

# KOREŠPONDENČNÝ SEMINÁR UFO

vzorové riešenia 2. série

1.ročník

letný semester

školský rok 2007/2008

[www.fks.sk/](http://www.fks.sk/)



UFO, KTFDF FMFI UK

Mlynská dolina

842 48 Bratislava

[otazky@fks.sk](mailto:otazky@fks.sk)

Čaute bubáci,

asi ste si všimli, že po každej sérii sa produkuje výsledkovka, kde sa môžete pozrieť, ako na tom ste. No a ona sa nerobí len tak prenič zanič. Po skončení tretej série bude totiž sústredko, na ktoré budú pozvaní najlepší riešitelia nášho seminára.

**Ako zistím či som najlepší riešiteľ?**

Na sústredko sa pozýva prvých 24 riešiteľov. V prípade nezájmu pozvaných sa pozýva ďalej, spravidla podľa poradia. Dlhoročné skúsenosti ukazujú, že pozývať sa bude po 30-35 mieste.

**Čo ak nie som najlepší riešiteľ?**

Treba sa viac snažiť.

**Čo ak som najlepší riešiteľ?**

Tešíme sa na Teba 2.-8. júla v škole v prírode vo Vrúcku. To je taká super dedina. Podrobnejšie pokyny ešte dostaneš, zatiaľ si treba dátum podčiarknuť v diári a môžeš začať spracovávať rodičov, aby ti prispeli nejakou korunou na účastnícky poplatok. Budeme sa snažiť zohnať financie, aby bol čo najnižší, ale zadarmo to aj tak nebude.

## 2.1 Na vlásku (opravovali Filip, Marika a Tinka)

*Chyťte svoju dlhovlasú sestru (kamarátku, seba) za pačesy a preveďte operáciu minimalistického skalpovania (vytrhnite jej jeden vlas). Odmerajte, akou najväčšou silou môžeme vlas rozťahovať bez toho, aby sa roztrhol!*



Ahojte, milí ufáci!

Ako odmerať pevnosť vlasu? Jednoducho, napríklad silomerom. Vlas chytíme medzi prsty, do vzniknutého očka navlečieme silomer a ťaháme a ťaháme.... až prásk! Vlas sa roztrhol. Ak sme dost šikovní, všimli sme si, akou silou sme ťahali silomer tesne pred roztrhnutím. Stačí vydeliť dvomi a práve sme namerali najakú-tú hodnotu, na ktorú sa v zadaní pýtajú **J**.

Mnohí asi silomer doma nemáte. Tie školské sú zväčša pokazené a učiteľ vám ich aj tak nechce požičať. AVŠAK existuje aj niekoľko pomerne jednoduchých a zároveň presných experimentov, ktoré sa dajú zrealizovať aj doma. Práve taký ideme odprezentovať v tomto vzoráku.

Chceme zistiť, akou silou možno ťahať vlas, aby sa nepretrhol. To je v podstate zhodné s otázkou: *Akú najväčšiu hmotnosť dokáže vlas udržať?* Čo keby sme si vytvorili akúsi misku, ktorá by bola zavesená na vlase (obrázok vpravo). Postupne by sme na ňu mohli pridávať drobné závažia, až pokým sa vlas neroztrhne. Potom stačí zmerať hmotnosť „závesu“ a... úloha je hotová :). Silu potrebnú na pretrhnutie vlasu spočítame podľa jednoduchého vzorca  $F = m \cdot g$ .

Čo použiť ako závažie? Keby sme na vlas zavesili auto s hmotnosťou



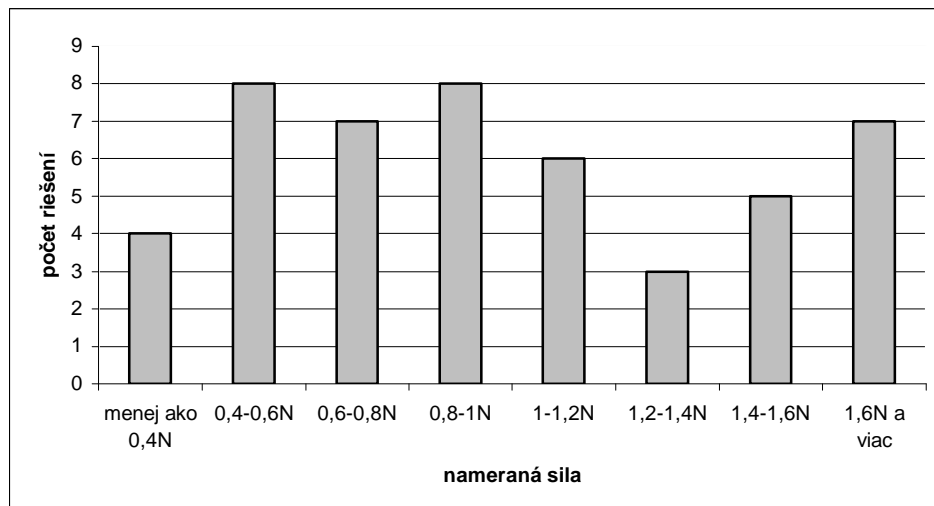
600kg, tak by nám vlas hneď praskol. O sile sme sa toho veľa nedozvedeli. Vieme, že vlas udrží nula áut, ale jedno auto už nie. Hľadaná pevnosť vlasu je určite väčšia ako 0N a menšia ako 6000N. To je dosť nepresné! Keď si však vezmeme napríklad klince, každý s hmotnosťou 10g, tak vieme namerať, že vlas udrží viac ako  $X$  a menej ako  $X+1$  klinčov (kde zrejme  $X$  už nebude nula). Je jasné, že čím menšie závažia pridávame, tým bude meranie presnejšie. Dokonca sa oplatí použiť na meranie napríklad múku alebo vodu: Dajú sa pridávať po skutočne malých množstvách a na záver experimentu možno ich hmotnosť zmerať.

Dosť bolo kecov, chceme sa vám pochváliť, čo sme ako šikovní vedúci namerali. Ako pridávané závažie sme použili vodu. Aj hľa, naše merania.

Č.merania	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sila(v N)	0,93	1,08	1,05	0,9	0,85	1,05	0,88	0,95	0,75	0,98

V prvom riadku je poradie merania a pod ním sila, pri ktorej sa vlas pretrhol. Fakt, že nameraná sila sa vlas od vlasu rôzni, je celkom prirodzená vec a netreba si z toho robiť ťažkú hlavu. Samozrejme, pokiaľ sme nenamerali extra extrémne odchýlky.

Z tabuľky určíme priemernú silu (ako keď počítate priemer známok) a to je 1,88 N / Tá je, samozrejme, u každého trochu iná a vy ste si namerali takéto pevnosti vlasu:



Nasleduje krátka kontemplácia na tému: *Čo všetko malo obsahovať veľabodové riešenie?* Zadanie káže namerať akúsi silu. Nás zaujíma nielen váš výsledok, ale aj postup, ktorým ste túto silu zmerali, prípadne koho ste na experiment využili... **J**. Pokiaľ vám napadla aj nejaká squalá, ba priam fenomenálna metóda, ktorú sa vám ale nepodarilo zrealizovať, podelte sa s nami. Geniálne myšlienky isto oceníme. Skúste sa zamyslieť, kde ste sa mohli pomýliť, alebo prečo vaše riešenie nebude úplne presné. Neznamená to, že vaše riešenie je hneď zlé. Chybička sa vlúdi, ruky sa trasú, zem sa točí, sestra má špinavé vlasy,... a práve preto váš výsledok nemusí byť 100% presný. Opravovateľ sa poteší, ak vidí, že svojmu meraniu naozaj rozumiete a uvedomujete si aj jeho úskalia.

Na záver múdre slovo z dobrej literatúry. Aby bola chyba (akéhokoľvek) merania čo najmenšia, *Príručka mladých fyzikov* odporúča robiť vždy viacero meraní a výsledok „priemerovať“. Aj preto sme inak viac-menej správnym riešeniam nemohli dať všetkých 5 bodov, pokiaľ ste zmerali len jeden chlp. Čo ak ste vytrhli práve ten jeden, ktorý sa už dlhšiu dobu vyhýbal šampónu, je starý, špinavý, zelený...?? :)

Prajem vám veľkú radosť pri ďalšom experimentovaní!).

## 2.2 Vyvážená mačka (vzorák a obrázky Bzdušo, opravovali Ad'a, Simča a Bea)



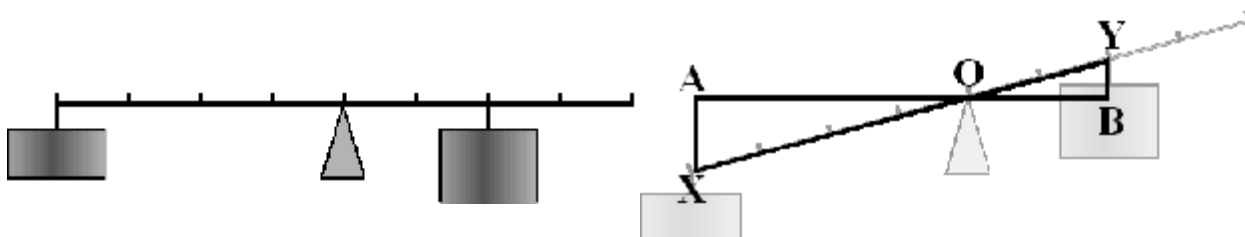
*Dosť bolo papania tuňáčka, povedal si René a zavesil svoju pretltnutú dvanástkilovú mačku na závesnú váhu. Mačka trepoce nožičkami a čaká, čo René spraví ďalej. Ten na druhý koniec váhy pripevnil druhú závesnú váhu a začal špekulovať. Rád by celý systém vyvážil, to znamená, rád by bol, aby obidve váhy boli akurát v rovnováhe. K dispozícii má kopec jednokilových závaží. Koľko ich bude potrebovať na to, aby mačku v jednotlivých prípadoch vyvážil? Dĺžky ramien všetkých váh sú v pomere 1:1, resp. 1:2. Nezabudnite odpoveď poriadne zdôvodniť!*

Ahojte. Teší ma, že ste sa s osudom zavesenej mačky potrápili a náležite si ju obľúbili. Ja si výnimočne dovoľm bez vtipných komentárov o Reného domácom miláčikovi prejsť rovno k samotnému vzoráku. Obsahuje veľa hlbokých fyzikálnych myšlienok. Koho však nezaujíma opodstatnenie, prečo funguje niečo ako *moment sily*, môže jednu stranu vzoráku preskočiť.

### Odkiaľ sa berie moment sily?

Začnem vážne. Ako ste už asi počuli, *všetky telesá sa snažia dostať do stavu s čo najmenšou polohovou energiou*. To je dôvod, prečo pustený kameň padá k zemi: Má tam menšiu polohovú energiu. Ak cez kladku prevesíte lano s dvoma rôzne ťažkými závažiami, k zemi pôjde ťažšie z nich. Ľahšie závažie sa vyšplhá nahor. Takýto „stav“ má naozaj menšiu polohovú energiu, ako keby vyšlo ťažšie teleso nahor a ľahšie pokleslo.

Rečnícka otázka: „No dobre, ale ako to súvisí so zadaním tejto úlohy?“<sup>1</sup> V zadaní úlohy sú páky. Keď sa páka otáča, mení sa výška telies nad zemou a teda sa nejako sa menia aj ich polohové energie. Vezmime si situáciu na ľavom z nasledujúcich obrázkov:



Nech teleso na ľavej strane má nejakú hmotnosť  $m_1$ . Zaujímá nás, teleso akej hmotnosti  $m_2$  treba zavesiť na druhú stranu v polovičnej vzdialenosti, aby bola páka vyvážená. Keby sme páku trochu pootočili ako na pravom obrázku, tak ľavé teleso klesne o  $|AX|$  a jeho polohová energia sa zmenší o  $m_1 g |AX|$ . Pravé teleso stúpne o  $|BY|$  a jeho polohová energia  $m_2 g |BY|$ . Ak by sa pri pootočení polohová energia zmenila, páka by to vycítila a roztočila sa tak, aby to náležite využila na jej minimalizáciu. Ak chceme stabilnú páku, znamená to, že pri pootočení musí ostať polohová energia rovnaká, teda:

$$m_2 g |BY| = m_1 g |AX|.$$

Z podobnosti trojuholníkov  $\Delta OAX$  a  $\Delta OBY$  vyplýva rovnosť  $\frac{|BY|}{|AX|} = \frac{|OY|}{|OX|}$ . Ak si odtiaľto

vyjadrím dĺžku  $|BY|$  a dosadím do rovnosti pre zmenu energie, dostanem:

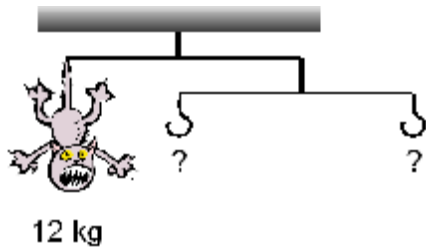
$$m_2 |OY| = m_1 |OX|.$$

Aby telesá na páke boli v rovnováhe, tak súčin hmotnosti a vzdialenosti od osi otáčania jedného musí byť rovný súčinu hmotnosti a vzdialenosti od osi otáčania druhého. Z toho istého dôvodu, prečo hodený kameň padne k zemi. Zaujímavé, nie?

<sup>1</sup> Rečnícka otázka – Ide o literárny pojem. Je to otázka vložená do textu autorom, ktorej odpoveď sa čitateľ dozvie z ďalšieho textu alebo si odpoveď musí z textu domyslieť sám.

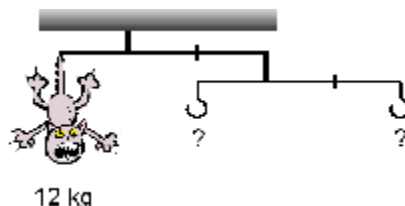
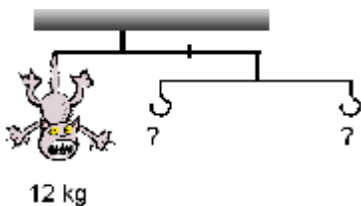
Skutočnosť, že tento súčin musí byť pre obe telesá rovnaký, je tiež zaujímavá. Dokonca natoľko, že si zaslúžil svoje vlastné pomenovanie: Nazýva sa *moment sily*.

### K samotnému riešeniu...



a) Aby bola v rovnováhe dolná páka, tak obe záťaže musia mať rovnakú hmotnosť. Ak zabezpečíme toto, môžeme sa zamýšľať nad hornou pákou. Celá dolná páka sa správa ako jedno *veľké teleso* uchytené v danom bode. Hmotnosť tohto telesa je zrejme súčtom záťaží na dolnej páke.  
V tejto časti úlohy je vzdialenosť úchyty dolnej páky od osi otáčania rovnaká ako vzdialenosť mačky, preto dolná páka musí mať hmotnosť 12 kg. Ako sme už spomínali, obe záťaže musia byť rovnaké, preto **na obe strany treba zavesiť 6 jednokilových závaží.**

b) Dolná páka je na dvakrát dlhšom ramene ako mačka. Preto stačí, aby jej celková hmotnosť bola polovičná, t.j. 6 kg, a rovnováha na hornej páke je vyriešená. Aby bola v rovnováhe aj dolná páka, musia byť obe záťaže rovnaké. Šesť kíľ na dolnej páke treba rozdeliť v pomere 1:1, teda **na oba háčiky treba zavesiť 3 jednokilové závažia.**

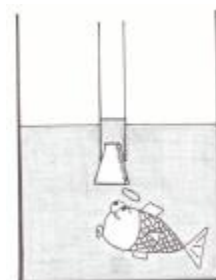


c) Z rovnakého dôvodu ako v predošlej časti, celková hmotnosť dolnej páky musí byť 6 kg. Aby bola v rovnováhe aj dolná páka, musí byť teleso vľavo dvakrát také ťažké ako pravé, pretože má polovičnú vzdialenosť od jej osi otáčania. To sa pri požadovanom súčte 6kg dá splniť iba ak **vľavo zavesíme 4 a vpravo 2 jednokilové závažia.**

Upozornenie: Hrdina tohto príkladu, na rozdiel od jeho domáceho miláčika, NIE JE vymyslený!!!

## 2.3 Čapovač (opravovali Bumerang, Boogie a Marcel)

V zazátkovanej nádobe sa nachádza lahodný nápoj, ktorý by sme radi načapovali do pohára. Avšak pozor! S nádobou sa nesmie hýbať, celý čas musí byť nehybne položená na stole, ktorý zase musí byť úplne nehybne položený na zemi. Nádoba je s vonkajškom spojená iba sklenenou rúrkou, ktorá je pevne zarazená do gumovej zátky (pozri obázok). Ako na to, pokiaľ nápoj nemôže prísť do kontaktu s ústami a nemáme so sebou vývevu ani nič podobné na vytvorenie podtlaku?



### Baf!

Bububu, tu sú vaši hrôzostrašní opravovatelia. Áno, presne tí, ktorí vám zavreli kofolu do čapovača, aby ste z nej nemohli piť (a ostala nám...muhehe). Vrrr, ale vy suchozemské krysy ste prišli na to ako ju odtiaľ dostať...no čo už, tak sa pozrieme, ako na to.

Najprv ako sa to robiť nemalo. Istí Móricko si povedal, že to spraví tak, ako vinári alebo vodiči kamiónov. Keď potiahne z hadičky a natiahne do nej kofolu (víno, benzín, vodu, kyselinu sírovú...), tak ona potom potečie sama...to sa tak predsa robí, nie? Áno, robí, ale teraz by to tak nefungovalo. Tento princíp je totiž založený na tom, že voda vo vonkajšej časti hadičky preváži vodu vo vnútornej časti, a tým pádom ju bude ťahať na druhú stranu. A keď sa pozrieme na obrázok, rúrka nesiahá pod hladinu nápoja, a teda voda v nej nič nepreváži.

Okrem toho, keby z nádoby vytekal nápoj, po chvíľke by v nej klesol tlak vzduchu (lebo nový by sa tam nemal ako dostať) a nápoj by z nádoby prestal vytekať.

No, tak teda ako? Je viac riešení, ale ako prvé asi to najjednoduchšie a najefektívnejšie:

1.)

Paradoxne to ide presne naopak ako v predošlom prípade. Z trubičky nebudeme ťahať, ale budeme do nej fúkať. Rafinované, čo? Vzduch prebublínkuje cez kvapalinu a tým zvýšime tlak vzduchu vo fľaši (viac vzduchu v rovnakom objeme, to dáva logicky vyšší tlak). Už predtým bol tlak vzduchu vo fľaši rovnaký ako atmosférický, takže teraz bude tlak vo vnútri vyšší ako vonku. Vzduch bude teda tlačiť na hladinu nápoja a vytlačí ho hore rúrkou a potom aj von do pohára (lebo ani vzduch, ani nápoj nemá žiadnu inú únikovú cestu)...ale to všetko až potom ako odtiahneme ústa od rúrky. Lahodná kofola (sirup, čajík, roztopená zmrzlina...) nám teda pekne krásne natečie do nastaveného pohára a my si môžeme vychutnať jej výnimočnú chuť. Samozrejme, sú aj iné riešenia, tu je niekoľko z nich:

2.)

Druhá univerzálna možnosť funguje trochu ináč. Využíva tepelnú rozťažnosť vody a vzduchu nad ňou. Keď fľašu zahrejeme, vzduch aj voda sa rozťahnu (ich častice sa pri zohriatí začnú pohybovať rýchlejšie, a preto budú ďalej od seba), a keďže vzduch nemá kde uniknúť, tak vytlačí lahodný nápoj. Niektorí z vás ohrievali čapovač fénom, iní plameňom a iní rukami, t.j. teplom vlastného tela. Všetky tieto spôsoby by fungovali, ale len pri istých podmienkach. Napríklad ak by bola fľaša príliš veľká, tak by sa nám ju nepodarilo zohriať ináč ako plameňom, ohrievanie teplom ľudského tela by bolo problematické aj pri celkom normálnych veľkostiach čapovača. Okrem toho je tento spôsob krajne neefektívny, lebo sa nám podarí načapovať len malú časť nápoja (čím viac by sme ho chceli dostať von, tým viac by sa musel nápoj rozťahovať a tým viac by sme ho museli zohrievať). Potom by sme museli počkať kým nápoj vychladne, tým by sa scvrkol, v nádobe by klesol tlak a tak by sa tam cez slamku naťahal vzduch. Potom by sme museli celú nádobu znovu ohrievať aby sme načapovali ďalšiu trochu nápoja a to by dlho trvalo. Napriek týmto problémom sme toto riešenie uznávali ako správne.

3.)

Najjednoduchšie riešenie, ale nie až tak správne. Fľašu jednoducho stlačíme. Problém nastáva vtedy ak je čapovač sklenený alebo z nejakého iného materiálu, ktorý sa nedá stlačiť. Preto bolo za toto riešenie maximálne 1,5 bodu. Podobne dopadli aj iné riešenia, ktoré sa dajú previesť len v určitých konkrétnych podmienkach. Relatívne dosť bolo takých, ktoré niečo vsúvali do rúrky, ale to ide len ak je rúrka dosť široká (aj tak ale boli niektoré z týchto riešení veľmi pekné a kreatívne).

Tak, nakoniec musíme skonštatovať, že väčšine z vás sa podarilo nápoj viac či menej úspešne načapovať a polahodiť jeho lahodnou chuťou svojim lahodniachtivým jazykovým bunkám...

Muhahá, a teraz prišiel čas, aby sme sa my, diabolskí opravovatelia, diabolsky smiali. Vedeli sme že na to prídete, a tak sme vám do toho lahodného nápoja primiešali kyanid...chacháááá...

.

..

...

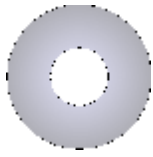
„Hmm, ešte ste nepomreli? Počuj, bumerang, nepomýlila si si cukor s kyanidom?“

„To ja nie, ty si ho tam sypal... a aj ráno do kakaa si dával cukor ty.“

„Hmm, kde máme protijed?“

---

## 2.4 Kruh (opravovali Samo a Judita)



*Je známe, že zahrievaním sa väčšina materiálov rozťahuje. Napríklad koľajnice musia mať v sebe pravidelné medzery, inak by sa v lete mohli „pokrčiť“. Čo však, keď z tenkého plechu vyrežeme kruh, ktorý má vo svojom strede otvor? Čo sa stane s veľkosťou otvoru, keď plech zahrejeme? Zväčší sa, alebo sa zmenší?*

Ahojte Ufáci!

Opäť vás čaká napínavé dobrodružstvo, dej plný zvrátov, náhod, nečakaných odhalení. Tento krát sa nám do cesty postavil zákerný problém menom Kruh. Chcete vedieť, ako sme si s ním poradili a či sme vôbec vyviazli živí? Potom čítajte ďalej!

Naozaj sme boli veľmi zvedaví, či sa otvor v kruhu zväčší alebo zmenší.

Samo to chcel hneď vyskúšať, ale Judita ho zastavila: „Nebud’ nedočkavý, najskôr by sme mali pochopiť, ako sa rozťahujú jednoduchšie predmety a až potom je na čase skúšať kruh.“

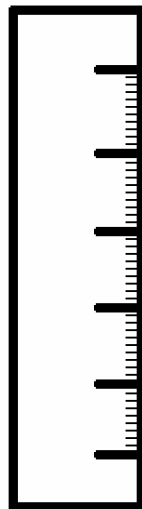
„No dobre a čo chceš teda skúmať?“ opýtal sa Samo, sklamaný Juditínym zákazom.

„Zahrievajme najskôr kovové pravítko, na ňom sa bude vďaka jeho stupnici najľahšie pozorovať rozťahovanie,“ navrhla Judita snažiac sa pritom úsmevom roztopiť Samovu roztrpčenosť.

Vzali sme si teda dve pravítka z ufónskej ocele a jedno z nich sme zahriali na 200 °C. Ufónska oceľ je veľmi dobre rozťahná, pravítko sa nám preto natiahlo na presný dvojnásobok svojej pôvodnej dĺžky. Všimli sme si niekoľko dôležitých vecí:



pred zahriatím



po zahriatí

- | Zdvojnásobili sa všetky rozmery, dĺžka, šírka, dokonca aj hrúbka pravítka
- | Dieliky boli na pravítku rozostavené rovnomerne ako predtým - akoby sa len zmenila mierka pravítka
- | 1 mm dielik na zohriatom pravítku meral 2 mm
- | Ak sme si pred zohriatím označili nejaké dva body na pravítku a odmerali ich vzdialenosť, po zohriatí sa ich vzdialenosť zdvojnásobila

Jednoducho povedané, natiahnuté pravítko bolo podobné nenatiahnutému pravítku<sup>2</sup>. Ufónska oceľ sa teplom rozťahuje rovnomerne, zohriaty predmet je len obyčajnou zväčšeninou pôvodného.

<sup>2</sup> Podobnosť v geometrii znamená presne tú vlastnosť dvoch útvarov, že sú tvarovo rovnaké, jeden je len zväčšeninou toho druhého.

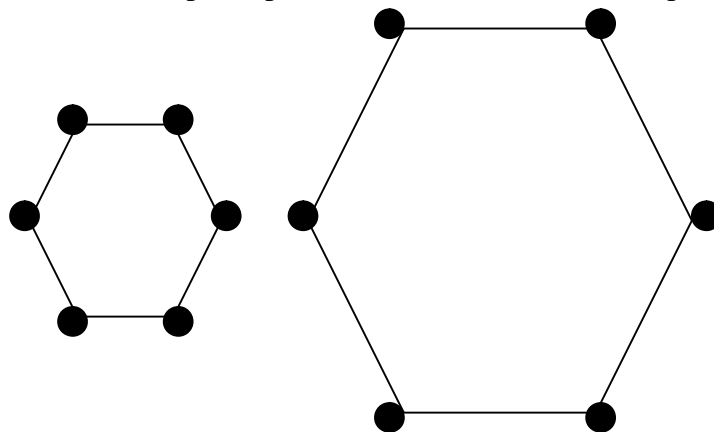
Aby sme si to ešte raz vyskúšali, zobrali sme si veľký štvorcový kus plechu a pokreslili naň fixkou rôzne obrázky. Potom sme plech zahriali a porovnali sme výsledné obrázky s pôvodnými. Výsledok môžete vidieť tu:



Plech sa natiahol v každom rozmere na dvojnásobok svojej pôvodnej veľkosti a vzdialenosti medzi všetkými jeho bodmi sa zdvojnásobili. Nakreslené obrázky vyzerali rovnako ako predtým, boli akurát dvakrát väčšie a aj vzdialenosti medzi nimi sa zdvojnásobili. Opäť sme sa teda presvedčili, že sa oceľ rozťahuje rovnomerne.

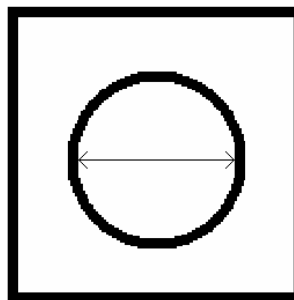
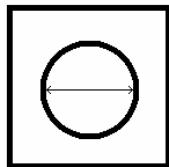
Stále sme však neboli úplne spokojní. Chceli sme vedieť, ako to tam vnútri vlastne funguje. Judita si teda zobrala veľký mikroskop a nechala si kúsok plechu poriadne zväčšiť. Plech je tvorený časticami látky, ktoré držia pokope vďaka silám<sup>3</sup>, ktorými na seba pôsobia. Vďaka týmto silám si častice udržujú od seba stále rovnakú vzdialenosť, sú akoby pochytané za ruky. Na obrázku je držanie sa častíc znázornené čiarkami, častice sú nakreslené ako guľôčky. Keď začneme plech zahrievať, tak sa vzdialenosti medzi časticami rovnomerne zväčšia, akoby sa im predĺžili ruky. Na fotkách z nášho mikroskopu môžete vidieť častice pred zohriatím a po zohriatí.

Z tohto experimentu sme už pochopili, že látka sa skutočne teplom zväčšuje úplne



rovnomerne. To priviedlo Juditu na nápad ako jednoducho a rýchlo zistiť, ako budú vyzeráť naše predmety po rozťahnutí teplom. Stačí sa na predmet pozrieť pod lupou so správnym zväčšením (to závisí od toho, ako veľmi sa predmet teplom rozťahuje a ako veľmi ho budeme ohrievať). Judita teda vzala lupu, pozrela sa na kruh a tu je výsledok:

<sup>3</sup> Odkiaľ sa tieto sily berú tu vysvetľovať nebudeme. Ich pôvod je veľmi zložitý a my sa uspokojíme s poznaním, že tu sú.



Presne tak, otvor sa zväčší. Teraz už konečne Judita dovolila nedočkavému Samovi, aby si to overil aj pokusom. A naozaj, výsledok bol taký, ako čakali. Otvor v kruhu sa zahrievaním skutočne zväčšil.

Keby Samo spravil tento pokus už na začiatku, boli by sme veľmi prekvapení jeho výsledkom. Teraz sme však mali pocit, že mu rozumieme.

Častice stoja pochytané za ruky, v ich strede sa nachádza prázdny kruh. Ako ich zohrievame, je im teplo a nepáči sa im, že sú tak blízko seba. Chcú sa od seba vzdialiť. A výsledkom môže byť jedine väčší kruh. Vyskúšajte si to sami. Nájdite si niekoľko kamarátov, pochyťajte sa za ruky a vytvorte kruh. Ako vám je stále teplejšie, tak ruky vystierate a vzdialenosti medzi vami sa zväčšujú. A prázdny kruh v strede sa zväčšuje spolu s nimi.

---