

## Jednoduché pokusy

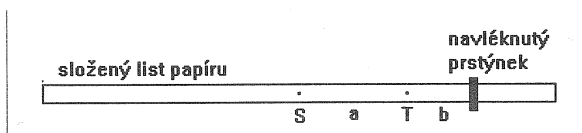
ZDENĚK POLÁK

Jiráskovo gymnázium v Náchodě

### Vážení prstýnku listem papíru

**Pomůcky :** List papíru do kopírky ( 80 g/m<sup>2</sup>), špendlík, prstýnec, pravítko

**Sestava :**



**Popis :**

Nejprve žákům vysvětlím, co vlastně znamená formát papíru A. Je to obdélník, který má strany  $a$ ,  $b$  v takovém poměru, aby po přeložení jeho delší strany na polovinu jsme dostali obdélník s polovičním obsahem podobný původnímu. Tedy  $a : b = b : a/2$ . Úpravou získáme  $a = \sqrt{2} \cdot b$ . Největší obdélník formátu A0 má obsah 1 m<sup>2</sup>, formát A1 má poloviční obsah, tedy 0,5 m<sup>2</sup>. Dalším dělením dospějeme k tomu, že formát A4 má obsah 1/16 m<sup>2</sup>. Papír používaný do kopírky má plošnou hmotnost ( tzv. gramáž ) 80 g/m<sup>2</sup>. Papír formátu A4 má hmotnost právě 5 g. Je dobré toto ověřit na přesných vahách a předvést žákům.

Papír v polovině přeložíme, abychom označili střed. Pak několikrát přeložíme po délce až dostaneme tak úzký složený pásek papíru, na který lze navléknout prstýnec. Délka pásku odpovídá výšce A4, tj. asi 30 cm. Střed pásku S označený přeložením propíchneme špendlíkem. Otvor mírně rozšíříme, aby se pásek na něm volně otáčel. Každý se tak může přesvědčit, že střed je zároveň těžištěm. Podle očekávané hmotnosti váženého předmětu zvolíme vhodnou vzdálenost, ve které pásek znovu propíchneme. Pro začátek doporučuji  $a = 4$  cm. Bod je označen T. Navlékneme prstýnec a na špendlíku v bodě T vyvážíme. Označíme polohu prstýnku. Určíme vzdálenost  $b$  prstýnku od osy otáčení v bodě T. Je li hmotnost pásku  $m_p$ , pak hmotnost prstýnku  $m$  určíme za vztahu  $m = \frac{a}{b} \cdot m_p$ . Pokud je prstýnec velmi lehký, je vhodnější list papíru podélně rozdělit na dvě nebo i čtyři části. Hmotnost  $m_p$  pak bude 2,5 g respektive 1,25 g.

**Poznámky :**

1. Při hledání rovnovážné polohy si práci ulehčíme, když propíchnuté otvory budou trochu výše, než je střed pásku. Špendlík můžeme držet v ruce, ale lepší je zapíchnout ho do něčeho, co je po ruce. Tužka, guma položená na kraji lavice, nástěnka ve třídě apod. Pokus lze zařadit jako frontální práci a určovat hmotnost malé mince. Pak následně, podle úrovně žáků, výsledky statisticky zpracovat.
2. Fyziku kolem papíru můžeme rozšířit o další úkoly. Můžeme přinést do třídy celý nenačatý balík papírů do kopírky. Můžeme se ptát, jaká je tloušťka jednoho papíru, známe-li rozměry celého balíku, jaká je hustota papíru, jakou plochu je možné papírem pokrýt, kolikrát by šlo papír přeložit atp.

### Pružný středový ráz

**Pomůcky :** Dva vozíky ze stavebnice Lego, 4 kruhové magnety ( z reproduktorů ), gumičky

Na vozíky položíme po jednom kruhovém magnetu, tak aby se odpuzovaly a zajistíme gumičkou. Posíláme je rukou proti sobě. Odpudivá síla mezi magnety zajistí jejich pružný ráz, aniž by došlo k dotyku vozíků. Hmotnost vozíků můžeme měnit změnou počtu magnetů. Vozíky z lega můžeme nahradit jinými z umělé hmoty, nebo z jiného neferomagnetického materiálu. Můžeme tak ukázat kvalitativně všechny základní typy pružného středového rázu. Navíc je tento pokus názornou ukázkou vzájemného silového působení dvou objektů prostřednictvím pole.

### Závislost odporové síly při proudění tekutiny na tvaru tělesa

**Pomůcky :** Dva vozíky ze stavebnice Lego , dva listy papíru A4 , gumičky, fén.

Na vozíky připevníme gumičkou list papíru formátu A4 tak, aby vytvořil plachtu. Na obou vozících má stejné rozměry i tvar. Jeden z vozíků obrátíme. Z větší vzdálenosti, asi 1,5 m, foukáme z fénu vzduch. Vozík s vypouklou plachtou proti proudu vzduchu obvykle zůstane na místě, druhý s dutou plachtou se rozjede.

### Přeměna elektrické energie na mechanickou a naopak.

**Pomůcky :** Modelářská vrtačka, setrvačnick z kazetového magnetofonu, 3 ploché baterie, žárovka 2,5 V / 0,2 A v objímce, stojan s držákem.

V prodejně pro modeláře lze zakoupit malou vrtačku do ruky. Podle napájecího napětí, 9 V až 18 V, dosahuje 9000 až 18000 otáček za sekundu. Do jejího sklíčidla lze upnout hřídelku do průměru 3 mm. Vhodným mobilním zdrojem napájecího napětí jsou tři sériově spojené ploché baterie dávající celkové napětí asi 13,5 V.

Připojíme vrtačku ke zdroji a po dosažení maximálních otáček odpojme. Vrtačka se velmi brzy zastaví. Diskutujeme se žáky děj roztáčení a zastavení z hlediska práce a energie. Do sklíčidla vrtačky upneme setrvačnick. Používám setrvačnick z vyřazeného kazetového magnetofonu. Připojíme ji na zdroj napětí a necháme několik sekund roztáčet. Podle neměnné výšky tónu vydávaného vrtačkou poznáme, kdy dosáhly otáčky maxima. Setrvačnick má již maximální možnou energii otáčivého pohybu. Odpojme vrtačku od zdroje. Zastavování trvá mnohem déle, více než 20 s. Pak ji necháme znova roztočit a po odpojení od baterie připojíme její vývody k malé žárovce. Žárovka svítí, rotor se zastaví o něco dříve. Motorek vrtačky nyní funguje jako dynamo. Uvedeme analogické procesy v praxi, např. brzdění tramvaje nebo elektrické lokomotivy. U těchto dopravních prostředků se jevu využívá k rekuperaci elektrické energie zpět do elektrické sítě. Diskutujeme, co se stane při větším odběru proudu, například při zkratu.

### Model turbíny

**Pomůcky :** Turbína z víčka Omnia, modelářský motorek, tavné lepidlo, žárovka 1,5V / 0,2 A v objímce

Z víčka na zavařovací sklenice Omnia o průměru 85 mm odstříhnutím okraje s pogumovanou vrstvou získáme kolečko měkkého hliníkového plechu o průměru 72 mm. Označíme střed a středový úhel rozdělíme na 16 stejných dílků. Nůžkami nastříháme od kraje asi 25 mm ke středu. Vytváříme lopatky prohnutím a natočením, aby získaly tvar jako na Lavalově parním kole. Takto připravené kolo turbíny připojíme ke hřídeli malého stejnosměrného

motorku, který poslouží jako dynamo. Způsob připojení záleží na typu motorku. Má-li hřídel na konci pastorek, pak stačí jednoduše slepit čelo pastorku a kolo turbíny tavným lepidlem. V případě hladké hřídele propícháme turbínu ve středu silnější jehlou a zajistíme tavným lepidlem. Jehlu spojíme s hřídelkou tenkou bužírkou. Pak musíme vytvořit z pásku plechu držák, ve kterém se bude otáčet volný konec jehly. Vhodné jsou jakékoli malé stejnosměrné modelářské motorky např. z autíček autodráhy, za magnetofonů, walkmenů apod. Nelze použít motorky vybavené vnitřní elektronikou, jako mají např. motorky větráčků v počítačích.

Turbínu můžeme krátkodobě roztočit foukáním trubičkou a rozsvítit tak na několik sekund žárovku 1,5 V / 0,2 A. Roztočíme-li turbínu stlačeným vzduchem z PET lahvi, budeme svítit o něco déle. Při použití páry z Papinova hrnce na vařiči většího výkonu (aspoň 1800 W) budeme svítit stále.

### Vířivé proudy

**Pomůcky:** Kruhový feritový magnet z reproduktoru, sklo, otáčivé hliníkové kolečko, neodymový magnet, volně otáčivou hliníkovou plechovku, větší kádinku, hliníkové mince, plastovou podložku, malý feritový magnet s háčkem, vlákno na stojanu a měděnou desku o síle cca 1 cm.

Demonstraci účinků vířivých proudů můžeme provést mnoha způsoby. Uvádím několik možností. Velmi efektní jsou účinky velmi silného magnetu s povrchovou hodnotou magnetické indukce přes 0.5 T. Takový magnet lze získat ze zničeného harddisku z počítače. Říkejme mu HDD magnet.

1) HDD magnet necháme sjíždět po velmi šikmé, téměř svislé nakloněné rovině tvořené prčkem. Magnet padá s velkým zrychlením, takřka volným pádem. Pak nahradíme prčkem měděnou desku. Magnet se po ní pohybuje pomalým rovnoměrným pohybem několika centimetrů za sekundu. Necháme pak studentům, aby se pokusili magnetem pohybovat po povrchu ležící měděné desky. Cítí v prstech značný odpor. Pokud je deska volně pohyblivá, položená např. na válečcích, lze ji pohybovat, aniž se ji magnetem dotýkáme. Magnet a měděná deska se nedotýkají a přesto na sebe vzájemně silově působí. Silové působení vzniká jen při vzájemném pohybu magnetu a vodivé desky. V klidu žádné silové působení nepozorujeme. Měď není feromagnetická.

2) Obdobou předchozího pokusu je zastavování kyvadla. K malému kulatému feritovému magnetu přilepíme háček z měděného drátku, abychom jej mohli zavěsit na vlákno a sestavíme kyvadlo. Rozkíváme a pozorujeme útlum. Je velmi malý. Pod kyvadlo umístíme měděnou desku, aby mezera mezi nimi byla co nejmenší. Rozkíváme. Útlum je již znatelný. Pak na feritový magnet zespodu přidáme HDD magnet a opět vychýlíme kyvadlo. Tlumení v tomto případě je tak velké, že pohyb kyvadla přejde v aperiodický a kyvadlo se zastaví.

3) Nejjednodušší variantou je pohybování hliníkovými mincemi magnetem. Na tenkou plastovou desku nebo na karton umístíme několik hliníkových mincí. Čím větší, tím vhodnější. Pod deskou pohybuje HDD magnetem. Protože v mincích vytváříme pohybem magnetu vířivé proudy, které svými účinky brání vzájemnému pohybu magnetu a vodiče, mince putují spolu s magnetem. Pro zvýšení názornosti diskutujeme se studenty, jak by se chovala za stejných podmínek feromagnetická mince a pak ukažme.

4) Velmi vědným pokusem je předvedení roztáčení rotoru asynchronního motoru točivým magnetickým polem. Rotor zhotovíme z hliníkové konzervy. Vhodná je plechovka od burských oříšků. Doprostřed dna zevnitř přitmelíme ložisko z malé patentky. Připravíme hrot zaostřením drátu z výpletu kola bicyklu. Vetkneme jej do podstavce z prčkem. Na hrot zavěsíme plechovku. Máme hotový volně otáčivý vodivý rotor. Abychom vyloučili

mechanické působení na rotor, přiklopíme ho velkou kádinkou. Kolem kádinky pohybuje magnetem a vytvoříme tak rotující vektor magnetické indukce. Plechovka se roztočí ve stejném směru. Pokud oddálíme magnet, rotor se po chvíli třením zastaví. Pokud po roztočení magnet jen zastavíme a necháme rotor otáčet ve stacionárním magnetickém poli, zastaví se velmi rychle.

5) K následujícímu experimentu potřebujeme volně otáčivé hliníkové kolečko. Vezmeme použité, prohnuté, ale jinak nepokřivené, hliníkové víčko ze sklenice Omnia o průměru 8,5 cm. Nůžkami odstříháme okraj. Doprostřed z vnitřní strany zabodneme kružítka, sestojíme kružnici a přesně vystříháme kruh. Na kolečko nakreslíme fixem několik plošek, abychom mohli dobře sledovat jeho otáčení. Propíchnutím plechu se vytvoří malý výstupek. Kolečko položíme na toto vyvýšení a na hladké pevné podložce, např. na skle, roztočíme prsty. Kolečko se překvapivě velmi dlouho otáčí. Pak vezmeme větší feritový magnet. Vhodný je kruhový magnet z vysloužilého reproduktoru. Roztočíme kolečko a umístíme magnet tak, aby zasahovalo do magnetického pole jen částí. Otáčení se velmi rychle utlumí. Stejným způsobem se brzdí otáčení kolečka v elektroměru, nebo kmitání ručičky deprežského měřicího přístroje.

Pokud roztočené kolečko umístíme do magnetického pole s osou rotace shodnou s osou magnetu, kolečko se točí bez magnetického brždění. Protože se nemění magnetický indukční tok v uzavřeném elektrickém obvodu, nevzniká indukovaný proud, nedochází ke konání práce, neklesá energie otáčení a kolečko je bržděno jen třecími silami.

### Raketka na lihové páry

**Pomůcky :** PET láhev, 1,5 l s víčkem, závěs na láhev, vlasec, zápalky, lih na pálení.

Nejprve si připravíme vlastní raketu. Plastovou PET láhev 1,5 l zbavíme papírového polepu kvůli ochlazení. Do plastového uzávěru vyvrtáme uprostřed otvor asi 8 mm v průměru. Vezmeme 35 cm dlouhý hliníkový drát o průměru 1,5 mm - 2 mm. Vhodné pro tyto účely jsou zbytky elektroinstalačních vodičů používaných v elektrických rozvodech o průřezu 2,5 mm<sup>2</sup>. Drát ohneme 6 cm od konců do pravého úhlu. Konce zatočíme do spirály se dvěma závitů o průměru asi 8 mm a stoupání 5 mm. Spirálovité konce ohneme tak, aby osa závitů byla rovnoběžná se střední částí. Získáme tak závěsný držák. K láhvi ho přilepíme lepicí páskou. Napneme přes učebnu tenký provázek nebo vlasec o délce nejméně 5 m, ale lépe 15 m a více. Do láhve nalijeme asi 5 ml lihu na pálení a poválíme tak, aby celý vnitřek byl pokryt lihem a ten se rychle vypařoval. Pak otvorem v zátku zbytek lihu vylijeme a zátku zvlhčíme lihem. Láhev zavěsíme na vlasec. K otvoru opatrně přiblížíme zapálenou sirku, druhou rukou držíme karton mezi plamenem a vlascem, aby se vlasec nepřepálil. Ruku se sirkou držíme pod otvorem tak, aby prudký plamen, který z něho vyrazí, nás nepopálil!

Láhev uletí značnou vzdálenost. Do výšky přes 10 m. Záleží na objemu a tvaru láhve. Pro lepší kontrolu nad letící láhví v omezeném prostoru je možné provádět tento pokus ve variantě, kdy láhev je přivázána na volně visícím závěsu o délce asi 1 m na vysokém stojanu. Láhev opíše kružnici ve svislé rovině i několikrát.

Láhev lze vypouštět i volně, ale je nutné zajistit bezpečnost přihlízejících! Pokus je efektní zvláště při zatemnění, kdy můžeme pozorovat plamen uvnitř láhve i za ní. K úspěšnému provedení je třeba kvalitní čerstvý lih na pálení, pevná lehká láhev a teplota okolí mezi 20 °C a 28 °C. Při nižší teplotě se vypaří jen málo lihu a láhev neletí, při větší se láhev teplem deformuje. Pokud použijete láhev menšího objemu, např. 0,5 l, je vhodnější menší otvor kolem 4 mm.