

## VEZAVA VZMETI

**Avtor:** *Sergej Faletič*  
**Poglavja v UN:** *3.8, 1.4, 1.6, 1.7*  
**Kompetence po Mayerjevem odboru:** *3, 4, 7, 8, 10, 11, 12*

**Časovni okvir:** *40 min*

**Legenda:** *pokončni Century gothic tisk: naloge za dijake, vse kar je izpisano na delovnih listih. Pisava Times New Roman v rdečem: dodatni komentarji za učitelja.*

**Razlogi za vključitev dejavnosti v kurikulum.** V fiziki se kar naprej srečujemo s podobnimi matematičnimi zvezami. Iste zveze opisujejo vezave električnih uporov, toplotnih prevodnikov, vzmeti, kondenzatorjev. To ponavljanje matematičnih modelov je pomembna in zanimiva lastnost narave, zato jo je smiselno dijakom predstaviti. Z vezavo vzmeti se načelno ne srečajo, ali pa samo nekateri, medtem ko so vezave upornikov načelno obravnavane. Ta naloga torej omogoča, da sami spoznajo, da za vzmeti veljajo matematično podobne zakonitosti kot za vezave upornikov itd.

**Opis naloge.** Naloga obravnava vezave vzmeti (vzporedno in zaporedno). Cilj je, da dijaki sami pridejo do zakonitosti, ki veljajo za "nadomestne" koeficiente. Hkrati pa lahko trenirajo merjenja in odčitavanje z grafov.

**Možnosti za vključitev v pouk.** Naloga je primerna za izvajanje v skupinah kot laboratorijsko delo. Mogoča je tudi izvedba, kjer je poskus samo eden in več skupin odčitava z istega poskusa. Mogoče so kombinacije (po dve skupini odčitavata z istega poskusa, a ločeno obdelata rezultate). Slednji način je priporočljiv, če je naprav premalo, saj priporočamo, da so v skupini največ trije dijaki.

Možna je tudi izvedba, kjer pol skupin izvaja nalogo z zaporedno, pol z vzporedno vezavo, nato pa primerjajo rezultate. To dodatno razvija kompetence medsebojne komunikacije in predstavitve ugotovitev.

Vaja se lahko izvaja tudi kot vaja iz merjenj. V tem primeru je prednost v tem, da takih meritev dijaki najbrž še niso delali, zato je to zanje nova situacija in predvidoma niso obremenjeni s pričakovanji. Ob takem izvajanju lahko koeficiente izračunamo iz vsake meritve posebej in jih obravnavamo kot množico podatkov, ki jih lahko statistično obdelamo in izračunamo odmike. Ker v nalogi preverjamo hipotezo o tem, da se koeficienti vzmeti (ali njihove recipročne vrednosti) seštevajo, lahko poudarimo tudi pomen pravilne ocene napak in njihovo vlogo pri preverjanj hipoteze.

**Ciljna skupina:** naloga je namenjena srednješolcem, predvsem gimnazijcem.

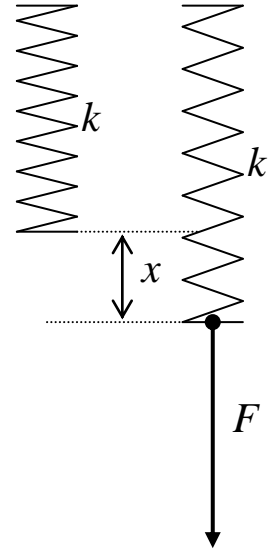
**Opis dejavnosti z vidika kompetenc.** Naloga se primarno osredotoča na kompetence odčitavanja količin iz grafov in samostojne tvorbe sklepov na osnovi meritev. Pomembna je še kritična presoja ujemanja na osnovi intervala dovoljenih odmkov, še posebno, če se naloga izvaja kot vaja iz merjenj.

## ZAPOREDNA IN VZPOREDNA VEZAVA VZMETI

Teorija:

Za vzmeti velja t.i. Hookov zakon (Robert Hooke), ki pravi, da je raztezek vzmeti premo sorazmeren s silo, ki razteguje vzmet. Dvakrat večja sila pomeni dvakrat večji raztezek. Enačba je na desni. Količino  $k$  imenujemo *koeficient vzmeti* in ima navadno enoto  $N/cm$  (newton na centimeter), ker se raztezki navadno merijo v centimetrih. Na desni je tudi skica, kaj pomenijo količine v enačbi. Zakon s pridom izkoriščamo pri silomerih, tehtnicah in podobnih napravah.

$$F = k \cdot x$$



Pripomočki:

- stativni material,
- dve vzmeti z znanima različnima koeficientoma,

**Za vzmeti lahko uporabimo tudi silomere.**

- prečka in nastavek,

**Vzmeti je treba nekako povezati, da bosta spodnja dela poravnana. To dosežemo tako, da ju spodaj povežemo s prečko, in obešamo uteži bližje vzmeti z večjim koeficientom, da je prečka ves čas vodoravna.**

- uteži,
- merilo,
- geo trikotnik.

### 1) Nekaj prednalog

1.1) Poimenujte koeficient vzmeti ( $k$ ) z bolj domačim izrazom (prožnost, togost, trdota, ...). Premislite, kaj vam koeficient pove in ga ustrezno poimenujte.

**Dijaki naj bi smiselno poimenovali ta koeficient togost ali trdota, ker večja vrednost pomeni, da je vzmet težje raztegniti. Prožnost je zavajajoč izraz.**

1.2) Enačbo  $F = k \cdot x$  preoblikujmo v  $x = j \cdot F$ .

Kakšna je zveza med  $k$  in  $j$ ?

**Dijaki naj bi ugotovili, da velja  $k = 1/j$**

**Namen vpeljave je, da so zveze, ki jih iščemo, preproste. Delamo bodisi s  $k$  ali  $j$  in velja  $k = k_1 + k_2$  ali  $j = j_1 + j_2$ .**

1.3) Poimenujte količino  $j$ , kot ste poimenovali  $k$ .

**Podobno kot smo  $k$  poimenovali togost ali trdota, bi bil tu prikladen izraz mehkost ali prožnost.**

### 2) Umerjanje

(V primeru pomanjkanja časa, lahko ta del izpustimo.)

**Pripoočamo da se ta del izpusti. Domnevamo, da bo z meritvijo in iskanjem zvez dovolj dela za 45 minut. V tem primeru morata biti koeficienta vzmeti vnaprej izmerjena.**

2.1) Postavite poskus, s katerim boste izmerili koeficient vsake od danih dveh vzmeti.

$k_1 =$

$k_2 =$

### 3) Zaporedna vezava

Zaporedna vezava vzmeti pomeni, da vzmeti povežemo tako, da sta ena za drugo. (Za podrobnejša navodila glede postavitve glejte razdelek Izvedba.)



3.1) Postavite poskus, s katerim boste izmerili (skupni) koeficient sestavljene vzmeti (kot da bi bila to ena vzmet).

Treba je paziti, da dijaki pravilno razumejo pojme. Da merijo raztezek celotne sestavljene vzmeti in jo na splošno obravnavajo kot eno vzmet, čeprav je sestavljena iz dveh delov.

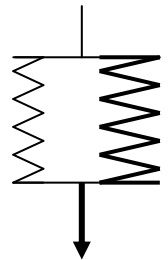
3.2) Narišite ustrezen graf in iz njega odčitajte (izračunajte) koeficient  $k_z$ .

*Koeficient je treba odčitati kot strmino grafa.*

Nalogo se lahko izvaja kot vajo iz merjenj. V tem primeru predlagamo, da se koeficient določi iz vsake meritve posebej (kot razmerje med  $F$  in  $x$ ), in iz grafa kot strmino. Iz meritev dobimo nabor vrednosti za koeficient, ki jih lahko obravnavamo statistično (povprečna vrednost, odstopanje, ...). Iz grafa dobimo vrednost, ki je blizu povprečni vrednosti. Nato se lahko primerja vrednost, dobljeno z grafa, s povprečno vrednostjo, dobljeno iz nabora. Lahko se tudi pokaže pomen odmikov na grafu (kaj odmik pomeni grafično). Dijaki lahko narišejo premice z nakloni  $k$ ,  $k + \Delta k$  in  $k - \Delta k$  in jih primerjajo med sabo in s točkami meritve.

### 4) Vzporedna vezava

Vzporedna vezava vzmeti pomeni, da vzmeti povežemo tako, da sta postavljeni ena ob drugo. Pri tem moramo paziti, da sta spodnja robova vzmeti ves čas poravnana, zgornja pa ves čas v isti legi kot na začetku. (Za podrobnejša navodila glede postavitve glejte razdelek Izvedba.)



Treba je paziti, da bo prečka, ki povezuje spodnja konca vzmeti, ves čas vodoravna. To dosežemo tako, da obešamo uteži bliže tisti vzmeti, ki ima večji koeficient  $k$ . Uteži lahko vsakič obesimo drugam, da le skrbimo, da je prečka ves čas vzporedna.

4.1) Postavite poskus, s katerim boste izmerili (skupni) koeficient sestavljene vzmeti (kot da bi bila to ena vzmet).

Treba je paziti, da dijaki merijo lego oz. premik prečke in da je prečka ves čas vodoravna.

4.2) Narišite ustrezen graf in iz njega odčitajte (izračunajte) koeficient  $k_v$ .

Za komentar glejte nalogo 3.2.

### 5) Zveze med koficienti

5.1) Določite zvezo med koeficienti  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_z$  in  $k_v$ .

(Namig:  $k_z$  in  $k_v$  sta vsak zase odvisna od  $k_1$  in  $k_2$ .)

Pri določanju zvez si lahko pomagata tako, da določite zvezo bodisi za  $k$  bodisi za  $j$ . Ena od njih je preprostejša.

Dijaki naj bi ugotovili, da velja za vzporedno vezavo  $k = k_1 + k_2$ , za zaporedno pa  $j = j_1 + j_2$ , oziroma  $1/k = 1/k_1 + 1/k_2$ .

Ugotovitev naj bi bila vrhunec vaje in omogoča povezavo z električnim uporom (in električno prevodnostjo) in toplotno prevodnostjo. Za vse namreč veljajo enake enačbe (upor in prevodnost pa sta recipročni količini, kot sta tukaj  $k$  in  $j$ ). Ker v srednji šoli prevajanje toplote skozi steno iz več različnih plasti ni predvideno v učnem načrtu, opišimo povezavo tukaj. Pri prevajanju toplote skozi homogeno steno debeline  $d$  in velikosti  $S$  in s toplotno prevodnostjo  $\lambda$  velja v stacionarnem stanju naslednja enačba za toplotni tok  $P$ :

$$P = \lambda SAT/d,$$

če je razlika temperatur na obeh straneh stene enaka  $\Delta T$ . To nas spominja na enačbo za električni tok skozi žico dolžine  $l$ , prereza  $S$  in specifične električne prevodnosti  $\sigma$  ( $\sigma = 1/\rho$ , kjer je  $\rho$  specifična električna upornost materiala, iz katerega je narejena žica):

$$I = U/R = \sigma SU/l,$$

če je priključena na vir napetosti  $U$ .

Lepo je razvidna analogija veličin:  $I \leftrightarrow P$ ,  $U \leftrightarrow \Delta T$ ,  $S \leftrightarrow S$ ,  $l \leftrightarrow d$  in  $\sigma \leftrightarrow \lambda$ . Torej lahko tudi pri prevajanju toplote opredelimo »toplotni upor« stene:  $R = d/(\lambda S)$ . Če je stena ploščine  $S$  narejena npr. iz treh plasti namesto iz ene same snovi, je to tako, kot pri zaporedni vezavi uporov v električnem krogu, zato lahko takoj napišemo enačbo za toplotni tok:

$$P = \Delta T/(R_1 + R_2 + R_3) = SAT/(d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + d_3/\lambda_3)$$

5.2) Za vsako vezavo posebej preverite, ali se koeficient sestavljene vzmeti, ki ste ga izmerili z meritvijo, sklada z napovedjo računa, po zvezi, ki ste jo določili pri 5.1). Zavedajte se, da imajo meritve vedno dovoljeno odstopanje in poskrbite, da je to primerno določeno.

Ta naloga poudarja pomen smiselne ocene napake. Koeficient sestavljene vzmeti ne bo točno vsota posameznih koeficientov, a s smiselno oceno napake bi moral pasti v interval odstopanja. To je priložnost, da dijakom predstavimo pomen napak v smislu tega, da ujemanje nikoli ni povsem točno, če pa je znotraj intervala odstopanja in je ta smiselno določen, lahko trdimo, da zakonitost velja, sicer pa lahko trdimo, da ne velja in jo je treba zamenjati ali popraviti.

## 6) Vprašanja in odgovori

6.1) Katera količina iz Hookovega zakona je ista za obe vzmeti pri zaporedni vezavi? Dijaki naj bi ugotovili, da na obe vzmeti deluje enaka sila (če zanemarimo maso spodnje vzmeti).

6.2) Katera količina iz Hookovega zakona je ista za obe vzmeti pri vzporedni vezavi? Dijaki naj bi ugotovili, da se obe vzmeti enako raztegneta.

6.3) Zakaj moramo paziti, da so pri vzporedni vezavi robovi vzmeti poravnani? Zato, da se obe vzmeti enako raztegneta. Če se ne bi, nadomestnega koeficienta ne bi mogli tako preprosto izračunati, kot predvideva ta naloga.

## Izvedba:

Ta razdelek pove, kako natančno postaviti napravo. Predlagamo, da tega lista učitelj ne razdeli dijakom takoj, pač pa ga da posamezni skupini po potrebi. Ob tem lahko sledimo temu, koliko skupin potrebuje tako podrobna navodila.

Zaporedna vezava:

Na stativ pritrdite vzmeti tako da ena visi na drugi. Poleg pritrdite še merilo, tako da boste lahko z njega odčitavali raztezek vzmeti. Izberete točko na vzmeti, za katero boste odčitaval lego. Navadno je to najnižja točka vzmeti. Na merilu odčitajte vrednost. Pri tem si pomagajte z geo trikotnikom. Na spodnjo vzmet obesite eno utež in na merilu odčitajte novo lego. To ponovite za vsako dodano utež. Utežem izmerite tudi težo.

Vzporedna vezava:

Vzmeti postavite drugo ob drugi na nastavek za vzporedno vezavo. Na spodnjo stran obesite prečko in nastavite vijake tako, da je prečka vodoravna. Vzmeti morata biti VZPOREDNI. (pametno je postaviti vzmet z večjim koeficientom na zunanjo stran, saj tako uteži ne bodo motile odčitavanja.) Odčitajte prvo lego. Na prečko obešate po vrsti uteži in sproti odčitavate lege. PAZITI morate, da je PREČKA VEDNO VODORAVNA.

Ne pozabite: v enačbi nastopa raztezek, ne lega.