



# Celorepubliková síť Laborky.cz při Gymnáziu v Slaném

CZ.02.3.68/0.0/0.0/16\_010/0000540

## METODICKÝ LIST 12

### Proč létá raketa?



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MS  
MT  
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

GVBT  
GYMNAZIUM VÁCLAVA BENEŠE TŘEBÍZSKÉHO



## Pomůcky

PET láhev s víčkem, drátek, kleště, vrták 8 mm a vrtačku nebo hřebík a svíčku, líh, lanko, sirky

## Úvod

Každý z kluků v dětském věku jistě snil o tom, že bude buď popelář, nebo kosmonaut.

Stát se popelářem není moc těžké, ale co takový kosmonaut?

Této výsady se poštěstí jen velmi málo jedincům. Ale jednoduchou raketu, která nám ukáže základní princip raketového, neboli reaktivního pohonu, tu si můžeme postavit velmi jednoduše a navíc z běžně dostupných materiálů.

Dokonce si ji vypustíme u nás ve třídě.

*Proč létá raketa?*



## Praktické cvičení

1. Doprostřed víčka PET láhve vyvrtáme nebo vypálíme rozžhaveným hřebíkem díru zhruba o průměru 8 mm.
2. Z drátku si ustříhneme dva kratší kusy, o takové délce, která stačí na obmotání obvodu láhve a ještě pár centimetrů zbude. PET láhev drátky obmotáme v místě těsně před zúžením u jejího ústí a v místě blízko dna lahve. Z přesahu drátků vytvoříme krátké uchycení na vodící lanko a zbytek odstříhneme.
3. Raketu máme připravenou a stačí ji naplnit palivem. Předtím si ale ještě připravíme dráhu letu. Vezmeme provázek nebo lanko, které natáhneme napříč učebnou nebo na chodbě do vzdálenosti cca 5 – 10 metrů.
4. PET láhev odšroubujeme a nalijeme do ní trochu lihu (5 kapek). Zašroubujeme, otvor zacpeme prstem a důkladně rozlijeme líh po stěnách láhve. Můžeme stěny láhve i zahřívát dlaní, nebo dokonce i sušičem rukou. Naším cílem je vytvořit dostatek, ale ne přebytek, lihových par.
5. Raketu připevníme očky z drátku na vodící lanko, dvakrát lehce PET láhev zmáčkne a k otvoru ve víčku opatrně přiložíme zapálenou sirku. Nestojíme přímo za otvorem!
6. Pokud raketa nevystartovala, měli jsme špatný poměr lihových par a musíme proces plnění palivem zopakovat. Lihové páry z lahve vyfoukneme a pokračujeme od bodu 4 tohoto návodu.

## Možné rozšíření

1. Můžeme experimentovat s různými typy PET láhví a různými průměry trysek. Další hezké experimentování skýtá možnost zlepšit aerodynamiku raket přiděláním špičky či křidel.



## Vysvětlení

*Proč raketa letěla? Co jí donutilo vystřelit? To jsou dvě z mnoha badatelských otázek, které děti nutí přemýšlet o tom, co právě viděly. Zkuste se jich nazeptat a těšte se na jejich odpovědi.*

Z hlediska fyzikálního vysvětlení právě pozorovaného letu rakety je potřeba si připomenout dva fyzikální zákony. Zákon akce a reakce - každá akce (síla) vyvolá reakci (sílu) o stejné velikosti, ale opačného směru. Tento fyzikální zákon formuloval Isaac Newton na konci 17. století. Originál text Newtona:

Actioni contrariam semper et aequalem esse reactionem; sive: corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi.

Druhým zákonem je zákon zachování hybnosti - zjednodušeně zapsaný:

$$m \cdot v_1 = M \cdot v_2$$

kde  $m$  je hmotnost unikajících plynů při hoření paliva,  $v_1$  je jejich rychlost,  $M$  je hmotnost rakety,  $v_2$  je rychlost rakety.

Protože  $m$  je mnohem menší než  $M$ , musí platit, aby nastala rovnost, že  $v_1$  je mnohem větší než  $v_2$ .

Z toho vyplývá, že potřebujeme dosáhnout co největší rychlosti  $v_1$  unikajících plynů.

Kdybychom použili pouze otvor a ne trysku, nedosáhli bychom potřebné rychlosti  $v_1$ . Platí totiž rovnice kontinuity (spojitosti) toku pro proudění tekutin, proto chceme mít obsah průřezu trysky co nejmenší, abychom dosáhli co největší rychlosti. Zároveň se nám ale do rakety musí dostat dostatek kyslíku, potřebného k hoření. Průřez trysky tedy nemůže být příliš malý. V láhvi jsou koncentrované výpary lihu, které po zapálení prudce zvýší svoji teplotu a tím i objem a unikají otvorem ve víčku láhve, což na základě obou výše zmíněných zákonů vede k vystřelení rakety.



## Další náměty:

*Uvádíme deset rozšiřujících námětů. Mnohé z nich napadnou i Vaše žáky. Zkuste se jich zeptat.*

1. Používají reaktivní pohon i zvířata?
2. Fungují motory letadel stejně jako lihová raketa?
3. Jak funguje ohňostroj?
4. Když má člověk průjem, funguje stejně jako lihová raketa?
5. Proč není raketový pohon v autech?
6. Jaké jsou parametry nejznámější německé rakety V-1?
7. Jaké jsou rozdíly mezi V-1 a V-2?
8. Může raketa fungovat i na základě jiného paliva než lihu?
9. Funguje i vypuštěný balonek na stejném principu?
10. Proč mají rakety stabilizační křídla?



## Vysvětlení k dalším námětům:

1. Zvířata žijí stejně jako lidé na planetě, která je popsána podle fyzikálních zákonů i zákonů ostatních přírodních věd. Není se tedy čemu divit, že i zvířata využívají podobných principů jako lidé ke svému pohybu. Raketový (reaktivní) pohon využívají například chobotnice, sépie nebo medúzy. Prudce stáhnou svoje chapadla či klobouk, tím vypudí vodu, která je mezi nimi a rychle vystřelí směrem vpřed.
2. S trochou zjednodušení se dá říci, že ano. Motory letadel, u kterých nevidíte na první pohled vrtuli, fungují podobně jako lihová raketa. Využívají tedy zákon akce a reakce. Motory běžných dopravních letadel jsou složitá zařízení, kde největší část motoru je věnována zpracování nasávaného vzduchu a jeho přípravě ke spalování. Při spalování pak vzniká velké množství plynů, které musí tryskou utéct ven a pohánějí letadlo podobně jako líh raketu.
3. To je složitá otázka s mnoha odpověďmi. Pomineme-li prskavky a petardy, tak můžeme zbývající ohňostroje rozdělit do dvou skupin. První jsou pumy – koule, které jsou vystřelovány do vzduchu v podstatě malým dělem (trubičkou) z krabice. Druhá jsou rakety – v podstatě zmenšeniny raket, které odlétají do vzduchu i s dřevěnou tyčkou, kterou drží zapíchnuté při odpalu v zemi. Rakety fungují při vzletu podobně jako naše lihová raketa. V obalu pum i raket je pak schovaná malá nálož, která vybuchne až v momentě, kdy jsou vysoko ve vzduchu. Nálož je obložena malými kuličkami s chemikáliemi obarvujícími plamen. Tyto malé kuličky jsou výbuchem zapáleny a barevně hoří. Ohňostroj je na světě.
4. Na tuto otázku nelze odpovědět jinak než ano. Působí na něj úplně stejné fyzikální zákony. „Pohon“ je nicméně natolik slabý, že nedokáže těžkého člověka nadzvednout.
5. Protože auta se s reaktivním pohonem stávají špatně ovladatelná. Auta s těmito typy motorů existují pouze na speciálních sprintových tratích. Trať je dokonale rovná a auta mají za cíl co nejrychleji dosáhnout vysoké rychlosti. K tomuto účelu se reaktivní pohon výborně hodí. Mimo jiné i proto, že klasický pístový motor auta by musel být mnohonásobně větší pro dosažení stejné rychlosti, což se do aut prostě nevejde. Jakmile ale auto s reaktivním pohon postavíte na trať se zatáčkou, skončí špatně. Ovladatelnost takových aut je mnohonásobně horší než aut s obyčejným motorem.
6. V-1 byl malý letounek, dlouhý 5,3 metru s rozpětím křídel 7,9 metrů. Vážil 2180 kg, z čehož zhruba 850 kg připadalo na výbušnou nálož, obsahující tritol nebo amatol. V-1 byla vypouštěna zpravidla z rampy pomocí parního katapultu nasměrovaného na cílovou oblast. Délka letu byla udržována otáčkami malé vrtulky v přídi a kurs udržoval automaticky magnetický gyrokompas. Když se puma ocitla nad cílem, automat přerušil dodávku paliva do pulzačního motorku a střela dopadla na zem.
7. Daleko větší nebezpečí však představovaly balistické rakety V-2 poháněné raketovým motorem na kapalné palivo. V-2 nesla hlavici o hmotnosti od 750 do 1000 kg výbušniny a její maximální dostřel činil 320 km, což byla vzdálenost, kterou raketa překonala za pouhé 3 minuty a 40 sekund.
8. Určitě může. Typů paliva pro rakety je mnoho. Základní rozdělení je na tuhá a kapalná. Podívejte se na bonusové video k metodickému listu.
9. Ano. Vypuštěný balonek funguje na stejném principu jako raketa. Jen s tím rozdílem, že gumová tryska nedrží tvar a za letu se ohýbá. Proto balonek mění nahodile dráhu letu.



10. Stabilizační křídla hrají důležitou úlohu při letu rakety. Drží rovnováhu letu. Důležité je i umístění těžiště, jehož poloha je ovlivněna stabilizačními křídly a rozložením hmotnosti rakety a nákladu – těžiště by mělo být nad stabilizačními křídly a zhruba uprostřed rakety. Tato problematika je ovšem mnohem složitější a její podrobné vysvětlení přesahuje rámec středoškolské fyziky a této úlohy.



## Vazby na RVP ZV/RVP G

### RVP G

#### Rozvíjí klíčové kompetence:

- kompetenci k učení
- kompetenci k řešení problémů
- kompetenci komunikativní
- kompetenci k podnikavosti

#### Vzdělávací oblasti:

### 5.3 Člověk a příroda

#### 5.3.1 Fyzika

- soustava fyzikálních veličin a jednotek
- pohyb těles a jejich vzájemné působení
  - kinematika pohybu
  - dynamika pohybu

#### 5.3.2 Chemie

- syntetické makromolekulární látky

#### 5.3.3 Biologie

- Biologie rostlin
  - stavba a funkce plodů (plodenství)
  - biotechnika – technika odpozorovaná z přírody
- Ekologie – šíření plodů

### 5.8 Informatika a informační a komunikační technologie

#### 5.8.1 Informatika a informační a komunikační technologie

- využívá dostupné služby informačních sítí k vyhledávání informací

#### Rozvíjí průřezová témata:

- 6.2 Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech
- 6.4 Environmentální výchova

### RVP ZV

#### Rozvíjí klíčové kompetence:

- kompetenci k učení
- kompetenci k řešení problémů
- kompetenci komunikativní
- kompetenci sociální a personální





## Vzdělávací oblasti:

### 5.3 Informační a komunikační technologie

#### 5.3.1 Informační a komunikační technologie

- základy práce s počítačem
- vyhledávání informací
- zpracování a využití informací

### 5.6 Člověk a příroda

#### 5.6.1 Fyzika

- pohyb těles; síly
  - třecí síla – smykové tření, ovlivňování velikosti třecí síly v praxi

#### 5.6.2 Chemie

- plasty a syntetická vlákna – vlastnosti, použití

#### 5.6.3 Přírodopis

- biologie rostlin
  - anatomie a morfologie rostlin – plod
- základy ekologie
  - šíření plodů

### 5.9 Člověk a svět práce

#### 5.9.1 Člověk a svět práce

- práce s technickými materiály
  - vlastnosti materiálu, užití v praxi
  - technika a životní prostředí
  - úloha techniky v životě člověka

## Rozvíjí průřezová témata:

- 6.1 Osobnostní a sociální výchova
- 6.5 Environmentální výchova
- 6.6 Mediální výchova