



## 1. Kreativita

„**Mračno v barelu vody**“ takto zní název našeho pokusu, který bychom případně předvedli ve finále. K jeho provedení je zapotřebí jeden velký barel od pitné vody (pro větší viditelnost pro případné diváky), 99% ethanol, pumpička na kolo a upravené víko od barelu.

Do barelu se nalije malé množství ethanolu a uzavře se víkem, do něhož bude zasunutá pumpička.

Pumpičkou zvýšíme tlak uvnitř barelu. Jakmile dosáhneme v barelu dostatečně vysokého tlaku (v našem případě je zapotřebí 60x zapumpovat), uvolníme rychle víko a všimneme si, že se uvnitř barelu vytvořil mrak.

Při pumpování nedejde jen ke zvýšení tlaku, ale i teploty.

Stlačený vzduch je schopen pojmout více vzdušné vlhkosti a alkoholických par.

Při rychlém odtržení víka vzduch rychle zvětšuje svůj objem a rychle se ochlazuje. Náhle není schopen udržet zvýšené množství vlhkosti a lihových výparů. Z toho důvodu se nadbytečná vlhkost a alkohol začnou srážet ve formě droboučkových kapiček, které vytvoří mrak v láhvi.



## 2. Teorie a výzkum

**Jojo** lze popsat jako Maxwellovo kyvadlo, které je charakterizováno jako disk s osou, jež je upevněna na dvou bifilárních závěsech.

Pomocí kyvadla je možné zkoumat zákony dynamiky a hlavní zákon fyziky – zákon zachování energie.

Kyvadlo pomocí tíhové síly koná posuvný a otáčivý pohyb zároveň.

Otáčením kyvadla, a tedy namotáváním závěsu na osu, jej zvedneme do výšky  $h$  nad rovnovážnou polohou, kde bude mít maximální potenciální energii  $m \cdot g \cdot h$ .

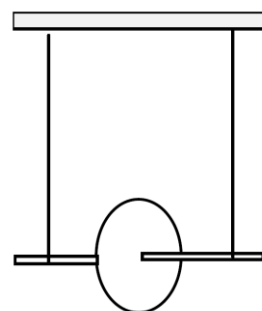
Pro dosažení spodní pozice se závěsy kompletně odmotají a kyvadlo se začne opět zvedat s rychlostí, již bylo dosaženo ve spodním rovnovážném bodu. Z toho, co již známe, můžeme zapsat zákon zachování energie:  $mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}$ , kde  $v$  je rychlost posuvného pohybu těžiště,  $\omega$  úhlová rychlost rotace okolo geometrické osy a  $J$  moment setrvačnosti disku tvořícího kyvadlo.

Využitím vztahu mezi  $v$  a  $\omega$ , kde platí  $v = \omega \cdot r$  ( $r$  je zde poloměr zavěšeného disku), a dosazením do předchozího vztahu, získáme vzoreček pro  $J$ :  $J = m \cdot r^2 \left( \frac{2 \cdot g \cdot h}{v^2} - 1 \right)$ . Za předpokladu, že se kyvadlo pohybuje se stálým zrychlením, můžeme vyjádřit  $v = a \cdot t = \frac{2 \cdot h}{t^2} t = \frac{2 \cdot h}{t}$ , díky čemuž po dosazení do předchozího vzorce získáme i možnost spočítat

čas, za který kyvadlo urazí výšku  $h$ :  $J = m \cdot r^2 \left( \frac{g \cdot t^2}{2 \cdot h} - 1 \right) \rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot h \cdot J}{g \cdot m \cdot r^2}}$

Lze také vyjádřit velikost zrychlení, se kterým kyvadlo klesá dolů:  $a = \frac{2 \cdot h}{t^2}$ . Je zřejmé, že nevychází zrychlení  $g$  a tedy že se kyvadlo nepohybuje volným pádem. To vyplývá také z faktu, že na disk tvořící kyvadlo působí tahová síla závěsu kyvadla.

Na joju se dá dobře demonstrovat pohyb tuhého tělesa, jak už otáčivý, tak posuvný. Také si na něm můžeme ukázat působení tíhové síly. Pokud bychom vytvořili joju dostatečně velké a nakreslili na něj rovnoměrně např. puntíky, mohly bychom pomocí nich též demonstrovat rozdíly rychlostí v různých vzdálenostech od středu otáčení. Ve větší vzdálenosti od osy otáčení by se puntíky pohybovaly rychleji; dokonce i tak rychle, že by byly pro pozorovatele rozmazané. Tímto experimentem tedy můžeme ukázat i setrvačnost lidského oka.



Pokud bychom na obvod disku přivěsili na tenké provázky tělíska o malých hmotnostech (drobné korálky, zmuchlané kousky papíru, ...), viděli bychom při pohybu kyvadla směrem dolů, jak se provázky napínají a tělíska se tedy od disku vzdalují (na délku provázku). Takto bychom mohli demonstrovat existenci odstředivých sil, které na malá tělíska působí.

### 3. Praxe a projekt

#### 1. hračka – Fyzikální káča aneb odstředivý stroj do kapsy

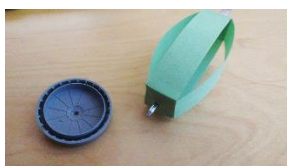
Naše první hračka je jednoduchá, avšak efektivně demonstruje přítomnost dostředivé síly.

K její výrobě byly zapotřebí: 4 proužky papíru o stejných rozměrech (v našem případě šlo o 1,7 cm na šířku a 10 cm na délku), jedna prázdná náplň do propisky a víčko od kapsle na film.

Na koncích každého ze 4 proužků papíru jsme vytvořili přehyby o délce 1,7 cm, do nichž jsme vystřihli díry k prostrčení náplně do propisky. Konce proužků jsme k sobě přilepili. Tím jsme získali jakousi „klec“, jež je znázorněna na obrázku č. 1. Nakonec jsme propíchnuli díru do středu víčka od kapsle a náplň s již nasazenou „klecí“ jí prostrčili tak, aby ven koukala jen špička náplně, jakožto hrot pro roztočení káči.



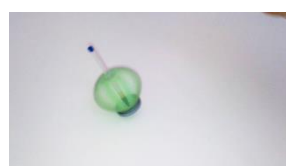
obr. 1



obr. 2



obr. 3



obr. 4

Při roztočení káči na proužky papíru působí dostředivá síla, která je táhne od středu káči ven (opticky tak vytvoří kouli). Velikost této síly můžeme posuzovat pomocí poloměru roztažení „klece“. Zvětší-li se frekvence a tedy i rychlost otáčení, velikost dostředivé síly vzroste.

#### 2. hračka: Kluzák z CD

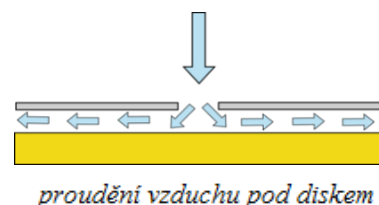
Tuto hračku jsme zhotovili ze starého disku CD, gumového balónku a uzavíratelného pítka od džusu.

Vnitřní otvor pítka jsme přiložili na otvor v CD nosiči, aby skrze ně mohl proudit vzduch, a pevně je přilepili.

Na pítko jsme pak navlékli nafukovací balónek.

Po nafouknutí balónku skrze otvor v CD a následném umístění kluzáku na rovnou hladkou podložku

začne z balónku unikat vzduch. Vzduch tedy proudí pod plochu disku, vytváří pod ní vzduchový polštář a lehce kluzák nadzvedne nad podložku, čímž se sníží tření mezi podložkou a diskem. Kluzák pak může velmi snadno klouzat po podkladu za působení mnohem menší silou.



#### 3. hračka – Vodní fontánka pro horké léto

Pro vytvoření fontánky jsme použili PET láhev, brčko a gumový balónek.

Ve spodní části láhve jsme vytvořili otvor, vsunuli do něj cca 10 centimetrový kus brčka a utěsnili jej. Podobně jsme pak postupovali s víčkem.

Nakonec jsme hrdlem láhve prostrčili balónek a jeho konec navlékli na závit.

V láhvi se nejprve odsátím vzduchu pomocí brčka v její spodní části vytvoří podtlak. Působením podtlaku se uvnitř rozpíná balónek, jež následně naplníme vodou (brčko musíme neprodyšně ucpat např. prstem, tím udržíme v láhvi podtlak, jenž bude nutit balónek zůstat nafouknutý).



Po naplnění balónku vodou láhev uzavřeme předem upraveným víčkem a povolíme utěsněné brčko. Uvnitř láhve se následně vyrovnají tlaky (vnitřní podtlak se změní zpět na atmosférický tlak), což umožní balónku znovu se „smrsknout“ a vytlačit tak ze sebe vodu. Jelikož jsme ale vodě umožnili průchod pouze úzkým brčkem ve víčku, bude balónek opouštět s mnohem větší rychlostí, což vyplývá z *rovnice spojitosti*, a její proud tak dolétne podstatně výš. Výsledek pak tedy vypadá jako fontána.



#### 4. hračka – Vrtulka do pusy

Tato hračka je zhotovena pouze z brčka, pevného drátku a trochy lepicí pásky.

Z brčka jsme odstříhli dva 4 centimetrové dílky a na koncích je zkosili tak, aby tvořili kosé válce. Do poloviny délky jednoho z válců jsme prostříhli otvor o průměru brčka a prostrčili jím druhý díl. Vznikla nám tedy vrtulka se čtyřmi lopatkami. Do středu vrtulky jsme propíchlí malou díрку a jí prostrčili drátek, jež jsme ohnuli tak, aby z něj vrtulka nepadla a na jednom konci byl drátek ještě dostatečně dlouhý k uchycení ke zbylé cca 10 centimetrové část brčka pomocí lepicí pásky – znázorněno na obrázku. Střed vrtulky musí být ohnut zhruba o 30° vůči konci brčka, neboť proudící vzduch bude působit silou na zkosené konce. Tím zajistíme, že se vrtulka bude točit.

Vrtulku roztáčíme vhaňením vzduchu do dlouhé části brčka, čímž vzduch usměrníme a při průchodu brčkem se zvýší jeho rychlost. Tento způsob roztočení je tedy efektivnější než obyčejné fouknutí a dosáhne se při něm vyšší rychlosti otáčení vrtulky.



#### 5. hračka – Vrtulka na tyčce

K vytvoření staré lidové hračky jsou zapotřebí dvě tyčky, vrtulka z pevného kartónu ve tvaru obdélníka a připínáček. Do jedné z tyčí jsme vytvořili pravidelně od sebe vzdálené vruby.

Na konec téže tyčky jsme připnuli vrtulku připínáčkem tak, aby se mohla volně otáčet.

Nyní jen stačí přejíždět druhou tyčkou po vrubech a můžeme pozorovat otáčení vrtulky.

Při přejíždění tyčky po vrubech se tyčka s vruby rozkmitá a její kmity se přenášejí na vrtulku.

Tyč s vruby bude díky vrubům kmitat nesymetricky (tj. v navzájem kolmých směrech) a tedy je možné docílit pohybu vrtulky tam i zpět.

