neměli jakkoli redukovat, ale vysvětlovat.

V roce 2021 došlo rozhodnutím MŠMT k revizi Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání, při níž došlo k vyřazení Newtonových zákonů, Ohmova zákona a astronomických témat z výuky fyziky na základních školách. Tento akt neprošel veřejnou diskusí a autoři změn jsou v převážné většině především odborníci na informační technologie. Moderní fyzika se opírá o osobnost Alberta Einsteina, je však známým faktem, že teorie relativity koresponduje s Newtonovskou fyzikou.

## 1.1 NEWTONOVY ZÁKONY

Zákon setrvačnosti je označován jako I. Newtonův zákon.

„Těleso zůstává v klidu nebo rovnoměrném přímočarém pohybu, není-li nuceno vnějšími silami tento stav změnit.“

Přínos Newtona spočívá v tom, že abstrahoval skutečnost, že síla není nutnou příčinou pohybu, tělesa se mohou v prostoru pohybovat i bez působení sil. Ovšem tento pohyb musí být rovnoměrný a přímočarý (nemění se velikost rychlosti ani směr). Těleso si tedy zachovává svůj pohybový stav z okamžiku, kdy na něj přestala působit poslední síla.

Druhý Newtonův pohybový zákon tedy říká, že síla je příčinou změny pohybu, nikoli pohybu jako takového. Na rozdíl od prvního pohybového zákona se tělesa, na která působí síla, nebudou pohybovat rovnoměrně přímočaře, ale jejich pohyb bude zrychlený, zpomalený, bude měnit směr, případně kombinace těchto možností.

Třetí Newtonův zákon je Zákon akce a reakce.

Dvě tělesa na sebe navzájem působí stejně velkými silami opačného směru. Tyto síly vznikají a zanikají současně.

Je paradox, že v roce 2021 se projevily snahy o to, aby Newtonovy fyzikální zákony byly vyřazeny z Rámcových vzdělávacích programů pro základní vzdělávání s tím, že jsou pro žáky příliš náročné viz Opatření ministra školství, mládeže a tělovýchovy, kterým se mění Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (2021). Dále popisujeme, jak lze princip setrvačnosti aplikovat do výuky techniky na základních školách v širších souvislostech mezipředmětových vztahů.

## 1.2 POHYBOVÉ ZÁKONY V TECHNICE

Setrvačnost jako princip pohybu je v technice fenomén. Snaha tělesa setrvávat v okamžitém pohybovém stavu se nazývá setrvačností. Setrvačností se těleso brání proti změně svého pohybového stavu, tzn. proti zrychlení.

Zákon setrvačnosti lze experimentálně testovat jen při vyloučení nebo kompenzaci všech vnějších sil, což je v plné míře nemožné, částečně to však vyřešit lze. Dnes, kdy posíláme sondy za hranici sluneční soustavy, nás skutečnost nepřekvapuje, ale v dobách baroka tuto zkušenost neměli.

Eliminaci nežádoucích sil, např. tření, techniky vedlo k vynálezům ložisek, maziv, silovým kompenzacím včetně pošetilých snah o vynálezy věčného pohybu.

Setrvačnost je v technice využívána a nutno s ní počítat. Setrvačníky jako strojní součásti se používají k akumulaci energie a kompenzaci nepravidelného chodu motorů. Speciální oblastí je využívání gyroskopického momentu, jeho použití v gyroskopech, stabilizací lodí, družic či navigací.

Právě setrvačníky a jejich využití se v technice pravidelně objevuje, neboť pokrok ve výzkumu materiálů a tlak na energetické úspory a akumulaci gyroskopický jev nemohou pominout. Setrvačníky v sobě integrují všechny Newtonovy zákony, principy zachování energie a hybnosti.

Žáci se se setrvačníky setkávají v podobě hraček, nicméně výuka na základní škole, musí postulovat prekoncepty tak, aby umožňovaly rozvíjení odborných znalostí a jejich aplikaci v praxi. Téma setrvačnicků a setrvačnosti je obor, který v sobě integruje znalosti fyziky, matematiky, zeměpisu a umožňuje vše, co teoreticky vyložíme, ověřit experimentem s vlastní tvořivou činností.

## 2 VÝROBA SETRVAČNÍKU V ZÁKLADNÍ ŠKOLE

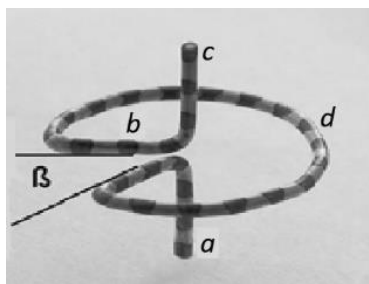
Pandemie koronaviru zapříčinila v českém školství situaci, kdy učitelé byli postaveni před problém učit žáky v režimu distančního on-line vzdělávání. Možnosti učit a experimentovat s materiály byly velmi omezené. Proto jsme navrhli možnost využít téma výroby setrvačnicku k výuce nejen fyziky, ale rovněž předmětu Praktické činnosti.

Setrvačnickem je i dětská hračka, která se lidově označuje jako „káča“. Tuto hračku můžeme zhotovit z velkého množství objektů, jako například kovový, plastový, dřevěný nebo papírový disk, který protneme ve středu „osou“ s hrotem. Profesor fyziky Takao Sakai je autorem setrvačnicku, který vytvořil v roce 1986 na základě originálního fyzikálního příkladu. Principem tohoto námětu bylo spočítat na základě momentu setrvačnosti tvar kovové sponky tak, aby vyrobený setrvačnick měl spojitě rozloženou hmotnost po obvodu rotace.

Při výuce techniky na základní škole z pochopitelných důvodů nemůžeme učit výpočet momentu setrvačnosti, ale můžeme se pokusit vyzkoušet empirické experimentování s možností experimentálního ověření. Výpočet úhlu, který kompenzuje spojitě rozložení hmotnosti po obvodu setrvačnicku uvádí například CH. Ucke, H. J. Schlichting (2005).

Úhel má hodnotu  $\beta = 53,13^\circ$  a je platný pro všechny průměry drátového setrvačnicku, tento fyzikální příklad koresponduje s vysokoškolskou úrovní studia. Protože při výuce žáků základní školy musíme tento poznatek didakticky transformovat, uvádíme modelové rozměry naší realizace v legendě obrázku 1. Tyto rozměry lze převést do poměrových veličin a postup publikoval J. G. Tao (2016). Tento autor rovněž popisuje postup výroby na základě přesného měření délek.

Na základě našich zkušeností a experimentů lze při realizaci vystačit s přesností úhlu  $53^\circ$ .



Obr. 1 Setrvačnick prof. Sakaie. Legenda orientačních rozměrů pro vnitřní průměr setrvačnicku 56 mm: a = 10 mm, b = 15 mm, d = 85 mm, b = 15 mm, c = 12 mm,  $\beta = 53,13^\circ$ .

Setrvačnick je velmi citlivý na nepřesnosti v rozměrech jednotlivých částí, proto doporučujeme provést výpočet délek jednotlivých segmentů. Výpočty délek lze provést na základě vzorce pro délku kruhové výseče, případně délku oblouku. Případné nepřesnosti lze kompenzovat empirickými zásahy na základě technické intuice, ale tato metoda je pracná a časově náročná. Přidanou hodnotou této práce je však vlastní technické experimentování.

Abychom vyrobili funkční setrvačnick v prostředí školní třídy, doporučujeme vyrobit jednoduché šablony (přípravky), s vyznačenou kruhovou výsečí úhlu  $\beta = 53^\circ$ , viz obrázek 2. V minimalistické variantě se mi osvědčilo víčko od PET lahve, na které narýsuje kruhovou výseč  $\beta = 53^\circ$ . Odlamovacím nožem vyřízne oblouk kruhové výseče a např. hřebíkem prosekneme střed víčka k vsunutí osy setrvačnicku a formaci paprsků drátu, viz obrázek 2.



Obr. 2 Elementární šablona pro výrobu setrvačnicku

Podle tohoto přípravku už je formování drátu a kontrola snadnější. Samotné tvarování drátu o šablony je proces, který vyžaduje získání určité motorické dovednosti, nutno počítat s pružnou a trvalou deformací drátu. Pečlivost rovněž vyžaduje kolmé a souosé směřování svislých os setrvačnicku, což je přidaná hodnota použitého přípravku. Obrázek 3 dokumentuje hotový setrvačnick.



Obr. 4 Hotový setrvačnick z mosazného drátu

## 2.1 DIDAKTICKÉ A KONCEPTUÁLNÍ ASPEKTY

Téma setrvačnicku umožňuje výuku konceptuálních znalostí. Vlastnosti, že rotující setrvačnick je nositelem velké kinetické energie, se využívá ke zrovnoměnění chodu strojů, např. výbušných motorů. Setrvačnický umožňuje akumulaci energie. Tento princip se pravidelně vrací v inovovaných podobách a již dnes lze vysledovat pokusy o eliminaci tření v ložiscích využitím magnetických polí a supravodičů. Lze dohledat užití setrvačnicků v gyrobusech, kde byly učiněny pokusy o eliminaci gyroskopických momentů využitím protiběžně rotujících setrvačnicků.

Setrvačnický jsou součástí gyroskopů, tj. zařízení, která stabilizují polohu v družicích, raketách, vojenské technice, vozítkách segway, gyrokompacech, gyrostatech lodí a podobně. Gyroskopický jev, který vychází ze zákona setrvačnosti, momentové věty a zákona zachování hybnosti, se však netýká pouze rotujících těles. Setrvačnost má například kyvadlo, kmitající těleso, nebo částice. Tento princip je základem gyroskopu, který je součástí našich chytrých telefonů a tabletů. V těchto zařízeních kmitají drobná tělíska, která jsou snímána akcelerometry a magnetometry. Čipy, které tyto senzory vzájemně propojují, označujeme jako IMU – Inertial Measurement Unit a jejich funkcí je otáčení obrazu v mobilních telefonech a další technice. Prvotním principem je však obyčejný setrvačnick.

Téma setrvačnicku v sobě integruje výuku Newtonových zákonů, zákonů zachování energie a hybnosti, gyroskopického momentu. Sekundárně se učitel dostane k tématům zeměpisu, navigaci, energetických přeměn a aplikace setrvačnicků v technice.

Zvláštní případ paradoxních vlastností setrvačnicku představuje hračka nazvaná Tippe-top. Tato hračka je známá především díky slavné fotografii nositelů Nobelovy ceny Nielse Bohra a Wolfganga Pauliho. Jedná se o setrvačnick, který si při rotaci hledá stabilní pozici těžiště. Aby bylo možné tippe-top převrátit a zvednout těžiště, musí vrchol setrvačnicku převést část své rotační hybnosti. Funguje to proto, že jeho těžiště je ve skutečnosti nižší než jeho geometrický střed. Tippe top lze vyrobit na soustruhu, nebo lze použít 3D tisku viz <https://www.yeggi.com/q/tippe+top/>, což je téma aktuální pro současné trendy výuky.

## ZÁVĚR

Odstranění témat Newtonových zákonů, vesmírných těles má negativní vliv na rozvíjení mezipředmětových vztahů a promítne se snížením úrovně konceptuálních znalostí v populaci. Téma vesmírných objektů, rozdíly mezi hvězdou a planetou atd. jsou témata, která mají potenciál zaujmout žáky a přivést je k tématu vědy a radosti poznávání. Doporučujeme ve výuce více zdůrazňovat význam geniálních osobností a klást důraz na jejich přínos pro udržení kvality života.

Odstranění témat energie, energetických přeměn z RVP jde proti tendenci důrazu na úsporu energií a environmentální oblast, životní styl a kvalitu života.

Odstraněním těchto obsahů výuky je aktem, který snižuje vážnost učitelů a veřejnosti je sdělováno, že tuto učební látku „neumějí naučit“. Nelze hovořit o vyspělém a moderním školství, pakliže je nutno vyškrtávat obsahy výuky přírodovědných předmětů. Tento článek hodlá zdůraznit, že fyzikální témata lze učit i alternativními metodami a experimentální činností.

Revizní zásahy nejsou podloženy relevantními výzkumnými pracemi a jedná se o zásahy „ad hoc“ pravděpodobně s nátlakem zájmových skupin.

Fyzikální zákony, které postuloval Isaac Newton a vydal roku 1687 v *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, jsou stále platné a aktuální. Jsme přesvědčeni, že výuka fyzikálních zákonů na základních školách by měla být orientována na vlastní experimentální činnost žáků tak, aby byla výuka vedena s vědomím konceptuálních vazeb a mezipředmětových vztahů současného paradigmatu technologií.

## Literatura

1. Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy. (2005). Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání – Příloha upravující vzdělávání žáků s lehkým mentálním postižením. <http://www.msmt.cz/vzdelavani/skolstvi-v-cr/skolskareforma/ramcove-vzdelavaci-programy>.
2. Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy. (2021). Opatření ministra školství, mládeže a tělovýchovy, kterým se mění Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. <https://www.msmt.cz/file/54865/>.
3. Newton, I. ([2010]). *The Principia: mathematical principles of natural philosophy*. Snowball Publishing.
4. Sakai, T. (1986). "Topics on tops which enable anyone to enjoy himself," *Mathematical Sciences* (数理科学), no. 271, p. 18-26.
5. Search Engine for 3D printable Models. <https://www.yeggi.com/q/tippe+top/>
6. Tao, J. G. The Sakai Top <https://jgtao.me/content/02-14-16/>
7. Ucke, Ch. (2016). "The paper-clip top (Sakai-top)." <http://www.ucke.de/christian/physik/ftp/lectures/sakaigir.htm>
8. Ucke, Ch., Schlichting, H. J. (2005). Spielwiese Die kreiselnde Büroklammer. *Physik in unserer Zeit*. [https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich\\_physik/didaktik\\_physik/publikationen/kreiselnde\\_b\\_roklammer.pdf](https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/publikationen/kreiselnde_b_roklammer.pdf)

## Kontakt

*Mgr. Václav Tvarůžka, Ph.D.*  
*Ostravská univerzita, Pedagogická fakulta,*  
*Katedra technické a pracovní výchovy*  
*Fráni Šrámka 3*  
*Ostrava Mariánské Hory,*  
*Tel: +420 953 218*  
*e-mail: [vaclav.tvaruzka@osu.cz](mailto:vaclav.tvaruzka@osu.cz)*