Komentáře a metodický materiál pro učitele fyziky k řešení úloh FO

Ivo Volf, ÚV FO, Univerzita Hradec Králové*

Tak jako po několik minulých let jsme pro soutěžící v kategoriích E, F připravili soubor 15 úloh z celé oblasti výuky fyziky na základní škole. Protože konstrukce osnov fyziky v konkrétní škole a třídě závisí podstatně na výběru pořadí tematických celků učitelem fyziky, ponecháváme na něm i výběr soutěžních úloh I. kola FO. **Učitel fyziky stanoví sedmici povinných úloh zvlášť pro žáky 8. ročníků a zvlášť pro žáky 9. ročníků.** Musí se tedy s úlohami alespoň orientačně seznámit (nejlepším postupem by bylo, aby je všechny pečlivě vyřešil), přičemž zjistí, které úlohy odpovídají již probranému učivu fyziky ve třídách, kde vyučuje.

Cílem tohoto článku je poskytnout další informace, jež se týkají konkrétní metodiky řešení zadaných úloh, a dále nabízíme dodatkové návodné nebo analogické úlohy s ohledem na úlohy do soutěže zadané. Vycházíme z žádosti řady učitelů fyziky, aby kromě výsledků, jež jsou na internetu uvedeny, dostali učitelé k dispozici další metodický materiál.

Učitelé by si měli především přečíst poznámku pro soutěžící uvedenou v záhlaví zadání úloh: „*řešte především ty soutěžní úlohy, které vám doporučí váš vyučující fyziky. Nikdo vám však nebude bránit v řešení dalších úloh, pokud na ně svými znalostmi budete stačit.*“

Při řešení úloh **doporučujeme využívat plně kalkulačku, náčrtky, grafy a grafické metody řešení.** Doneslo se mi, že někteří žáci-řešitelé FO mají námitky k počtu podotázek, pokud překročí „*únosnou míru tři*“! Zdůrazňuji, jako jediný autor všech úloh v tomto ročníku, že každá úloha je z důvodu metodického vedení řešitele strukturována, a právě uvedené otázky umožňují vytvořit každému řešiteli úspěšnou strategii řešení problému, jež vede ke správnému výsledku.

Závěrem těchto úvodních slov ještě poznámku. Občas mi učitelé fyziky na základní škole namítají, že úlohy vysoce přesahují standard současné výuky a pro žáky jsou příliš náročné, zejména však tím, že zabíhají do fyziky středoškolské. **Jedním z cílů fyzikální olympiády je vyhledávat děti talentované pro fyziku a rozvíjet jejich intelektuální nadání.** To je možné díky vhodným zajímavým a dostatečně náročným problémům. Jednoduché úlohy, opírající své řešení o dosazení do jednoho vzorce, tento úkol splnit nemohou. Před žáky talentované, jichž je nejvýše 15–20 % v populaci, musíme stavět úkoly, které povzbudí jejich proces myšlení. Proto vybírám úlohy vždy obtížnější nebo úlohy, jež lze řešit na dvou úrovních – lehčí část postačuje k pozitivnímu hodnocení, v obtížnější je pak řešitel nucen využít tvořivého přístupu. Je pravda, že někteří soutěžící fyzikální olympiády na řešení stačí sami, některým musí učitel pomoci: radou, návodem nebo jen prostým nasměrováním úvah při řešení.

Poznámky k úlohám FO – E, F – 44

1. CYKLISTA JEDE DO KOPCE.

Úloha vychází z praxe řidičů (včetně značky pro stoupání), využívá skutečnosti, že stoupání $p = \frac{h}{l} = \sin\alpha$, kde *h* představuje stoupání na trati délky *l*, (α je úhel sklonu). Těleso pohybující se rovnoměrně po nakloněné rovině vzhůru se musí pohybovat účinkem tahové síly $F = \frac{m \cdot g \cdot h}{l} + F_0$. Práci při stoupání stanovíme jako $W_1 = m \cdot g \cdot \frac{h}{l} \cdot l = m \cdot g \cdot h$, práci při

* ivo.volf@uhk.cz

překonávání třecí síly $W_2 = F_0 \cdot l$ a tedy $W_C = m \cdot g \cdot h + F_0 \cdot l$. Výkon cyklisty určíme $P = \frac{W_C}{t} = F \cdot l \cdot \frac{v}{l} = F \cdot v$.

1-1

U železniční trati bývají zajímavé značky, jež souvisejí se stoupáním nebo klesáním tratě. Vysvětlete, co znamenají značky $\frac{17}{2400}$, $\frac{1750}{5}$.

1-2

Z automapy si Pavel vyčetl, že na úseku 4,6 km překonala silnice výškový rozdíl 230 m. Určete stoupání na tomto úseku. Ve skutečnosti prvních 1 350 m se uskutečnilo po rovině, pak přišlo stoupání a zbývajících 1 350 m vozovka pokračovala po vodorovném úseku. Určete stoupání a nakreslete příčný řez sledovaným úsekem. (5 %, resp. 12 %)

1-3

V turistické mapě je vyznačena přímá stezka, jejíž délka na mapě je 12 cm, měřítko mapy je 1:12 500. Výškový údaj na začátku stezky je 890 m, na konci 1 120 m. Načrtněte výškový profil stezky, předpokládáme-li stálé stoupání. Jaká je skutečná délka trasy, kterou turista urazí po stezce? (1 517 m)

1-4

Aby se udržela stálá rychlost vozidla na trase do mírného kopce, musí být tahová síla 600 N; z toho 240 N představují odpory proti pohybu. Jaká síla musí působit na vozidlo, aby se pohybovalo z kopce dolů po stejné trati a stejnou rychlostí? Rozjelo by se poté, co by na určitém místě úseku zastavilo? (brzdící síla musí mít velikost 120 N)

2. Děti kapitána Granta.

Úloha vychází z geografických motivací. Žáci se seznamují se zeměpisnými pojmy systematicky od 6. ročníku. Nikdo jim však nevysvětlil, že zeměpisná šířka daného místa je vlastně úhel, který svírá spojnice daného místa a středu Země s rovinou rovníku. To lze znázornit na glóbusu a doprovodných obrázcích. Zeměpisná délka je pak úhel, který svírá rovina poledníku daného směru s rovinou tzv. nultého poledníku procházejícího Greenwichem. Tyto úhly dovolí stanovit poloměr kružnice, jež se nazývá rovnoběžka, procházející místy o stejné zeměpisné šířce φ: $r = R_Z \cdot \cos\varphi$. Poloměr r vypočítáme nebo sestrojíme jeho přibližnou hodnotu: v kružnici o poloměru 64 mm zjistíme délku poloviny tětivy k příslušnému úhlu. Ostatní části úlohy plynou z práce s glóbusem a atlasem. Část úlohy c) je opakováním poznatků ze zeměpisu.

2-1

Vypočtete délku rovníku, je-li $R_Z = 6378\ \text{km}$. Jak velká část rovníku připadá na změnu $1°$, $1'$, $1''$ zeměpisné délky. Jaké údaje získáme pro 60. rovnoběžku?

(111 km, 1,85 km, 31 m)

2-2

Dva lidé na rovníku zjistili, že Slunce kulminuje v rozdílném čase, i když jejich hodinky jdou přesně a jsou nastaveny na tzv. World time (WT). Vysvětlete tento termín, vysvětlete i popsaný jev. Časový rozdíl představoval přesně 28 min – jaký je rozdíl v zeměpisné délce míst, kde se lidé nacházeli? (780 km)

2-3

Vysvětlete, jak lze pomocí časového rozdílu, kdy nastává tzv. místní poledne (okamžik horní kulminace Slunce), stanovit rozdíl v zeměpisné délce míst. Jak Cyrus Vance z Tajuplného ostrova (což je román J. Verna) zjistil zeměpisnou délku ostrova, na němž ztroskotala posádka balónu?

2-4

Jednotka rychlosti „uzel" je definována jako rychlost, při níž loď urazí jednu námořní míli za hodinu. Podívejte se do matematicko-fyzikálních tabulek a vysvětlete, proč 1 námořní míle (nautical mile) je rovna 1 852 m. Víte, že rovníkový poloměr země je 6 378 km, polární poloměr 6 356 km.

3. Puk při ledním hokeji.

Na střední škole se žáci hned po začátku školního roku dozvědí, že při pohybu rovnoměrně zpomaleném se rychlost tělesa s časem mění podle vztahu $v = v_0 - a \cdot t$, kde v_0 je počáteční rychlost, a je zpomalení tělesa a dráha při pohybu se dá stanovit ze vztahu $s = \frac{1}{2} \cdot (v_0 + v) \cdot t = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$.

Nerovnoměrné pohyby však nejsou do obsahu osnov fyziky základní školy zařazeny, neboť jde o „obtížnou tématiku". A tak žáci, ačkoli se v konkrétních situacích sami zrychlují či zpomalují, nejsou o těchto pohybech poučeni. Zkušenost ukazuje, že žáci se zájmem o fyziku a především žáci talentovaní pochopí práci s grafem $v(t)$ a příslušné problémy dokáží vyřešit. Úloha s pukem je opřena právě o grafické řešení.

3-1

Automobil se pohybuje od okamžiku, kdy cestující začne sledovat čas, nejprve rovnoměrně rychlostí $90\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ po dobu 20 s a potom se po dobu 40 s zpomaluje tak, že jeho rychlost se za tuto dobu zmenšila na $5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, přičemž velikost rychlosti klesá lineárně s časem. Nakreslete graf $v(t)$, určete rychlost automobilu v době 30 s, 40 s, 50 s, 60 s od okamžiku sledování času. Za jak dlouho se automobil zastavil? Jakou dráhu urazil automobil rovnoměrným pohybem? Jaká je celková dráha nutná k zastavení? (70 s, 500 m, 625 m)

3-2

Nakresli graf popisující změny rychlosti motocyklisty v závislosti na čase při následujícím ději: motocykl se při závodech z klidu rozjížděl a po době 12 s získal rychlost $108\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$, touto rychlostí jel po dobu 24 s a dalších 24 s se rovnoměrně zpomaloval, až zastavil v místě startu. Jaká byla délka jednoho kola? Jakou průměrnou rychlostí motocyklista jel?

(1 260m, $75{,}6\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$)

3-3

Cyklista o počáteční rychlosti $12{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ se pohyboval po suché vozovce rovnoměrně zpomaleně tak, že po 10 s měl rychlost $10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Pak za 5 s projel blátivou kaluží a jeho rychlost se zmenšila na $5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Jak dlouho se pohyboval po dalším suchém úseku, než se zastavil? Jakou dráhu urazil v jednotlivých úsecích? K řešení úlohy si nakreslete graf vyjadřující závislost rychlosti na čase. (20 s, dráhy 112,5 m, 37,5 m, 50 m)

4. NÁKLADNÍ AUTODOPRAVA.

Úloha je zaměřena na využití vztahu $m = \rho \cdot V$, předpokládá se, že žáci znají vztahy pro výpočet objemu kvádru. Je třeba naučit pracovat žáky s fyzikálními tabulkami (tabulky hustoty), i když v úlohách jsou údaje uvedeny.

4-1

V policejní zprávě se uvádělo, že zloději odcizili z chemické laboratoře 3,2 litru rtuti ve speciálním kontejneru, jehož hmotnost je 4,2 kg, je-li prázdný. Určete hmotnost a tíhu lupu, je-li hustota rtuti $13\,600\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$. (47,7 kg)

4-2

Zlaté cihličky mají tvar kvádru, jejich rozměry jsou v poměru $a:b:c = 1{,}2:2{,}5:4{,}5$ a hmotnost 6,0 kg. Stanovte rozměry cihliček, je-li hustota zlata $19\,300\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

(3,4 cm, 7,1 cm, 12,8 cm)

4-3

Hustota vzduchu v učebně je $1{,}2\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$, rozměry učebny jsou 6,4 m a 12,8 m, výška 2,8 m. Unesli byste vzduch z této učebny, kdyby byl vysátý do igelitového pytle? (275 kg)

5. ZÁZNAM HUDBY NA GRAMOFONOVÉ DESCE.

K řešení úlohy je nutno vyjít z osobních zkušeností žáků (mají-li ještě doma gramofon) nebo jim gramofonovou desku a její reprodukci předvést. Úloha pohybu po spirále se redukuje na soustavu soustředných kružnic. Předpokládá se, že pohyb desky je rovnoměrný otáčivý, žáci musejí umět vypočítat délku kružnice.

6. AUTOMOBIL SE ROZJÍŽDÍ.

Úloha popisuje situaci, s níž se žáci běžně setkávají: vozidlo je nejprve v klidu, rozjíždí se a zase zastavuje. Je zaměřena na pochopení časové závislosti rychlosti, a to pomocí nejprve tabulky, jejíž hodnoty budou přeneseny do grafu $v(t)$.

6-1

Vzletová rychlost letadla je $180\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ a letadlo ji dosáhne po rovnoměrném zrychlování po rozjezdové dráze po 25 s od okamžiku startu. Znázorněte v grafu $v(t)$, jak se rychlost letadla zvětšuje, a určete minimální délku rozjezdové dráhy. (625 m)

6-2

Lyžař sjíždí po vyjeté stopě z kopce rovnoměrně zrychleně tak, že po době 50 s získal rychlost $12{,}5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ a octl se na úpatí kopce. Pak však vjel do hustého „prašanu“ a začal se rovnoměrně zpomalovat a za 25 s zastavil. Rovnoměrně zrychlené a zpomalené pohyby vyjadřují skutečnost, že se rychlost lineárně mění v závislosti na čase. Nakreslete graf rychlostí jako funkce času – $v(t)$ a určete dráhu, kterou lyžař urazil po kopci dolů a v hustém prašanu. Jak by vypadal graf dráhy jako funkce času – $s(t)$? (312 m a 156 m)

7. Motocyklové závody.

Při řešení úlohy se nahrazují skutečné pohyby v jednotlivých úsecích modelovými pohyby s průměrnou rychlostí. Změny rychlosti na rozhraní úseků se považují za okamžité jevy. K řešení je vhodné sestrojit graf $s(t)$. V něm je třeba přivést žáky na myšlenku, že koncová poloha motocyklu po ukončeném okruhu je současně počáteční polohou téhož motocyklu na dalším okruhu, takže tomuto jedinému časovému okamžiku odpovídají dvě polohy místní. Konstrukce grafu vede ke snadnému řešení zejména části c) úlohy.

7-1

Dva cyklisté jezdí po okruhu délky 600 m tak, že jeden urazí okruh za 60 s, druhý za 75 s. Zjistěte, kdy se cyklisté vzájemně minou, vyrazí-li v témž časovém okamžiku a jedou

- z téhož místa stejným směrem;
- z téhož místa opačnými směry;
- z vzájemně opačných míst okruhu stejným či opačným směrem.

(po 300 s, 33 s, 150 s, 17 s)

7-2

Jedna londýnského trasa metra má délku 18,0 km a souprava ji urazí za dobu 30 min včetně minutových zastávek na stanicích. Z koncových stanic vyjíždějí v období špičky soupravy s časovým rozdílem 4 min. Zjistěte, kolik souprav je na trati v každém směru. Část trasy metra je na povrchu (cestou na letiště v Heathrow). Jak často se soupravy této linky míjejí? Kolik souprav by mohl cestující potkat, jede-li z jedné konečné na druhou?

(8 souprav, soupravy se míjejí každé 2,1 min, lze potkat 14, případně 15 souprav)

7-3

Vlaková souprava ze stanice se rozjíždí z klidu a po 80 s dosáhne rychlosti $90\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$, touto rychlostí jede 240 s a dalších 240 s se rovnoměrně zpomaluje až zastaví v další stanici. Určete vzdálenost obou stanic a průměrnou rychlost soupravy, s níž je počítáno v jízdním řádu.

(10 km, $64\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$)

8. Jeřáb zvedá panel.

Úloha představuje řešení komplexnějšího problému, v němž se spojují znalosti o hustotě, objemu a hmotnosti, tíze panelu, práci a výkonu. Doplňkových úloh k této jinak standardní úloze je dost, a proto žádné neuvádíme.

9. Průtokový ohřívač.

Úloha spojuje dva základní problémy – průtok vody potrubím, popisovaný rovnicí plynulého proudění (rovnicí kontinuity $Q_V = S \cdot v$), a rovnici kalorimetrickou. První rovnice vychází ze zákona zachování hmotnosti a podle starších učebnic fyziky byla vždy zařazována do učiva fyziky na základní škole. Druhá rovnice vychází ze zákona zachování energie. Řešení vyžaduje od řešitele myšlenku vytvořit si model, v němž se dynamický stav (proudění vody doprovázené ohříváním) nahrazuje stavem statickým (postupné ohřátí vody v bojleru).

9-1

Do vany přitéká studená voda o teplotě $15\,°\mathrm{C}$ a objemovém toku $8\,\frac{\mathrm{l}}{\mathrm{min}}$, dále voda teplá o teplotě $65\,°\mathrm{C}$ a objemovém toku $6\,\frac{\mathrm{l}}{\mathrm{min}}$. Určete výslednou teplotu vody poté, co se vana naplní do poloviny, do tří čtvrtin. Do vany se vejde nejvýše 210 l vody. ($36{,}4\,°\mathrm{C}$)

9-2

Do tělesa ústředního topení ve třídě vtéká voda o teplotě $65\ °C$ a odtéká voda o teplotě $45\ °C$, která se vrací zpět do zahřívacího systému. Jaký je tepelný výkon topného tělesa, když jím nuceným oběhem protéká $100\ \frac{l}{h}$? V zimě se dá teplota přitékající vody regulovat na $75\ °C$. Jak se změní tepelný výkon? (2 330 W, resp. 3 500 W)

10. Hmotnost knížky.

Úloha seznamuje žáky s nejužívanější formátovou řadou papíru, s níž se setkávají (je třeba vysvětlit např. pojem „čtvrtka" – formát A4 po čtvrtém rozříznutí základního listu papíru A0). Úloha pracuje s tzv. plošnou hustotou $80\ \frac{g}{m^2}$, i když tato veličina není výslovně uvedena. Řešení úlohy je velmi jednoduché.

11. Určování těžiště.

K provedení domácího (či školního) experimentálního cvičení je připraven pracovní list, který uvádíme v příloze tohoto článku.

12. Žárovka svítí.

Teplotní závislost odporu kovového vodiče v minulosti byla součástí obsahu výuky fyziky na základní škole. V úloze se spojují poznatky plynoucí z práce a výkonu elektrického proudu, Ohmova zákona a je uvedena teplotní závislost odporu $R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$.

12-1

Stanovte odpor vlákna žárovky o příkonu 60 W (75 W) při provozní teplotě, je-li žárovka připojena do sítě o napětí 230 V. (882 Ω, resp. 705 Ω)

12-2

Přístrojová pojistka chrání elektronické zařízení proti proudům vyšším než 0,3 A při napětí 230 V. Jaký maximální může být příkon tohoto zařízení? Jaký odpor toto zařízení má? (69 W, 770 Ω)

12-3

Měřením bylo zjištěno, že podíl odporu žárovky s wolframovým vláknem při provozní teplotě a při pokojové teplotě je 15,4, teplotní odporový součinitel wolframového vlákna je 0,004 8. Odhadněte provozní teplotu svítícího vlákna. ($3\,400\ °C$)

13. Meteorologické stanice.

Úloha je variantou úlohy 2, avšak se základní rovnoběžkou $50°$. Délku rovnoběžky určíme $2 \cdot \pi \cdot R_Z \cdot \cos 50°$, dalším údajem je $360° = 1\,296\,000''$.

14. Přečerpávací hydroelektrárna v České republice.

Úloha je vytvořena na základě technických informací o ojedinělé přečerpávací elektrárně, o níž se běžně příliš neví. K řešení je třeba určit rozdíl potenciálních energií protékající vody mezi nádržemi. Hydroelektrárna má výkon rovný výkonu střední tepelné elektrárny (např. Opatovice).

15. Experimenty s vajíčkem.

V úloze se spojuje několik měření – měření lineárních rozměrů oválného tělesa, které při měření omezíme do kvádru, jehož stěny se vajíčka dotýkají a jehož rozměry budeme zjišťovat. Odhad objemu vajíčka provedeme buď jednotlivě (jsou-li rozměry vajíček výrazně odlišné), nebo vložíme vajíčka do odměrné nádoby všechna (jsou-li vajíčka přibližně stejná). Je vhodné řešit i problém, kdy se vajíčka do odměrné nádoby nevejdou (např. užijeme-li kojeneckou láhev se stupnicí). Třetím úkolem je odhad hmotnosti vajíčka v případě, že ve vodě klesá či stoupá pomalu.

Svým žákům v 8. a 9. ročníku můžete doporučit i řešení úloh z ARCHIMEDIÁDY, jež obsahuje 3 úlohy teoretické, jednu grafickou a jednu experimentální úlohu, která může být variantou úlohy 15.

Příloha – pracovní list k úloze č. 11

Téma: Určování těžiště rovinných desek

Jméno: **Třída:**

Datum: **Hodnocení:**

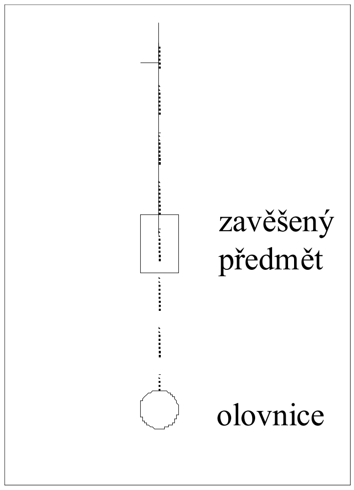
Úkoly: 1. Určete těžiště pravidelných a nepravidelných desek.
2. U pravidelných desek si dané těžiště ještě ověřte geometrickou cestou.

Pomůcky:

- vlasec (režná nit)
- šablony daných obrazců
- kartónový papír
- lepidlo
- olůvko (těžká matice)
- nůžky, popř. skalpel
- hřebíček na zeď
- připínáček
- psací potřeby a pravítko
- háček na vánoční ozdoby

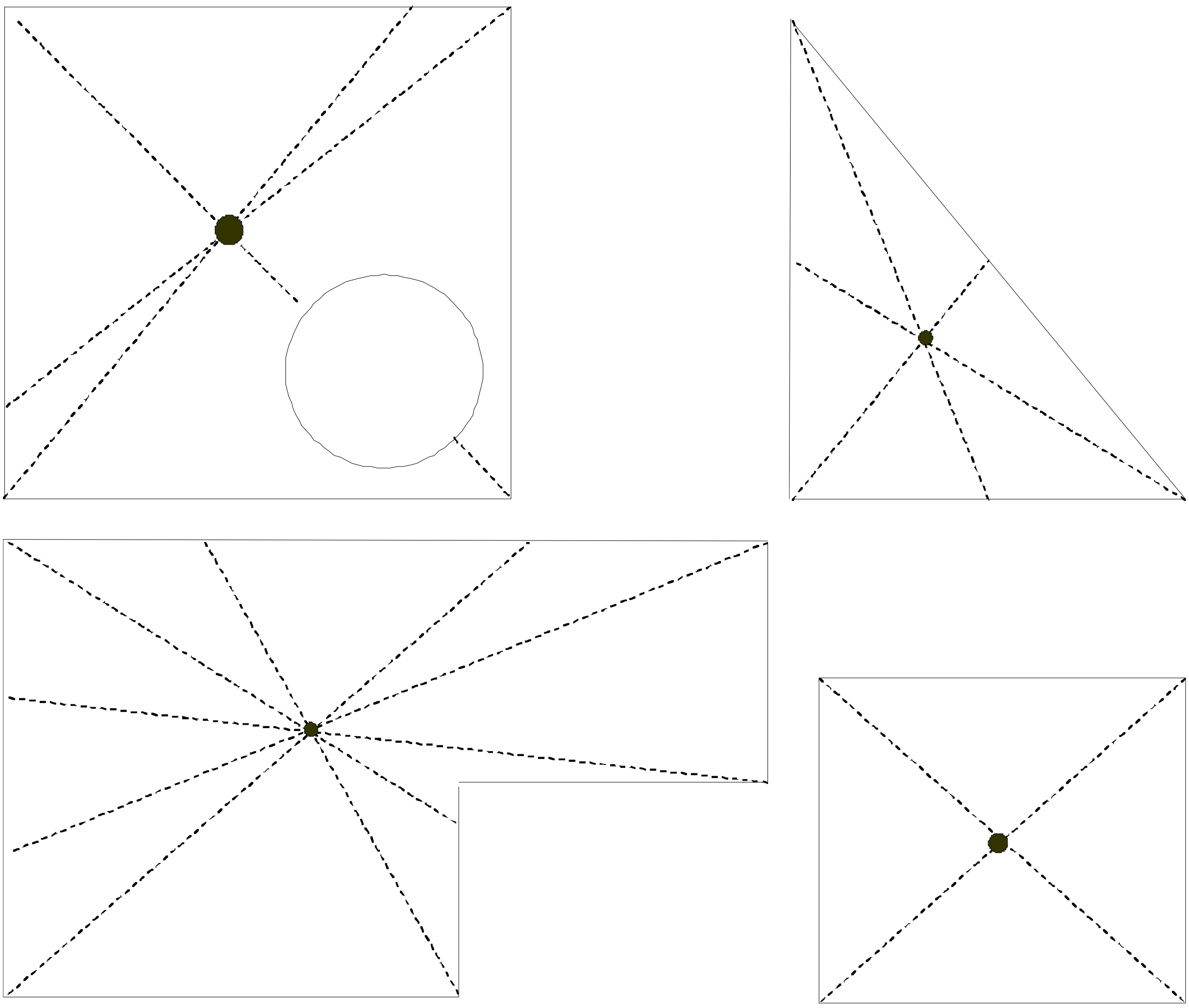
Postup: Z daného listu si vystřihněte šablony pro různé útvary. Potom je vlepte na tvrdý papír, nejlépe na krabici od bot. Skalpelem je vyřízneme či nůžkami vystřihneme. Okraje propíchněte několikrát připínáčkem. Tyto otvory budou sloužit na zavěšení. Sežeňte si režnou nit či vlasec. Pomocí olůvka (těžší matice) a vlasce si vyrobte olovnici, kterou zavěsíte na zeď. Pak vsuňte háček na vánoční ozdoby do jednoho z otvorů na desce. Druhým koncem veďte vlasec. Celý útvar zavěste na zeď k olovnici. Vezměte si do ruky tužku s pravítkem a udělejte si přesný opis, kudy vám vede vlasec z olovnice přes desku.Takto postupujte vždy několikrát. Průsečík daných čar potom znázorňuje těžiště dané desky.

Obrázek:

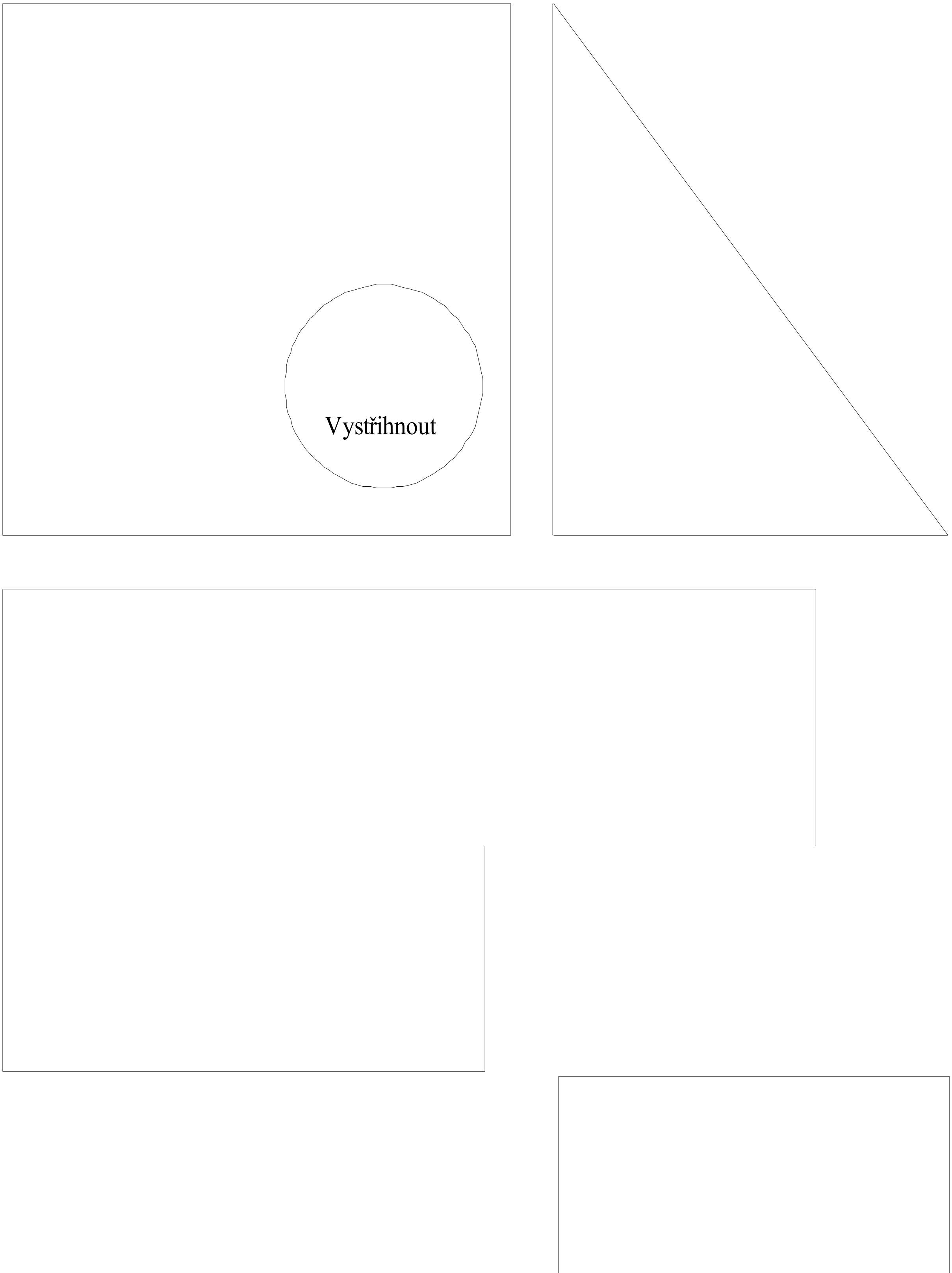


Po skončení měření vlepte obálku na list papíru a do ní vložte měřené desky.

Řešení:



<u>Závěr</u>: *Naučili jsme se pomocí experimentu určovat těžiště.*


Vystřihnout