

# Modelujeme perpetuum mobile programem Phun

JAROSLAV KOREŠ

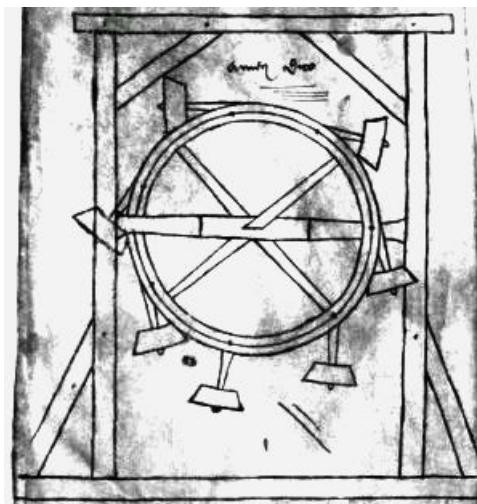
Gymnázium Jana Valeriána Jirsíka, České Budějovice

Perpetuum mobile (PM) je klasické téma jak mechaniky, tak i termodynamiky. I když nemožnost jeho sestrojení je dávno potvrzena, stále se nacházejí noví konstruktéři se svým – zaručeně funkčním – strojem, umožňujícím vyrábět energii z ničeho. Ani žáci nemají v pojmu PM jasno, často jej redukují na něco, co je v neustálém pohybu. Tomuto chápání napomáhá i doslovný překlad: Perpetuum mobile znamená „věčně v pohybu“ [1] tedy stroj, který se nikdy nezastaví, i když mu není dodávána energie. Takové zařízení však není v žádném rozporu s fyzikálními zákony. Pokud např. roztočíme setrvačnick ve vakuu, bude stále rotovat. Zde je potřeba zdůraznit, že se nejedná se o stále se pohybující stroj, ale o stroj, který je schopen vykonávat více práce, než je mu dodáváno energie. To je zásadní a současně žáky nejvíce nepochopená vlastnost PM. Právě na tento aspekt bude v dalším pokračování článku zaměřena pozornost.

Vedle klasického PM, konajícího práci bez dodávání energie, byl *W. Ostwaldem* zaveden pojem PM 2. druhu. To je stroj, který by v rozporu s 2. zákonem termodynamiky cyklicky získával práci jen ochlazováním okolních těles, tj. se 100procentní účinností měnil teplo v mechanickou práci. V tomto článku se budeme zabývat pouze klasickým PM, nazývaným též PM 1. druhu.

„Věčným pohybem“ se v historii zabývalo mnoho lidí, ať učených či bez vzdělání [2]. Jako první zmínil věčně pracující stroj indický astronom a matematik *Bhāskara II* (12. století) [3]. Nejspíše z jeho práce čerpal *Villard de Honnecourt* (13. století) [3] [4], který načrtl konstrukci PM na obr. 1. Od té doby se stala snaha o sestrojení věčně se pohybující stroje náplní práce mnoha lidí, včetně známých vědců (*Robert Boyle*, *Johann Bernoulli*). I když formulace zákona zachování energie ve formě 1. zákona termodynamického jasně poukazuje na nemožnost sestrojení PM, přesto práce na návrzích PM nepřestávají, pouze se do jeho konstrukcí více zapojují prvky moderní vědy, které ovšem autoři správně nepochopili, nebo se přímo dopouštějí podvodu.

Ostatně s podvodníky je historie PM pevně svázána, snad nejnámějším podvodníkem je Němec *Karel Eliáš Bessler-Orffyreus* (1680–1745) [3] [4] (i když některé zdroje tvrdí pravý opak – že jako jediný sestrojil funkční PM a své tajemství si odnesl do hrobu). Po úspěchu s modelem PM, který Bessler sestrojil „doma“, již jako Orffyreus, dostal na dvůr hraběte hessensko-kasselského Karla. Tam roku 1717 sestrojil tajemný mechanismus, který setrval ve stálém pohybu. I když bylo možné si stroj prohlédnout, Bessler nikomu nedovolil jej podrobně zkoumat. Avšak přesto, že si jej nemohli zevrubně prohlédnout, označili jej pozvaní vědci za PM. O tento stroj projevil zájem i ruský car Petr I., který se však nedožil odhalení pravdy – stroj poháněli střídavě Besslerův bratr a jeho služebná. Ta celý podvod prozradila. Součástí každého falešného PM vždy byla skrytá technika dodávání energie, kompenzující ztráty při provozu.



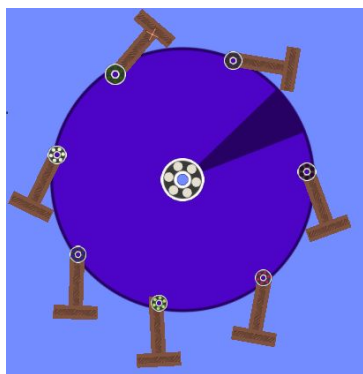
Obr. 1 (Zdroj [5])

K vysvětlení pojmu PM a k demonstraci jeho nereálnosti lze ve výuce s úspěchem využít program Phun [6], nebo jeho komerční verzi Algodoo [7]. Programy jsou určeny k simulaci fyzikálních dějů. Pro nás je důležité, že v nich lze jednoduše simulovat i mechanické stroje. Pracuje se v přehledném a intuitivním grafickém prostředí, k ovládní stačí pouze myš, není třeba programovací jazyk [8].

Protože Phun pracuje pouze s mechanickými veličinami, zaměříme se na mechanická PM. Žáci se často ptají, zda by PM mohlo fungovat, kdyby neexistovalo tření či odpor vzduchu. Tyto ztráty vnímají jako jedinou překážku k jeho sestrojení. Ostatně to je i časté zdůvodnění tvůrců PM, proč stroj nefunguje podle jejich představ. Paradoxně popularitě PM přispělo i to, že návrhy často zůstávaly pouze na papíře. Důležitou vlastností Phunu je možnost nastavení ideálních podmínek (dokonalá pružnost, nulové tření a nulový odpor vzduchu). Lze tak snadno předvést, že problém PM není v nedokonalé technologii, ale v tom, že takový stroj nelze sestrojít z principiálních důvodů.

Na ukázkou vybereme několik historických návrhů. Vytvoření každého modelu trvalo cca 5 minut. Hotové modely s komentářem je možné stáhnout z adresy [9].

## Příklad 1

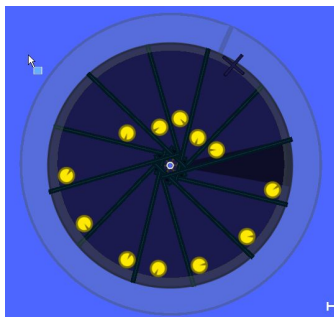


Obr. 2

*Realizace:* V Phunu nakreslíme kruh a jeho střed připevníme pomocí čepu k pozadí. Tak se bude kolo moci volně otáčet. Zafixujeme dva obdélníky tak, aby vytvořily kladivo. Abychom si zjednodušili práci, vytvořené kladivo šestkrát zkopírujeme. Všechna sedm kladiv pomocí čepů připevníme ke kružnici. Konstrukce je hotová, stačí jen zapnout simulaci a roztočit kolo. Kdykoliv můžeme měnit materiálové vlastnosti – hlavně koeficient tření a pružnost. Stejně tak můžeme vypnout odpor vzduchu a tření.

Autorem je *Villard de Honnecourt* [2] [3] [4], princip je založen na nerovnováze sil – na začátku pohybu je levá část kruhu zatížena více než pravá, moment sil levé strany bude větší než moment na pravé straně, kolo se tedy začne otáčet. Připevňovaná kladiva se budou v horní poloze v tíhovém poli překlápět a podle autorovy domněnky budou svými údery kolo dále roztáčet. V Phunu se přesvědčíme, že i když odstraníme tření a odpor vzduchu, kolo se vždy zastaví v poloze se čtyřmi kladivy dole a třemi nahoře.

## Příklad 2

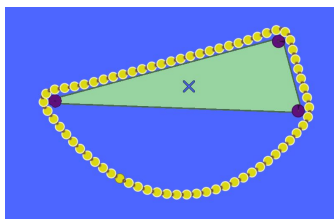


Obr. 3

bové energie kola. Pokud koule nebudou dokonale pružné, kolo se po určité době úplně zastaví.

*Realizace:* Opět pomocí čepu připevníme kruh k pozadí. Pomocí nástroje pro kreslení nakreslíme radiální paprsky podle obrázku. Vzniknou nám tak trojúhelníky, do kterých vložíme koule. Jako v prvním případě vypneme odpor vzduchu a nastavíme pružnost přepážek a kuliček. Ať uvedeme kolo do pohybu jakýmkoliv směrem, jeho pohyb se po určité době zastaví.

## Příklad 3



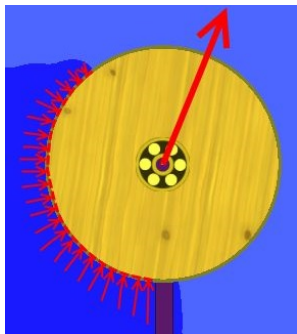
Obr. 4

v rozích umístěny kladky, můžeme je tam pomocí čepů připevnit, alespoň zamezíme drhnutí řetězu o hrany. Nakreslíme řetěz se spojeným začátkem a koncem. Nastavíme tření trojúhelníka a řetězu na nulu, pružnost obou nastavíme na jedna a vypneme odpor vzduchu. Ani tak se řetěz samovolně nerozhýbe, k trvalému pohybu nebo dokonce ke konání práce nepomůže ani jeho postrčení.

Toto PM navrhl Angličan *Edward Sommerset* (1601–1667) [2]. Jde o další příklad perpetua mobile, pracujícího na principu nerovnováhy sil. Protože horní koule budou blíže k ose otáčení a spodní koule jsou nerovnoměrně rozloženy, očekával autor po rozhýbání stroje trvalé setrvání v tomto pohybu. Tento stroj předvedl králi Karlu I [3]. I když stroj je detailně popsán, výsledek demonstrace bohužel zaznamenaný nebyl. Při nastavení ideálních podmínek budou žluté koule nahodile skákat a tak odebírat část pohybové energie kola.

Autor tohoto návrhu, vlámský vědec *Simon Stevinus* (1548–1620), intuitivně vycházel z předpokladu, že PM není možné [3]. Z toho odvodil vztah pro rozklad sil na nakloněné rovině [2]. *Realizace:* Nakreslíme obdélník a pomocí nástroje nůž jej rozřízneme na dva trojúhelníky. Jeden z nich zafixujeme k pozadí, druhý vymažeme. I když v návrhu autora nejsou

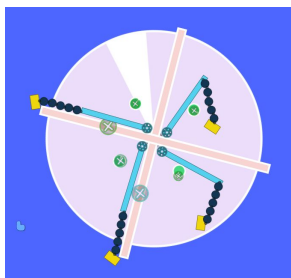
#### Příklad 4



Obr. 5

dokonale uzavřený, aby z něj voda neodtékala. Protože v Phunu je voda simulována jako soustava jednotlivých molekul, uvidíme, že kolo se bude nahodile pootáčet. Tyto fluktuace, způsobené nepravidelnými nárazy molekul vody na kolo, jsou ve skutečnosti pro velký počet srážek nepozorovatelné.

#### Příklad 5



Obr. 6

– i ten se bude „věčně pohybovat“, nebude-li docházet ke ztrátám. Avšak pokud bychom jej chtěli využít ke konání práce, začne se zpomalovat. Na závěr tak můžeme pouze konstatovat, že mnoho úsilí bylo a nejspíše ještě bude zbytečně vynakládáno k hledání mechanismů, které v ideálním případě napodobují rotující kolo.

Hydrostatické PM[3]. Autor předpokládal, že kolo částečně ponořené do vody se vlivem vztlakové síly působící vzhůru roztočí. K tomu samozřejmě nedojde – vztlaková síla sice působí, ale v ose otáčení a tudíž nebude mít otáčivý účinek. Směr vztlakové síly je určen výslednicí jednotlivých hydrostatických sil, působících na ponořené kolo. Ty jsou na obrázku vyznačeny červeně – je vidět, že jejich velikost se mění s hloubkou a směr působení je do středu kruhu. Výhodou Phunu je možnost idealizace – praktické sestavení takového stroje by bylo jistě komplikované, stroj by měl být

Vzorem pro tento model byla animace stále rotujícího kola na stránkách <http://www.orffyre.com/speculation.html>, zabývajících se prací Karla Eliáše Besslezera (*Orffyre*). Kolo je další variací na první příklad. Ani v ideálním případě nedodá kolo více energie, než dostalo při rozpořehování. Pokud budou všechny části dokonale pružné, dojde k jejich rozkmitání a tudíž ke zpomalení pohybu samotného kola.

Vhodné ve výuce je porovnání všech zde diskutovaných strojů s rotujícím kotoučem

Phun je jedním z mála autorských nástrojů, které umožňují jednoduchou simulaci strojů. I přes snadnou dostupnost již hotových animací či videí, provedených např. ve Adobe Flash, modely vytvořené v Phunu působí realističtěji. Pouhá vizuální demonstrace, byť profesionálně zpracovaná, nemusí být pro žáky tak přesvědčivá jako simulace, která sice svým grafickým provedením poněkud zaostává, ale na jejíž tvorbě nebo úpravě mají možnost se podílet. Velkou výhodou Phunu je jednoduché a intuitivní ovládání, k vytváření i složitějších simulací není zapotřebí znalost programování. Žáci tak mají možnost sledovat každý krok tvorby animace.

S využitím Phunu ve výuce fyziky mám již praktické zkušenosti [8]. Při testování zde uváděných modelů PM jsem žáky nejdříve seznámil s představou tvůrce daného PM a na již hotové simulaci diskutoval, co a proč se děje. Poté jsem pozměnil některé podmínky a opět s žáky probíral funkci stroje. Nakonec jsme debatovali o tom, jak stroj „vylepšit“, abychom z něj skutečně vytvořili funkční PM. Některé návrhy jsme realizovali, abychom nakonec dospěli k závěru, že stroj fungovat nebude. Žáci byli mnohem aktivnější a v diskuzi jsme se dostali i k tématům, které z fyzikálního pohledu jsou velmi důležité (moment sil, vztlak), a v kterých žáci neměli úplně jasno. „Hrátky“ s Phunem umožnily komplexní fyzikální výklad, zahrnující několik témat najednou. Navíc výuka nebyla „o fyzice“, ale „o strojích“. Obávaná fyzika stála jakoby v pozadí – žáci aplikovali fyzikální znalosti na řešení technických problémů. Výklad se simulacemi bude pro žáky atraktivnější, připravené animace lze snadno modifikovat a v porovnání s jinými autorskými nástroji (Flash, Java) je tvorba modelů podstatně jednodušší a rychlejší.

## Literatura

- [1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Perpetual\\_motion](http://en.wikipedia.org/wiki/Perpetual_motion)
- [2] *Perpetual Motion: The History of an Obsession*: Arthur W. J. G. Ord-Hume
- [3] <http://www.hp-gramatke.net/perpetuum/english/page0220.htm>
- [4] <http://www.lhup.edu/~dsimane/museum/people/people.htm>
- [5] [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b2/Perpetuum\\_mobile\\_villard\\_de\\_honnecourt.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b2/Perpetuum_mobile_villard_de_honnecourt.jpg)
- [6] <http://www.phunland.com/wiki/Home>
- [7] <http://www.algodoo.com/wiki/Home>
- [8] [www.algodoo.com/wiki/Tutorials](http://www.algodoo.com/wiki/Tutorials)
- [9] <http://bit.ly/9J9GIh>
- [10] <http://www.algodoo.com/algobox/>
- [11] *Koreš, J., Straka, J.*: Phun a simulace ve fyzice, MFI roč. 19 (2009), č. 4, s. 212.