

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 KOMONENTA 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:

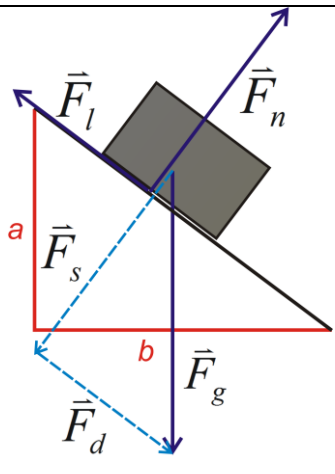
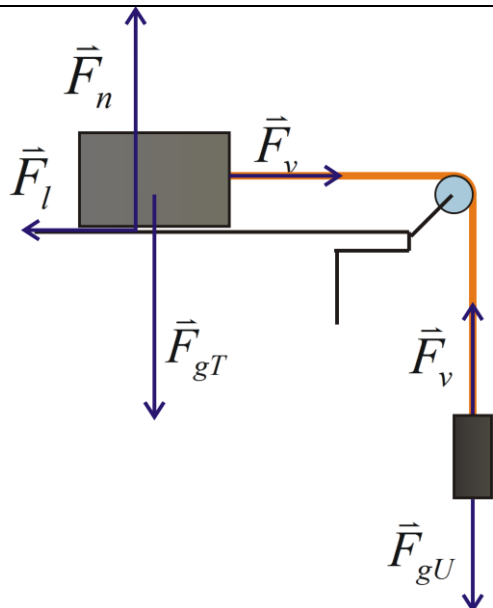
$$\frac{F_d}{F_s} = \frac{a}{b}$$

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:

$$k_l = \frac{a}{b} \tag{1}$$

	
<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 vrvico, 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: $F_{lM} = k_l F_n$. Od tod lahko izračunamo koeficient lepenja med podlago in telesom:

$$F_{lM} = F_{gU}$$

$$k_l F_{gT} = F_{gU}$$

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

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 tehtnica

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 tehtnico 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

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