

RAZISKOVANJE RAVNOVESJA PRI VRTENJU

Avtor: Sergej Faletič
Poglavja v UN: 3.3, 3.12(p), 3.13,
Generične kompetence: 3., 4., 6., 7., 11., 14.

Časovni okvir: 5' + 40' + 40'

Legenda: pokončni Arial tisk: naloge za dijake, vse kar je izpisano na delovnih listih. Ležeči Times New Roman tisk: navodila za učitelja. Alineja z oznako "-" pomeni enega od ciljev naloge, alineja z oznako "*" pa komentar na predhodni cilj naloge. Oznaka "?" pomeni predlog dodatnih vprašanj, če bi se naloga skupini zataknila.

Razlogi za vključitev dejavnosti v šolsko delo: eden od splošnih ciljev predmeta fizika v srednjih šolah je razvijati kritično razmišljanje. Ta naloga dijakom omogoča, da z meritvami, izkušnjami in sklepanjem sami pridejo do enega od naravnih zakonov: zakona o ravnovesju navorov. Večina tem, ki se obravnavajo v srednji šoli, je že bilo obravnavanih v osnovni šoli, v srednji pa sledi zgolj nadgradnja. Navor pa je tema, ki načelno v osnovni šoli sploh ni obravnavana, razen kot pravilo za vzvod. Zato je ta tema zelo primerna za simulacijo raziskovalne dejavnosti, kjer je dijakom prepuščeno, da sami pridejo do naravnega zakona, ki ga dotlej ne poznajo. Takšno delo je motivacijsko, ciljno usmerjeno, delno kreativno, zato menim, da nudi dijakom možnost, da zgradijo samozavest na področju naravoslovnega razmišljanja in sklepanja. Hkrati pa celotna naloga vzame komaj 2 šolski uri in s tem obdela vse povezano z navori, razen računskih nalog. Lahko se jo izvede tudi namesto ene od laboratorijskih vaj, saj je laboratorijskega dela veliko. Zaradi vsega tega se mi zdi, čeprav je poglavje o navoru med posebnimi znanji, smiselna za vključitev v šolsko delo.

Opis naloge: naloga je zastavljena tako, da bi s poskusi, vprašanji in sklepanjem dijaki sami prišli do enačbe za navor pri sili pravokotno na ročico, izreka o ravnovesju navorov ter celo enačbe za navor pri sili, ki ni pravokotna na ročico.

Prvi del naloge obravnava izrek o ravnovesju navorov pri silah, ki so pravokotne na ročico. Dijaki se najprej spomnijo pravila za vzvod na primeru palice, vrtljive okoli osi v središču, nato pa ga s poskusi razširijo na situacijo, ko sta na eni strani osi dve sili z različnima prijemališčema. Od tod naj bi prišli do sklepa, da je za vrtenje pomembna količina produkt sile in ročice, ne glede na to, kako ta produkt imenujemo.

Drugi del naloge obravnava vrednost navora v odvisnosti od kota med silo in ročico. Dijaki poskušajo držati palico v ravnovesju s tem, da jo vlečejo pod različnimi koti in ugotavljajo, kolikšna sila je potrebna pri vsakem od kotov. Na osnovi znanja o razstavljanju sil lahko potem pridejo do enačbe za navor, ki vključuje kot. Nalogi sta lahko neodvisni, lahko pa povezani v skupno celoto.

Možnosti za vključitev v pouk: naloga se lahko izvaja kot skupinsko delo pri redni uri ali kot samostojno skupinsko delo pri laboratorijskih vajah. Z nekaj prilagoditvami so mogoče še drugačne izvedbe.

Ciljna skupina: naloga je namenjena srednješolcem, predvsem gimnazijcem. Priporočljivejša je, ko že znajo računsko razstavljanje sil na komponente.

Opis dejavnosti z vidika kompetenc: naloga zahteva napoved rezultata pred izvedbo poskusa: prenos teorije v prakso, načrtovanje poskusa: načrtovanje in organizacija dela, sodelovanje znotraj skupine: medsebojna interakcija, skrb za varnost poskusa, analizo in obdelavo podatkov, sintezo sklepov na osnovi meritev in celo interpretacijo meritev.

RAZISKOVANJE RAVNOVESJA PRI VRTENJU

Učitelj uvod: (pribl. 3 min) V uvodu naj učitelj dijakom razloži pomen in ključne točke znanstvenega sklepanja.

1) Opazovanje: pri opazovanju pojavov smo pozorni na morebitne korelacije (če se spremeni neka količina, se tudi neka druga) in vzročno-posledične zveze (če storimo nekaj, se zgodi še nekaj drugega). Nek pojav lahko opazimo popolnoma naključno.

2) Potem ko smo pojav opazili, ga lahko začnemo sistematično preučevati. Postavimo laboratorijski poskus, kjer lahko čim bolj nadziramo vse okoliščine in jih tudi spreminjamo. Tako lahko korak za korakom odkrivamo, kakšne so zveze med posameznimi količinami.

3) Na osnovi opazovanja, predhodnega znanja, intuicije, sklepanja, itd. postavimo hipotezo o tem, kako so količine med sabo povezane.

4) Hipotezo preverimo z nadaljnjimi poskusi in jo po potrebi popravimo.

5) Največji uspeh hipoteze je, če lahko napove pojav, ki ga še nismo opazili, a ga kasneje dejansko tudi opazimo.

Pri tej nalogi bomo pogledali samo prve štiri točke na dveh različnih, a povezanih primerih. Cilj je odkriti naravne zakonitosti, t.j., postaviti hipotezo in jo preveriti. Medtem ko je praktični del (poskusi, meritve, ...) skupinsko delo, naj bo teoretični del (postavljanje hipoteze) samostojno delo. Če vsak v skupini postavi svojo hipotezo, je več različnih hipotez na voljo. Poleg tega je pomembno, da gre vsak skozi proces razmišljanja, ki ga pripelje do hipoteze, če naj od te naloge največ odnese. Nato naj se skupina soglasno odloči, katera hipoteza se zdi najbolj primerna in katero bodo torej prvo preverili. Zato naj vsakdo izpolnjuje svoj delovni list. Vrednosti v tabelah bodo pri vseh v skupini enake, izrisani grafi, hipoteze in sklepi pa ne nujno.

Splošno navodilo učitelju: Pri tej nalogi je treba dijake (skupine) spremljati skozi ves potek dela. Če se izkaže, da se kje zatakne in dijaki razmišljajo na popolnoma napačen način, jih je treba s podvprašanji napeljati nazaj na pravo pot, da bodo sploh lahko nadaljevali nalogo. Nekaj vprašanj je zapisanih v komentarjih.

Pripomočki:

- homogena palica z enakomerno porazdeljenimi prijemališči za silomere in uteži,
- 10 uteži z maso m in ena z maso $m/2$ (ali 4 z maso $2m$, 2 z maso m in ena z maso $m/2$ ali ustrezna druga kombinacija); predlagamo $m = 50$ g,
- silomeri z merilnimi območji od 4 krat do 16 krat teža ene uteži ($F = mg$, kjer je m isti kot pri prejšnji alineji in g težni pospešek): predvidoma trije različni silomeri, pri $m = 50$ g so merilna območja npr. 2 N, 5 N in 10 N,
- stojalo za palico,
- kotomer in ravnilo,
- listič približno A7 formata (osmina A4),
- lepilni trak,
- 3 vrvice za povezavo med palico in silomeri (podaljšanje silomerov) in ustrezne kljukice,
- prazen list papirja za morebitne dodatne zapiske,

Naloga

- Osnovna pravila, ki veljajo za vzvod, morda poznate že iz osnovne šole ali vsakdanjega življenja. Pri tej nalogi boste to znanje razširili.
- Ugotovite, v katerem primeru (pod kakšnimi pogoji) se prosto vrtljiva palica ne zavrti oz. je v ravnovesju.
- Izrazite ugotovitev z enačbo oz. formulo.
- *Ugotovite, ali je treba ugotovljeno pravilo spremeniti ali dopolniti in kako, če sila ni pravokotna na palico.

Ta naloga bo potekala na poseben način:

- pojav boste najprej opazovali;
- nato boste nekoliko obnovili zakonitosti, ki jih že poznate;
- na osnovi opazovanja boste postavili hipotezo;

- nato boste hipotezo preverili s poskusom, ki ga boste sami načrtovali;
- nazadnje boste zapisali izid poskusa, ga primerjali z vašo napovedjo, izvirajočo iz hipoteze, in če se ne skladata, poskušali ugotoviti, kje v vašem razmišljanju je prišlo do napake, ter postaviti novo, popravljeno hipotezo.

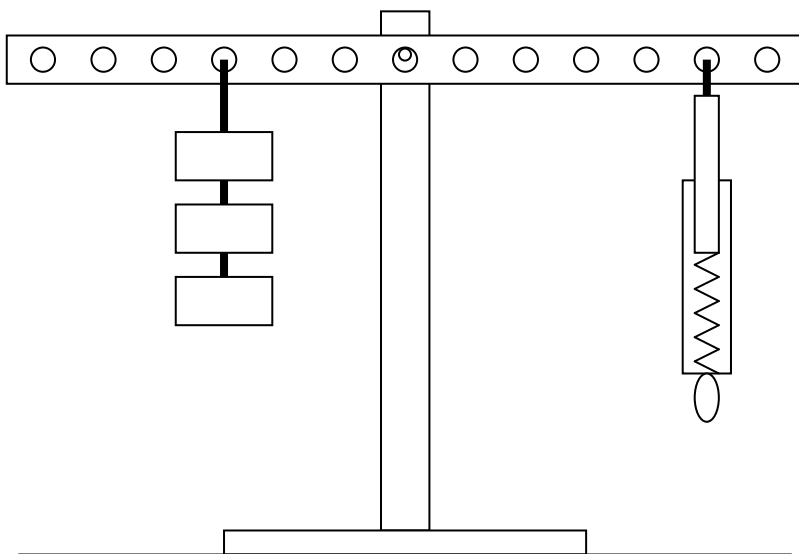
Cilj naloge je odkriti pravilo, ki velja za ravnovesje pri vrtenju.

Navodila za postavitev naprave

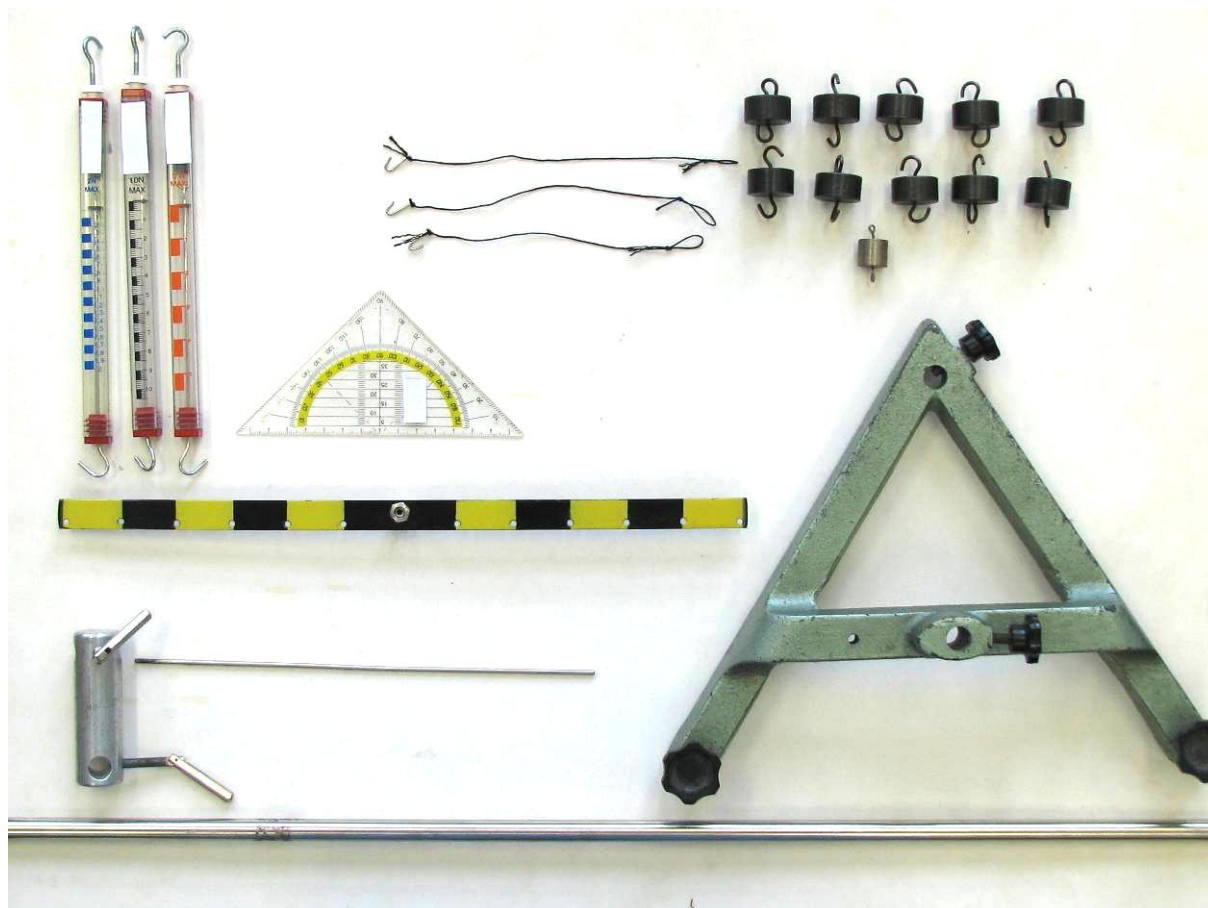
- Palico postavite na stojalo v obliki tehtnice. Pazite, da bo pod njo dovolj prostora, da jo lahko povlečete s silomerom ali nanjo obesite uteži (glejte sliko 1). Točki, okoli katere se palica lahko vrti, pravimo os.
- Sledite navodilom na delovnih listih. Ne pozabite zapisovati napovedi.

Navodila za izpolnjevanje delovnih listov

- Vsakdo naj na vprašanja odgovarja samostojno. Kjer je treba postaviti hipotezo, uporabite že pridobljeno znanje, navedite postopek sklepanja ipd.; naj bodo odgovori samostojni. Vsi v skupini namreč nimajo istega predznanja in načina razmišljanja, kar pa je dobro za skupino.
- Kjer naloga zahteva meritev, naj bo le-ta skupinsko delo s primerno razdeljenimi vlogami. Ta del opravi skupina kot celota.
- Če vam na delovnih listih zmanjka prostora, zapišite odgovore posebej. Zadostuje, da jih označite z ustrezno številko.
- Vsi postopki sklepanja morajo biti jasno navedeni, čeprav samo v nekaj stavkih.
- Posebej pomembna pri tej vaji je uporaba že pridobljenega znanja. Uspešno odkritje zakonitosti za ravnovesje vrtljive palice ni edini pogoj za opravljeno nalogo, pomemben je bolj postopek na poti k temu cilju.



Slika 1: Postavitev naprave



Slika 2: Pripomočki, razen belega lista za zapiske in papirnatega kotomera

RAVNOVESJE vrtljive palice – delovni list 1

1. del: ponovitev predznanja in spoznavanje naprave (pribl. 10 min)

- 1.1) Na levi strani obesite na tretjo luknjo štiri uteži. Koliko uteži morate obesiti na šesto luknjo na desni strani, da bo palica v ravnovesju? Kaj pa na drugo?

a) Preden izvedete poskus, poskusite s pravili, ki jih že poznate, napovedati izid.

- Za 6. luknjo pričakujemo večinsko napoved "dve". Osnovni princip vzvoda naj bi dijaki poznali bodisi iz osnovne šole, bodisi iz vsakdanjega življenja.

* Lahko se zgodi, da si ga napačno interpretirajo in odgovorijo "osem". To kaže na slabo razumevanje ali pomanjkanje izkušenj. Če se izkaže, da dijaki principa ne poznajo, lahko to pomeni dvoje: 1) v osnovni šoli se tega niso učili, v domačem okolju pa se s takimi zadevami ne srečujejo ali 2) dijaki so popolnoma pozabili na to pravilo, ker se jim ni zdelo dovolj pomembno, da bi si ga zapomnili. V tem primeru bi bilo dobro v naslednjih urah prikazati praktično uporabnost vzvoda za dvigovanje težkih predmetov. To da tudi vpogled v dogajanje v družbi, kjer se dijaki očitno ne srečujejo s problemi takega tipa.

- Pri 2. luknji je treba do napovedi priti z računom: $3 \cdot 4 = 2 \cdot x \rightarrow x = 6$.

* Lahko se zgodi, da dijaki narobe obrnejo enačbo in dobijo rezultat $x = 2,67$ ali celo kaj tretjega. To kaže bodisi na: 1) slabo računsko spretnost ali 2) pomanjkljivo sklepanje.

* Mogoči so primeri, ko je eden od dveh odgovorov pravilen. Tu je treba posebej opozoriti, ob privzetku, da že poznajo pravilo vzvoda, na hitro preverjanje smiselnosti: če je pri daljši ročici potrebna manjša sila, potem je pričakovati, da bo pri krajši ročici potrebna večja. Če dobimo manjšo, nekaj ni v redu. Dijake, ki to opazijo kljub napačnemu rezultatu, je treba posebej pohvaliti.

? Spomnite se klešč, vzvoda, ... kakšno pravilo je veljalo tam?

b) Izid poskusa: (poskus izvajajte, dokler ne dosežete ravnovesja):

Opis v smislu: "na šesto luknjo na desni strani smo obesili dve uteži in palica je ostala v ravnovesju (mirovala)."

c) Ali se je izid poskusa skladal z napovedjo? Če se ni, poskusite najti napako v svojem sklepanju.

Pričakuje se, da se bo izid skladal z napovedjo, saj na bi to teorijo dijaki že poznali..

? Ali so dijaki pravilno obrnili enačbe oz. izvedli križni račun, ali kakršenkoli postopek so že uporabili?

2. del: poskus in meritve (pribl. 20 min)

- 1.2) Zamislite si poskus, s katerim bi ugotovili, kakšno pravilo velja za ravnovesje, če na eni strani visijo uteži na več kot eni luknji. Navedite, kakšna bi bila postavitev naprave, narišite skico naprave, kaj bi spreminjali in kaj opazovali, merili, zapisovali.

- Dijaki naj bi sami ali s pomočjo učitelja prišli do ugotovitve, da bo postavitev enaka kot doslej, spreminjali bodo izbrani dve luknji in opazovali število uteži, ki so potrebne za ravnovesje v odvisnosti od izbire lukenj.

- Možen ekvivalent je, da izberejo število uteži in opazujejo luknje, pri katerih z izbrano razporeditvijo uteži dosežejo ravnovesje. V slednjem primeru jim je treba povedati, da se nadaljnje naloge navezujejo na prvo možnost, lahko pa si jih preoblikujejo, tako da se sklada z njihovo izbiro poskusa.

* Zanimivo bi bilo videti, ali dijaki različno sklepajo v odvisnosti od tega, kateri način so izbrali.

? Če veste, da morajo na dveh luknjah viseti uteži, kako bi ugotovili, koliko jih mora viseti na kateri?

- 1.3) Izvedite poskus, kot ste si ga zamislili. Opazujte vsaj tri različne kombinacije lukenj!

POZOR: ker so uteži diskretne (ne moremo obesiti tretjine ali četrte uteži), ni vsak par lukenj primeren. Če ne najdete primernih parov, lahko namesto uteži uporabite na eni od lukenj silomer. Pri tem morate paziti, da ga vlečete navpično navzdol – v isti smeri kot bi utež vlekla s svojo silo teže.

	številka luknje	sila navzdol	številka luknje	sila navzdol
kombi- nacija 1				

komb. 2				
komb. 3				

- 1.4) Izberimo 2. in 4. luknjo. Preverite, ali je za to izbiro mogoča samo ena razporeditev uteži. Poskusite z drugačno razporeditvijo in pokažite, da nobena druga porazdelitev ne ustreza. Če pa slučajno najdete še kako ustrezno, jo zapišite.

a) Navedite postopek, kako se boste lotili tega dela.

- Pričakovani postopek je tak: na eno luknjo damo samo eno utež in spreminjamo število uteži na drugi luknji dokler se palica ne prevesi v nasprotno smer od začetne. Nato dodamo eno utež na prvo luknjo in ponovimo postopek. Če pri kateri kombinaciji dosežemo ravnovesje, jo zapišemo.

b) Na priložen dodaten list papirja zapisujte izide vaših poskusov. Izide, ki se vam zdijo zanimivi, prepisite ali kar neposredno vpišite v spodnjo tabelo.

	št. uteži						
2. luknja	1	2	3	4	5	6	0
4. luknja	2,5	2	1,5	1	0,5	0	3
Ravnovesje?	da	da	da	da	da	da	da

3. del: hipoteza in preverjanje (pribl. 10 min)

- 1.5) Iz opravljenih meritev poskušajte dognati, kakšno pravilo velja, da je palica v ravnovesju. Zapišite ga v obliki enačbe in preverite, ali je bilo v vseh zgornjih primerih izpolnjeno.

a) Z razpravo znotraj skupine se soglasno odločite, katera od vaših hipotez naj bo zapisana kot končni odgovor. Če se kdo kljub razpravi ne strinja, naj zapiše svoj odgovor.

*- Skupina bo na nek način dosegla konsenz. Za katero hipotezo, ni ključnega pomena.
- Mogoče je, da bodo dijaki opazili vzorec, da je pri nalogi 1.5) produkt številke luknje in števila uteži 6. Mogoče bodo opazili, da je to skupaj 12. Mogoče bodo opazili, da pri nalogi 1.6 b) temu ni tako, mogoče pa bodo tudi opazili, da je pri slednji nalogi vsota produktov še vedno 12, in to navedli kot pravilo.
- Predlagam, da se pri naslednji razpoložljivi uri (ali pri tej uri, če ostane dovolj časa) o tem izvede kratko 10 minutno razpravo v celem razredu. Pri tem je pomembno, da se sliši vse hipoteze. To lahko dosežemo tako, da prvi prostovoljec pove svojo, nato nekdo, ki se ne strinja, svojo, nato nekdo, ki se ne strinja z nobeno od njiju, svojo, itd. Nazadnje se lahko razpravlja o vseh pomanjkljivostih in pravilnostih vsake hipoteze in se v razredu doseže konsenz o tem, katero pravilo je pravo.*

b) Na kratko, v nekaj stavkih, navedite, zakaj ste se odločili za to hipotezo. Ni treba navajati celotne razprave, le to, kaj je na koncu prevesilo odločitev v korist izbrane hipoteze (spoštovanje znanja predlagatelja, ujemanje s poskusi, vsi ste se že v začetku strinjali, ...)

- Namen te naloge je preprosto ugotoviti, kako znanstveno je bilo sklepanje. Dijaki bodo morebiti izbrali 'ujemanje s poskusi' že samo zato, ker se jim zdi, da bi tako moralo biti. To je dobro, ker nakazuje, da se, ne glede na to, kaj jih je v resnici gnalo k izbiri, zavedajo, kakšen je znanstveni pristop.

KAKO JE UČINEK SILE ODVIŠEN OD KOTA med smerema sile in palice – delovni list 2

1. del: postavitve poskusa (pribl. 10 min)

- 2.1) Zamislite si poskus, s katerim boste ugotovili, kako na silo, potrebno za ravnovesje, vpliva kot med silo in palico. Navedite, kakšna bi bila postavitev naprave (narišite skico), kaj bi spreminjali in kaj opazovali, merili, zapisovali.

- Dijaki naj bi sami ali s pomočjo prišli do ugotovitve, da bi to lahko storili z enako postavitvijo kot doslej, le da bi na desni namesto uteži uporabili silomer, z njim pa bi vleкли pod različnimi koti glede na palico. Na levi ne bi spreminjali ničesar.

- Tak poskus je teoretično v redu, a je nevaren, saj je sistem pri silah pod majhnimi koti v smeri proti osi labilen in se palica kaj rada zavrti, s tem pa lahko katapultira uteži, ki na njej visijo. Dijaki lahko pod nadzorom poskusijo izvesti en tak poskus.

- Nato je njihova naloga, da zagotovijo varnost poskusa. Lahko tako, da na nek način omejijo vrtenje palice. Ta del je prepuščen njihovi kreativnosti. Najlažje za skupino treh je, če eden drži stojalo, eden palico, tretji pa meri.

- Mogoča je izvedba, ki je opisana spodaj: palico vpnejo v skrajni konec, na drugem koncu pa jo držijo v vodoravni legi s silomerom, ki ga postavijo pod različnimi koti. Uporabijo lahko isto stojalo. Pri taki postavitvi na palici ni uteži in, čeprav se palica še vedno lahko sunkovito zvrtil, z nje ne more nič odpasti, če je le varno vpeta, da sama ne pade z osi.

? Kako bi postavili napravo, da bi lahko videli, kolikšna je sila, če vlečete pod izbranim kotom?

? Kaj bi spreminjali, kaj bi vi neodvisno spreminjali? Zaradi tega bi se še nekaj spremenilo, ampak kaj bi vi določili, koliko bo in kaj bi potem izmerili, koliko je, če tisto prvo določite, da bo toliko in toliko? Kaj bi pa pustili pri miru oz. poskrbeli, da ostane ves čas enako? (Vodoravnost palice, sila in ročica na desni, denimo.)

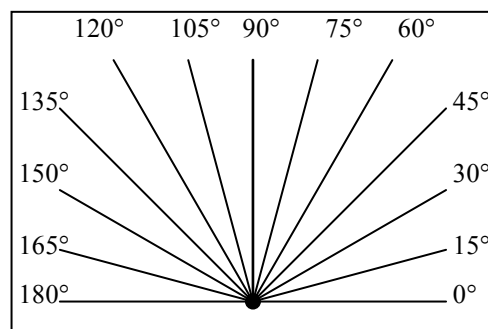
- 2.2) Poskrbite za varnost poskusa. Pred izvedbo poskusa naj odgovorni (učitelj, laborant) preveri, ali je res varen.

Ta poskus mora učitelj vnaprej preizkusiti. Predvsem, ko vlečemo proti osi, se zaradi labilne ravnovesne lege lahko zgodi marsikaj: palica se zasuka v x-y ravnini, treba je preveriti, kako hitro se zasuka v x-z ravnini, stojalo se lahko zruši, To je zelo odvisno od konkretne zgradbe naprave. Učitelj naj sam presodi, katera postavitev je sprejemljivo varna in, če je potrebno, dijake napelje, da poskus tako postavijo.

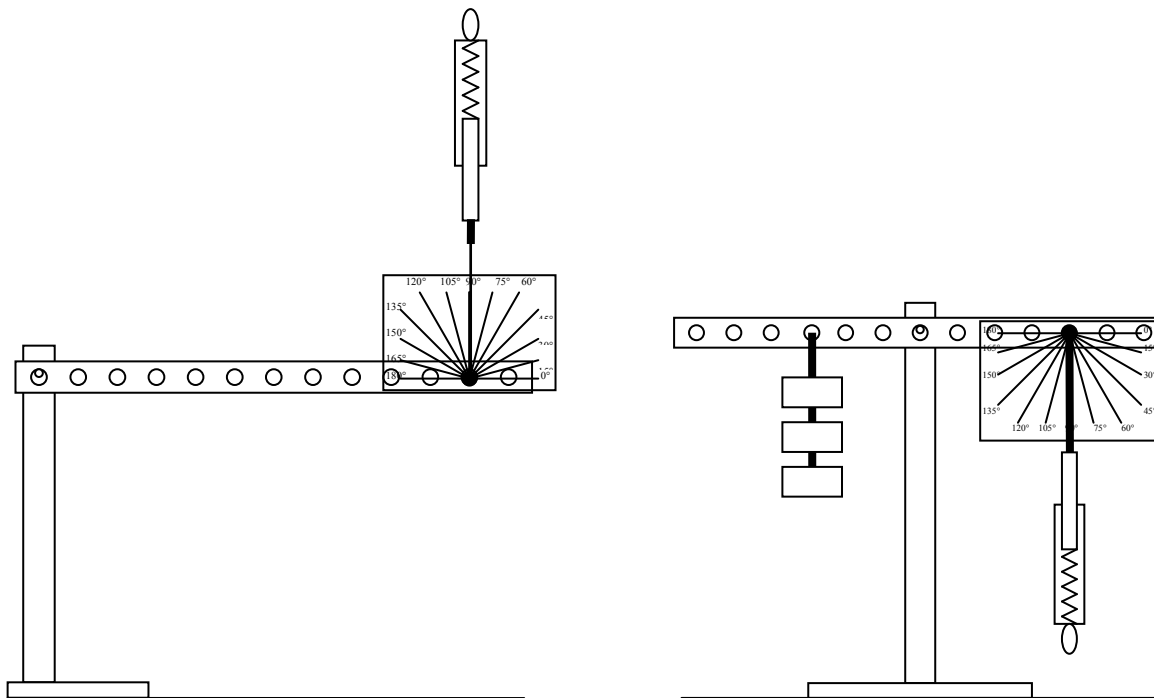
- Dijaki naj samo na hitro, a previdno, gredo skoti poskus, brez odčitavanja (predvidoma samo potegnejo silomer od 0° do 180° in poskušajo obdržati palico vodoravno. Hitro se bo pokazalo, kje so težave.

- 2.3) Pripravite pripomočke:

- a) Med pripomočki je tudi kotomer. Črte so narisane na vsakih 15° .
- b) Kotomer prilepite na palico tako, da bo izbrana točka točno na luknji, v katero boste vpeli silomer, kotomer pa naj bo obrnjen v smer, v katero boste vleкли s silomerom. Oznake na kotomeru napišite tako, da bo smer palice (stran od osi) 0° , smer navpično (gor ali dol) 90° , smer proti osi pa 180° .
- c) Silomer pritrdite na palico tako, da bo sila, s katero morate vleči v navpični smeri, da bo palica v ravnovesju in vodoravna, primerna njegovemu merilnemu območju (glejte sliko 3). Silomer je predebel, da bi ga lahko natančno usmerili pod zelenim kotom, zato ga boste podaljšali s tanko vrvico, ki se mora pri meritvi pokrivati z ustrezno črto na kotomeru. Če se listič upogiba, lahko navpična robova prepognemo pod kotom 90° (stran od strani, kjer bo silomer), da povečamo togost.
- d) Palico na enem koncu pritrdite na os tako, da z nje ne more pasti, hkrati pa je še vedno okoli nje prosto vrtljiva. Opazovali boste, kolikšna sila je potrebna, da je palica vodoravna.



Učitelj naj preveri, ali se načrtovana naprava ujema s skico na naslednji strani. Če se ne, naj dijaki komentirajo, v čem je njihova naprava drugačna. Naj ne spremenijo mnenja in zgradijo napravo, kakršna je na skici. Če je ta primerna, naj vztrajajo pri svoji izvedbi.



Slika 3: Dve od mogočih postavitev naprave za določanje odvisnosti učinka (navora) sile od kota

2. del: meritve (pribl. 10 min)

2.4) Kako se bo sila, ki jo bo kazal silomer, spreminjala s kotom? **POZOR:** pri poskusu pazite, da ne prekoračite merilnega območja silomera. Če ugotovite, da potrebujete večjo silo, vzemite silomer z večjim merilnim območjem (pazite, da ga najprej nastavite na ničlo).

a) Napovejte približno obliko odvisnosti sile od kota (narašča/pada s kotom, ima minimum/maksimum pri ..., narašča/pada enakomerno itd.).

- Ta napoved je delno bazirana na "znanstveni intuiciji", delno pa tudi na dosedanjih opažanjih, da odkrito pravilo velja za silo pravokotno na palico, zato bi se smelo domnevati, da bo pravokotna komponenta ključna.

* Če primanjkuje časa, lahko to nalogo izpustimo.

? Dijaki si lahko precej pomagajo z vsakdanjimi izkušnjami o tem, kako je najlažje zaloputniti vrata ipd.

? V katero sme bi vlekli, da bi najlažje držali palico vodoravno? Menite, da bi bilo v drugih smereh težje?

? Ali se vam zdi, da v kateri smeri sploh ne bi mogli obdržati palice vodoravno?

b) Utemeljitev napovedi: navedite, zakaj, na osnovi katerih opažanj, izkušenj in s katerimi sklepi ste prišli do take napovedi.

- To vprašanje je namenjeno temu, da dijaki jasno navedejo, kako so prišli do napovedi. Tu naj bi se izkazalo, po katerem od zgoraj omenjenih postopkov so razmišljali. So sklepali na osnovi izkušenj, razmisleka, matematičnega opisa, ...

* Če smo izpustili a), izpustimo, seveda, tudi b).

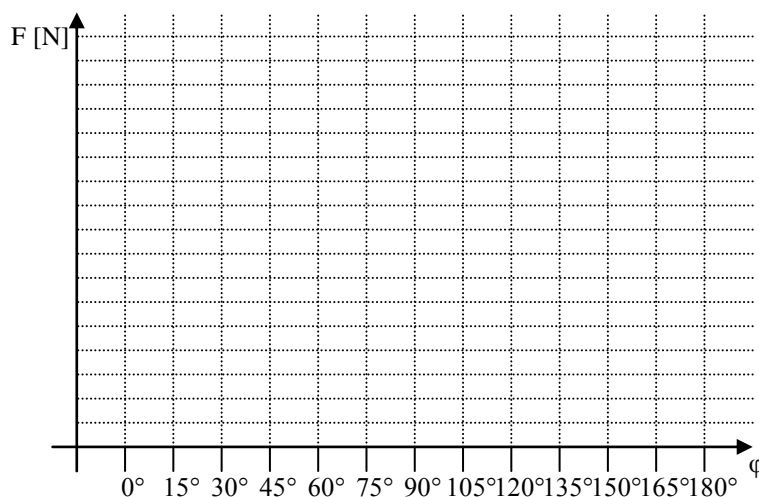
c) S poskusom izmerite odvisnost sile od kota. Meritve vpišite v spodnjo tabelo.

d) Na že narisani koordinatni sistem narišite graf odvisnosti sile od kota. Na graf dopišite skalo na navpični osi glede na velikosti sil, ki ste jih dobili pri merjenju.

e) Ali se izid poskusa ujema z napovedjo?

- Tu je predvsem pomembno, ali se glavne značilnosti ujemajo (območja naraščanja, padanja, minimumi, maksimumi, ...)

* Če smo spustili a) in b), moramo tudi d).



kot	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
sila													

3. del: hipoteza in preverjanje (pribl. 20 min)

2.5) Poskušajte najti enačbo, ki se sklada s to odvisnostjo.

- a) Razmislite, ali bi bilo smiselno silo razstaviti na pravokotni komponenti. Če je tako, kateri smeri bi izbrali in kako bi vsako od komponent izračunali iz danih podatkov? Če ne, utemeljite, zakaj ne.

- Dijaki naj bi imeli dovolj izkušenj s silami na klancu in rezultati prejšnjih nalog, da bi ugotovili naslednje: 1) silo je smiselno razstaviti na komponento pravokotno na palico in vzporedno s palico, 2) dana podatka sta (celotna) sila in kot, 3) vrednosti komponent bomo dobili s kotnimi funkcijami in te tudi pravilno uporabili.

- Če se dijaki odločijo, da to ni smiselno, bo njihova utemeljitev ponudila vpogled v njihov način razmišljanja.

? Mislite si, da imate namesto ene sile dve pravokotni. Ali menite, da katera od teh ne bi imela vpliva na vrtenje? (Vzporedna s palico.)

? Mislite si, da imate namesto ene sile dve pravokotni. Ali menite, da bi lahko vodoravnost vzdržali samo z eno od teh. (Pravokotno na palico)

- b) Razmislite, katera od komponent bi bila po vašem mnenju ključna za učinek sile. Mogoče obe?

- Dijaki bi na osnovi dosedanjih nalog lahko sklepali, da bo ključna pravokotna komponenta. Če tega ne uvidijo, obstaja možnost, da se nalogi niso posvetili dovolj podrobno ali pa da imajo težave s povezovanjem opazanj in sintezo sklepov iz njih.

- Mogoče je, da napovejo, da sta pomembni obe, preprosto zato, ker obe obstajata in je v vprašanju navedena ta možnost.

? V katero smer pa bo vzporedna komponenta zavrtela palico?

? Mogoče jih je treba tudi spomniti, da komponenti nastopata kot neodvisni sili.

- c) Z razpravo znotraj skupine se soglasno odločite za hipotezo in jo zapišite kot enačbo za ravnovesje palice, ki vključuje odvisnost od kota. Če se kdo kljub razpravi s skupnim odgovorom ne strinja, naj zapiše svojega.

- Dijaki naj bi tu preprosto v enačbi za vzvod zamenjali silo s komponento sile pravokotno na palico in dobili enačbo $r_1 F_1 = r_2 F_2 \sin(\varphi)$.

? Kaj ostane ves čas enako? (Sila in ročica na levi.)

? Kaj mora veljati za drugo stran? Ampak sila se očitno spreminja, kaj bo ostalo enako? (Komponenta.) Se pravi, če pišemo na desni komponento bosta tudi na desni ročica in sila ves čas enaki. Kako pa izračunamo to komponento iz tega, kar poznamo (sile in kota)?

2.6) Preverite svojo hipotezo.

- a) Dodajte na graf rezultate, ki jih vrne hipoteza, in jih primerjajte z rezultati meritve. Ali so dovolj blizu, da lahko razliko pripišemo napakam? Če se računske vrednosti ne ujemajo z izmerjenimi v okviru napake, poskusite z drugačno hipotezo. Poskušajte, dokler niste zadovoljni z ujemanjem.

- Ta naloga samo prikazuje običajen postopek preverjanja skladnosti. Ali se izmerjene vrednosti z napakami ujemajo s teoretično napovedjo.

* Običajno se meritve vse manj skladata, dlje kot gremo od 90°. Smiselno je povprašati dijake, ali so bile v tem območju meritve manj natančne oz. jih je bilo težje odčitati. To bi pomenilo tudi večjo napako v tem območju.

- Dijaki naj bi obrnili enačbo in izračunali vrednosti za dane kote ter jih vrisali v graf. Ni potrebno, da povlečejo črto.

* Pri tem si lahko, če se učitelju to zdi smiselno, pomagajo z računalnikom.

? Kaj bi izračunali iz enačbe, ki ste jo odkrili, da bi rezultate lahko primerjali z grafom, ki ste ga že narisali? (silo v odvisnosti od kota, če je komponenta ves čas enaka.)

? Kaj mora biti ves čas enako, da boste izračunali silo v odvisnosti od kota? (Komponenta.)

? Kolikšna pa mora biti komponenta? (Tolikšna kot sila pri 90° .)

b) Ali pri katerem kotu niste mogli izmeriti sile? Zakaj? Kolikšna, mislite, je pri tem kotu teoretična napoved za silo? Pomagajte si s svojo hipotezo, če se sprejemljivo sklada z izmerjenimi vrednostmi.

- Pričakovano je, da bodo dijaki odtipkali kot 0 v žepni računalnik in dobili "error" ali "undefined". V tem primeru jim bo mogoče treba pomagati interpretirati tak rezultat.

- Dijaki bi lahko tudi na osnovi znanja o razstavljanju sil sklepali, da bi morala biti komponenta neskončna. To se izkaže tudi iz enačbe pri nalogi d), da pa se sklepati tudi iz grafa pri nalogi 2.5).

- Pomembno je, da se dijake opozori na vse tri načine sklepanja, saj različnim ljudem ustrezajo različni načini razmišljanja.

? Kolikšna je pravokotna komponenta pri 0° in 180° ?

? Kolikšna bi morali biti sila (blizu 0° in 180°), če bi hoteli, da je komponenta sploh kaj večja od 0?

