



Milan Ambrožič, Zlatko Bradač, Andrej Nemec
Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru

Različni kvadri – lepenje

Strategija (metoda): skupinski ali demonstracijski poskus, delovni listi

Starostna skupina: 8. razred OŠ

Generične kompetence: sposobnost interpretacije in sinteze sklepov, sposobnost skupinskega dela, sposobnost učenja in reševanja problemov, uporaba matematičnih idej in tehnik

Umestitev v učni načrt: Sile na klancu, definicija lepenja (dodatno v OŠ)

Predmet: fizika, povezava z matematiko

A) Teoretični del

Pri obeh poskusih, bodisi demonstracijskih bodisi skupinskih, se učenci soočijo z dvema alternativnima meritvama koeficientov lepenja: na klancu ali pa na vodoravni podlagi. Primerjava izidov meritev sprošča ustvarjalno razmišljanje in med drugim krepi več generičnih kompetenc: sposobnost interpretacije in sinteze sklepov, reševanje problemov, itd. Uporabijo se lahko kvadri iz različnih snovi, ki so navadno na razpolago med fizikalno opremo osnovnih šol. Medtem ko je sila trenja v učnem načrtu za osnovnošolsko fiziko, pojma lepenja ni v programu, vendar je preverjanje v šolah pokazalo, da ga učenci zlahka razumejo.

B) Praktični del

KOPIJA DELOVNEGA LISTA ZA VSE UČENCE

Lepenje – merjenje koeficientov lepenja

DELOVNI LIST Z RAZLAGO IN NAVODILI ZA POSKUSE

SILA LEPENJA SE POJAVI, KO HOČEMO PREMAKNITI Z MESTA TELO NA VODORAVNI PODLAGI, Vendar je sila premajhna za premik. Na poševni podlagi poskuša premakniti telo vzdolž klanca dinamična komponenta teže, a je premajhna za premik, če je nagib podlage premajhen. V obeh primerih je sila lepenja nasprotno enaka sili, ki skuša telo premakniti. Maksimalna možna sila lepenja je odvisna od koeficienta lepenja med telesom in podlago.

A Razlaga in izpeljava enačb



A1 Merjenje koeficienta lepenja s spreminjanjem nagiba podlage

Telo (kvader) postavimo na klanec (nagnjeno desko) in klancu postopoma povečujemo nagib, dokler telo ne zdrsne po njem. Težo telesa vektorsko razstavimo na dve komponenti, dinamično (vzporedno s klancem) in statično (pravokotno nanj): $\vec{F}_g = \vec{F}_d + \vec{F}_s$; glej pravokotni trikotnik teh sil na sliki 1. Odslej ne bomo pisali vektorskega znaka nad simbolom za silo, ker bomo delali z velikostmi sil. Dokler telo miruje, sklepamo, da sila lepenja F_l uravnoveša dinamično komponento teže F_d . Vendar pa se sila lepenja ne more povečevati poljubno, temveč je maksimalna sila lepenja enaka vrednosti: $F_{lM} = k_l F_n$, kjer je k_l koeficient lepenja med podlago in stično ploskvijo telesa, F_n pa normalna (pravokotna komponenta) sila podlage na telo. Na klancu je zaradi ravnovesja sil le-ta enaka statični komponenti teže: $F_n = F_s$.

Zaradi podobnosti pravokotnih trikotnikov na sliki 1 velja enakost ustreznega razmerja katet:

$$\frac{F_d}{F_s} = \frac{a}{b}$$

Ker so sile v ravnovesju, imamo dva para enakih sil: $F_l = F_d$ in $F_n = F_s$, tako da enačbo prepišemo:

$$\frac{F_l}{F_n} = \frac{a}{b}$$

Za silo lepenja vzamemo njeno maksimalno možno vrednost tik pred zdrsom telesa: $F_l = F_{lM} = k_l F_n$, vstavimo v zadnjo enačbo in dobimo:

$$k_l = \frac{a}{b} \quad (1)$$



<p>Slika 1: Sile na klancu pri lepenju</p>	<p>Slika 2: Sile na vodoravni podlagi pri lepenju. Opozorilo: sila vrvice na dveh mestih (pri telesu in pri uteži) je zaradi večje nazornosti obakrat označena z istim simbolom, čeprav vektorja nista enaka (imata enaki velikosti, a različni smeri).</p>

A2 Merjenje koeficienta lepenja na vodoravni podlagi s škripcem in utežjo

Telo (kvader) z maso m_T postavimo na vodoravno podlago, nanj privežemo vrstico, jo napeljemo čez škripec na robu podlage, na njen prosti konec pa obešamo vedno več uteži (slika 2). V trenutku, ko telo zdrsne, je teža vseh uteži s skupno maso m_U ravno enaka maksimalni sili lepenja. Sila vrvice F_v , ki deluje na telo, je namreč po velikosti enaka teži uteži F_{gU} . Normalna sila tal F_n je enaka teži telesa F_{gT} , maksimalna sila lepenja pa je: $F_{IM} = k_1 F_n$. Od tod lahko izračunamo koeficient lepenja med podlago in telesom:

$$F_{IM} = F_{gU}$$

$$k_1 F_{gT} = F_{gU}$$

$$k_l = \frac{F_{gU}}{F_{gT}} \quad (2)$$



REPUBLIKA SLOVENIJA

MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT

www.mss.gov.si, e: gp.mss@gov.si
Masarykova 16, 1000 Ljubljana
t: 01 400 54 00, f: 01 400 53 21



Naložba v vašo prihodnost
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA
Evropski socialni sklad





B Opis poskusov

POSKUS B1: Merjenje koeficientov lepenja z nagibanjem podlage

Razlaga A1, enačba (1)

POTREBŠČINE: več kvadrov iz različnih snovi, lesena deska, ravnilo

POTEK: Kvader postavite na desko na delovni mizi. Počasi ji povečujte nagib, dokler kvader ne zdrsne. Pri kotu, pri katerem se to zgodi, izmerite z ravnilom vodoravno in navpično razdaljo pri nagibu deske (stranici a in b na sliki 1). Poskus naredite za več materialov. V šoli si na delovni list zapišite le izmerjene vrednosti, račun koeficienta lepenja pa naj naredi vsak sam doma.

POSKUS B2: Merjenje koeficientov lepenja na vodoravni podlagi

Razlaga A2, enačba (2)

POTREBŠČINE: več kvadrov iz različnih snovi, lesena deska, lahka vrvica (nit), škripec, komplet uteži, vzmetna tehnica

POTEK: Kvader postavite na desko na delovni mizi. Na kaveljček privežite vrvico, jo napeljite čez škripec na robu podlage (poskrbite, da bo vrvica vodoravna), na njen prosti (viseči) konec pa obešajte vedno več uteži. Z vzmetno tehniko izmerite in si zabeležite težo kvadra in težo vseh uteži (v newtonih) v trenutku, ko kvader zdrsne. Poskus naredite za več materialov. V šoli si na delovni list zapišite le izmerjene vrednosti, račun koeficienta lepenja pa naj naredi vsak sam doma.

C Dodatna navodila in posebni nalogi

POMEMBNO: Po izvedenih poskusih si zapiši tudi rezultate druge skupine, o katerih poroča. Delovne list doma izpolni v celoti. Enako velja za vse meritve pri demonstracijskih frontalnih poskusih (če gre za učiteljeve demonstracijske poskuse namesto dela po skupinah).

Podatke in izračune ter odgovore na **POSEBNI NALOGI** lahko pišeš spodaj na ta list ali pa drugam. Označi poskus, ki ga je delala tvoja skupina, če je delo potekalo po skupinah (B1 ali B2). Napiši tudi sklepe oziroma skupne ugotovitve za poskuse obeh skupin.

POSEBNI NALOGI (domače delo po učiteljevem naročilu):

I)

NALOGA V ZVEZI S SLIKO 1

Pokaži, da sta oba narisana pravokotna trikotnika na sliki res podobna (torej imata paroma enake kote): označi kote obeh trikotnikov kar na sliki.

II)

NALOGA V ZVEZI S POSKUSOM B2



REPUBLIKA SLOVENIJA

MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT

www.mss.gov.si, e: gp.mss@gov.si
Masarykova 16, 1000 Ljubljana
t: 01 400 54 00, f: 01 400 53 21



Naložba v vašo prihodnost
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA
Evropski socialni sklad



Kaj bi se spremenilo, če bi skupina pri poskusu B2 namesto vzmetne tehtnice uporabila navadno tehtnico? Kaj bi merili namesto teže? Kako bi bilo treba spremeniti enačbo (2), da bi bila uporabna za izračun koeficienta lepenja?

**DODATEK**

Tabela 1: Nekaj koeficientov lepenja med pari različnih površin, če so gladke in suhe. Vir:

http://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d_778.html

Material 1	Material 2	k_1
Aluminij	Aluminij	1,05 – 1,35
Aluminij	taljeno jeklo	0,61
Medenina	Jeklo	0,35
Oglje	Jeklo	0,14
Baker	Baker	1
Diamant	Diamant	0,1
Steklo	Steklo	0,9 – 1
Steklo	Kovina	0,5 – 0,7
Led	Les	0,05
Pleksi steklo	Pleksi steklo	0,8
Guma	Asfalt	0,9
Jeklo	Jeklo	0,8
Les	Les	0,25 – 0,5
Les	Kovina	0,2 – 0,6

KONEC KOPIJE DELOVNEGA LISTA**1 SPLOŠNA NAVODILA ZA UČITELJA**

Pri tem gradivu gre za primerjavo uspešnosti (glede razumevanja snovi in s kompetenčnega vidika) dveh načinov dela: 1) frontalne razlage z demonstracijskimi poskusi, 2) skupinskega eksperimentalnega dela z uporabo delovnih listov. V enem oddelku naj se preskusi en način dela, v drugem pa drugi način. Za oba načina je predvidena ena šolska ura, naslednjo šolsko uro pa učitelj pobere doma izpolnjene delovne liste in jih primerja za oba vzorca. Pri frontalnem demonstracijskem poskusu naj učitelj izvede sam oba poskusa, opisana zgoraj, a v skrajšani obliki, za en sam kvader. V primeru skupinskega dela naj se razred razdeli na dve skupini, vsaka pa naj izvede enega od obeh različnih poskusov, nazadnje (še isto šolsko uro) pa skupini poročajo o svojih rezultatih. Lahko pa je seveda skupin več, če je dovolj šolske opreme za množične poskuse, tako da nekaj skupin dela poskus B1, nekaj pa B2.

Tehnična opomba:

Pri obeh poskusih (B1 in B2) pri skupinskem delu je najprimernejše, če ponovijo poskus s 3 kvadri, npr. lesenim, plastičnim in kovinskim. Naj uporabita obe skupini iste kvadre, da se



REPUBLIKA SLOVENIJA

MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT

www.mss.gov.si, e: gp.mss@gov.si
Masarykova 16, 1000 Ljubljana
t: 01 400 54 00, f: 01 400 53 21



Naložba v vašo prihodnost
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA
Evropski socialni sklad



lahko primerjajo rezultati dveh različnih meritev koeficienta lepenja za isti par snovi. Naj se pokaže pri učencih organizacijska iznajdljivost: ko ena skupina dela z enim kvadrom, dela druga z drugim. Spodbudite jih, da sami pridejo do sklepa, da organizirajo delo s samo tremi kvadri (imenujmo jih K1, K2, K3). Naj si jih izmenjujejo in delajo npr. po tem vrstnem redu: skupina za poskus B1 – K1, K2, K3; skupina za poskus B2 – K2, K3, K1, tako da ne bo nepotrebnega čakanja. Če pa npr. dela skupina poskus B2 s kvadrom K2 prepočasi, medtem ko je skupina B1 poskus s kvadrom K1 končala veliko prej in sedaj čaka na kvader K2, naj se spet znajde. Opozorite jih tudi, da se skupini dogovorita in postavita kvadre na iste ploskve.

Če je skupin več, je takšna izmenjava kvadrov seveda nesmiselna.



2 PODROBNEJŠA NAVODILA+časovni potek

2.1 VRSTNI RED IN TRAJANJE DOGODKOV

Pomembno: Delovne liste razdelite vsem učencem že predhodno uro fizike in jim naročite, naj jih preberejo doma, tako da bodo na poskuse bolj pripravljeni.

Pri frontalnem delu

- 2 poskusa po 15 minut, od tega je 10 minut sam poskus, 5 minut pa razlaga; učenci na osnovi poskusov in razlage deloma izpolnjujejo delovne liste
- Domača naloga: dopolnitev delovnih listov

Pri skupinskem delu

- Vsaka od obeh skupin izvede svoj poskus (ali pa po več skupin po en poskus), čas 20-25 minut
- Poročanje vodij skupin: po 5 minut, skupaj torej 10 minut, če sta le dve skupini (v nasprotnem primeru poročanje organizirati drugače)
- Domača naloga: dopolnitev delovnih listov

POMEMBNO: Opozorite učence, naj si po izvedenih poskusih zapišejo tudi meritve pri poskusih druge skupine, zato da bodo delovne liste doma lahko izpolnili v celoti. Enako velja za vse meritve pri demonstracijskih frontalnih poskusih.

REŠITVI POSEBNIH NALOG NA DELOVNIH LISTIH

NALOGA V ZVEZI S SLIKO 1

Pokaži, da sta oba narisana pravokotna trikotnika na sliki res podobna (torej imata paroma enake kote): označi kote obeh trikotnikov kar na sliki.

REŠITEV:

Prava kota v obeh trikotnikih sta očitna. Učenci bi lahko kot pri vznožju klanca označili npr. s φ , to pa je tudi kot med silo teže in njeno statično komponento. Da sta ta dva kota res enaka, naj učenci dokažejo s paroma pravokotnimi kraki: statična komponenta teže je pravokotna na klanec, teža sama pa na stranico b .

NALOGA V ZVEZI S POSKUSOM B2

Kaj bi se spremenilo, če bi skupina pri poskusu B2 namesto vzmetne tehtnice uporabila navadno tehtnico? Kaj bi merili namesto teže? Kako bi bilo treba spremeniti enačbo (2), da bi bila uporabna za izračun koeficienta lepenja?

REŠITEV:

Namesto teže teles bi merili njihovo maso. V enačbi (2) bi namesto razmerja tež uporabili kar razmerje mas, saj sta obe razmerji med seboj enaki.