



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI
FAKULTET
DEPARTMAN ZA FIZIKU



**OBRADA NASTAVNE JEDINICE
„POVRŠINSKI NAPON I KAPILARNE POJAVE“
ZA GIMNAZIJE
- DIPLOMSKI RAD -**

MENTOR:

dr Dušanka Obadović ,red.prof.

KANDIDAT:

Banjari Aniko

Novi Sad, 2010.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	4
2. ISTORIJAT.....	5
3. TEORIJSKI DEO.....	10
3.1 <i>Međumolekularne sile</i>	10
3.2 <i>Površinski sloj tečnosti</i>	12
3.3 <i>Potencijalna energija površinskog sloja</i>	14
3.4 <i>Sila površinskog napona</i>	15
3.5 <i>Pritisak ispod zakrivljene površine tečnosti</i>	20
3.6 <i>Dopunski pritisak za sfernu površinu</i>	22
3.7 <i>Kapilarne pojave</i>	24
3.8 <i>Značaj kapilarnih pojava i površinskog napona</i>	33
4. ZNAČAJ DEMONSTRACIONIH OGLEDA U NASTAVI FIZIKE.....	36
5. OBRADA NASTAVNE JEDINICE:“POVRŠINSKI NAPON I KAPILARNE POJAVE“.....	39
5.1. <i>Predlog demonstracionih ogleda</i>	43
5.1.1 <i>Opna od sapunice</i>	43
5.1.2 <i>Plutani čep</i>	45
5.1.3 <i>Spajalica na površini vode</i>	46
5.1.4 <i>Platoov ogled</i>	47
5.1.5 <i>Da li će voda iscureti?</i>	48
5.1.6 <i>Razbežani biber</i>	49
5.1.7 <i>Kako može voda da se zadrži u situ?</i>	50
5.1.8 <i>Koliko novčića da ubacimo?</i>	51
5.1.9 <i>Kako podići kuglicu od voska a da je ne dodirnemo</i>	52
5.1.10 <i>Obojena salveta</i>	53
6. ZAKLJUČAK.....	54
7. LITERATURA.....	55
<i>Kratka biografija</i>	56
<i>Ključna dokumentacijska informacija</i>	57

PREDGOVOR

Najiskrenije se zahvaljujem mentoru, dr Dušanki Obadović, na predloženoj temi, uputstvima i korisnim sugestijama tokom izrade ovog diplomskog rada.

Banjari Aniko

Novi Sad, 2010.

1. UVOD

Sva živa bića na Zemlji, kao i mi sami, stalno su u neprekidnom kontaktu sa fluidima. Krećemo se kroz njih, plivamo u njima, udišemo ih, pijemo ih... Najdragoceniji fluid prisutan u svakodnevnom životu je voda. Posmatranjem različitih prirodnih fenomena koji su im poznati i dostupni, učenici postavljaju niz pitanja: Zašto su sitne kapi tečnosti sfernog oblika? Kako može voda da se zadrži u situ? Kako voda iz Zemlje stiže do najviših grana i listova drveća? Kako insekti hodaju po površini vode?... U prirodi ne postoji pojava koja nema svoj uzrok, svaka je uslovljena nekom drugom pojmom. Ceo svet, koji nas okružuje, izgrađen je od molekula, atoma, sićušnih nevidljivih čestica čija svojstva i kretanja određuju osobine makroskopskih tela. Ako bi trebali ukratko da definišemo pojam fluida i da razumemo njihove osobine, potrebno je da se udubimo u strukturu fluida do molekularnog nivoa, odnosno da analiziramo međumolekularne sile. Da bismo zadovoljili radoznanost učenika, kao i ljudskog duha u opštem slučaju, nije dovoljno samo poznavanje ponašanja materijalnih tela kao celine u svim svojim pojavnim oblicima, ili poznavanje načina na koji se odigravaju interakcije između njih, neophodno je takođe analizirati mikrostrukturu supstance, kao i elementarne procese čija će sveobuhvatnost izazvati vidljive pojave. Da bismo takva ispitivanja doveli do konačnog cilja potrebne su usavršene eksperimentalne tehnike, koje dopuštaju otkrivanje krajnjih elementarnih delova. Tehnika proširuje i produbljuje prirodne nauke usavršavanjem njegovih sredstava, zadire u odnos prirode prema čoveku, menja njegovu okolinu i na taj način neprekidno predočava prirodno naučni aspekt sveta.

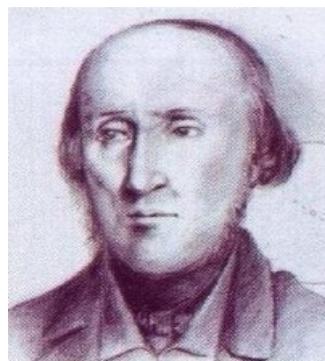
U ovom radu prikazana je obrada nastavne jedinice „Površinski napon i kapilarne pojave” za učenike gimnazija. Pored kratkog osvrta na istorijat i detaljnu teorijsku obradu, istaknut je značaj demonstracionih ogleda u nastavi fizike i prikazani su određeni ogledi na osnovu kojih učenici na najjednostavniji način mogu da prikažu i razumeju pojavu površinskog napona i kapilarne pojave, kao njegovu posledicu.

2. ISTORIJAT

U nastavnom procesu, istorijskom pregledu i analizi istorijskog razvoja, treba posvetiti posebnu pažnju. Na taj način se učenicima može pokazati da je fizika nauka koja se neprekidno razvija i obnavlja. Treba ukazati na to da su pod uticajem praktičnih potreba nastala naučna istraživanja i da je razvoj tehnike davao nove impulse daljem razvoju nauke. Na osnovi predavanja iz istorije fizike učenicima se može obajsniti da svaki zakon i teorija predstavljaju samo deo razvoja nauke i da je često postojao veliki interval između rađanja ideje i njene realizacije. Nastava prožeta istorijskim materijalom pomoći će učenicima da kompletnije razumeju fiziku i proširiće njihovo opšte obrazovanje i kulturu.

Po nekim istorijskim dokumentima, Leonardo da Vinči (*Leonardo da Vinci*, 1452-1519.god.) se smatra prvim koji je proučavao kapilarne pojave, ali prva tačna zapažanja, o privlačenju čestica stakla i tečnosti u cevima pripisuje se Frensis Hoksbiju (*Francis Hauksbee*, 1666-1713.god.). On je primetio da je efekat isti i u debljim cevima, a ne samo u tankim cevčicama i zaključio je da su samo one čestice stakla, koje su veoma blizu površine, imale bilo kakav uticaj na ovaj fenomen.

Plato Žozef Antoan Ferdinand (*Plateau Joseph Antoine Ferdinand*, 1801-1883.god.) belgijski fizičar, koji se uglavnom bavio pitanjima iz oblasti optike, ali deo njegovog izučavanja predstavljali su, takođe, kapilarnost i površinski napon (slika 2.1).



Slika 2.1. Plato, Žozef Antoan Ferdinand

Polazna tačka za ovu istragu je bio događaj iz 1840.godine kada je sluga slučajno prolio ulje u mešavinu vode i alkohola. Plato je primetio da kapi ulja formiraju

savršenu sferu u toj mešavini. Posle ovog slučajnog događaja sproveo je niz eksperimenata sa sapunicom i glicerinom u koje je potopio različite žičane konture. 1858.godine eksperimentalnim putem je dokazao da opna, zbog sile površinskog napona, zauzima najmanji mogući oblik. On nije dovoljno poznavao matematički aparat da bi sa teorijskog aspekta dublje istražio problem.

Tomas Jang (*Thomas Young, 1773-1829.god.*), naučnik koji je 1802.godine postavio teoriju kapilarnih pojava na osnovu principa površinskog napona (slika 2.2). Bavio se pitanjem konstantnosti ugla kvašenja između površine tečnosti i čvrstog tela. Njegov esej sadrži rešenje za veliki broj problema, uključujući i neke koje je kasnije rešavao Laplas, ali ogledi, iako su uvek bili tačni, ponekad su bili i nejasni zbog izbegavanja matematičkih problema. Obrazloženje pojave se zasnivalo na tome da čestice deluju jedna na drugu putem dve različite sile od kojih privlačna sila deluje jače na većim međusobnim rastojanjima od odbojne sile.



Slika 2.2. Tomas Jang

On tvrdi da privlačna sila ne menja vrednost, dok odbojna sila vrlo brzo raste sa smanjivanjem rastojanja. Time je pokazao da čestice koje se nalaze na površini teže ka unutrašnjosti tečnosti i došao do zaključka da je rezultujuća sila koja deluje na česticu proporcionalna zbiru zakrivljenosti površina u dve normalne ravni pod pravim uglom jedna na drugu. Poznata Thomasova jednačina je :

$$\gamma_{c,g} - \gamma_{c,t} - \gamma_{t,g} \cos \theta = 0 \quad (1)$$

Pjer Simon Laplas (*Pierre Simon Laplace, 1749-1827. god.*) francuski matematičar i astronom proučavao je rezultujuće sile koje deluju normalno na površinu tečnosti u beskonačnom tankom sudu (slika 2.3).



Slika 2.3. Pjer Simon Laplas

Rezultati eksperimenata koje je vršio su u mnogim aspektima bili identični sa predhodnim eksperimentima, ali je metoda dolaska do njih je bila potpuno različita. U potpunosti je sproveo matematičke proračune. Laplas je izveo jednačinu površine tečnosti iz uslova da rezultujuća sila koja deluje na čestice na površini mora biti normalna na tu površinu. Međutim njegovo objašnjenje za porast nivoa tečnosti u kapilarima zasniva se na pretpostavci konstantnosti ugla kvašenja za iste tečnosti i čvrsta tela, za koju nije imao zadovoljavajući dokaz. Izveo je obrazac za pritisak u unutrašnjosti tečnosti ispod zakrivljene površine:

$$p = \gamma \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right) \quad (2)$$

Džon Lesli (*Sir John Leslie, 1766-1832. god.*), škotski fizičar i matematičar koji je dao ispravno objašnjenje za podizanje tečnosti u sudu razmatranjem privlačenja suda i veoma tankog sloja tečnosti (slika 2.4).



Slika 2.4. Džon Lesli

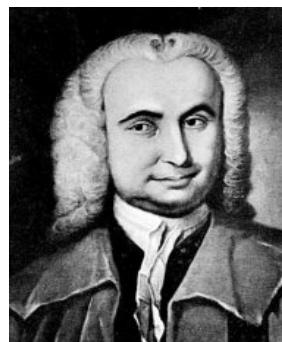
On je pokazao da je privlačna sila svuda normalna na površinu čvrste materije. Direktni uticaj privlačenja je da se poveća pritisak sloja tečnosti u konatku sa čvrstim telom kako bi bio veći od pritiska u unutrašnjosti tečnosti. Rezultat ovog pritiska je da se tečnost podiže na zid suda.

Karl Fridrih Gaus (*Carl Friedrich Gauss, 1777-1855. god.*) nemački fizičar i matematičar koji je napravio veliki korak u nauci primenivši zakon održanja energije (slika 2.5). On je formirao izraz za zbir svih potencijalnih energija koje potiču iz zajedničkog delovanja parova čestica. Sastoji se iz tri dela, prvi zavisi od delovanja gravitacije, drugi od uzajamnog delovanja između čestica tečnosti, a treći od interakcije između čestice tečnog i čvrstog tela.



Slika 2.5. Karl Fridrih Gaus

Johan Andreas fon Zegner (*Johann Andreas von Segner, 1704-1777. god.*) mađarski fizičar i matematičar, 1751. godine je uveo jednu važnu ideju o površinskom naponu tečnosti upoređujući je sa membranom (slika 2.6).



Slika 2.6. Johan Andreas fon Zegner

Došao je do zaključka da zategnutost površine tečnosti ne zavisi od veličine njene površine, odnosno ista je za istu tečnost dok kod membrane to nije slučaj. Pokušao je da istražuje sile koje deluju između konačnih delova tečnosti na isti način kao što je to primenjivao i kod konačnih delova elastičnih tela. U pokušaju da se izračuna efekat površinskog napona kod kapi, on je uzeo u obzir zakrivljenost ravni meridijana, ali je zanemario uticaj krivine pod pravim uglom na ovu ravan.

Etveš Lorand (*Eötvös Loránd, 1848-1919.god.*) mađarski fizičar, bavio se fenomenom kapilarnosti (slika 2.7). Razvio je novi metod za merenje površinskog napona, metod refleksije. Teorijski je dokazao da postoji zavisnost između površinskog napona tečnosti na različitim temperaturama i molekularne težine i predstavlja poznati Etvešov zakon.



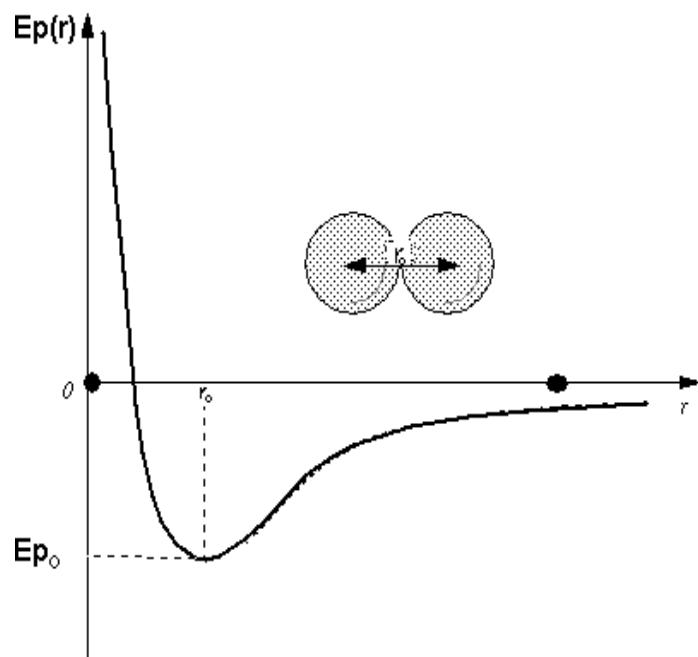
Slika 2.7. Etveš Lorand

3. TEORIJSKI DEO

3.1 MEĐUMOLEKULARNE SILE

Da bi se razumele makroskopske osobine fluida neophodno je poznavati osnovna svojstva međumolekularnih sila. Molekuli i atomi tečnosti, odnosno gasova nalaze se u stanju haotičkog termičkog kretanja, pri čemu imaju različite brzine tj. različite kinetičke energije. U tečnom stanju molekuli su relativno blizu jedan drugom. Kako je srednje rastojanje između susednih molekula malo, na njihova kretanja utiču i međusobne interakcije. Sile kojima ti konstituenti međusobno deluju i koje ih drže na okupu nazivaju se **međumolekularne sile**. Dejstvo privlačnih sila brzo opada sa rastojanjem i ograničeno je sferom molekularnog dejstva. Svojstvo međumolekularnih sila da deluju samo između najbližih suseda zove se **zasićenost**.

Interakcija između dva molekula jednostavnije se može opisati pomoću potencijalne energije njihove međusobne interakcije (slika 3.1). Predpostavimo da se dva molekula nalaze na izvesnom rastojanju r .



Slika 3.1. Potencijalna kriva međumolekularne interakcije

Ukoliko je ovo rastojanje mnogo veće od prečnika samog molekula, međumolekularna sila njihovog uzajamnog delovanja je praktično zanemarljiva. Smanjivanjem međusobnog rastojanja privlačna sila raste sve dok se molekuli ne približe do rastojanja približno jednakog prečniku molekula, kada počinje preklapanje elektronskih omotača. Sa daljim približavanjem molekula javljaće se odbojna međumolekularna sila koja veoma intezivno raste sa daljim smanjivanjem rastojanja. Na rastojanjima $r > r_0$, gde vlada privlačna sila, potencijalna energija interakcije sa smanjivanjem rastojanja opada, a u domenu $r < r_0$ gde dominira odbojna sila sa smanjivanjem rastojanja potencijalna energija vrlo brzo raste. Pri rastojanju r_0 (prečnik molekula) molekuli će imati ravnotežno rastojanje. Tada će potencijalna energija interakcije imati minimalnu vrednost, privlačna sila se uravnotežava sa odbojnom silom, a međumolekularna sila postaje nula. Zavisnost molekulskih sila od rastojanja prikazana je sledećim izrazom:

$$\mathbf{F} = -\frac{\mathbf{a}}{r^7} + \frac{\mathbf{b}}{r^9} \quad (3)$$

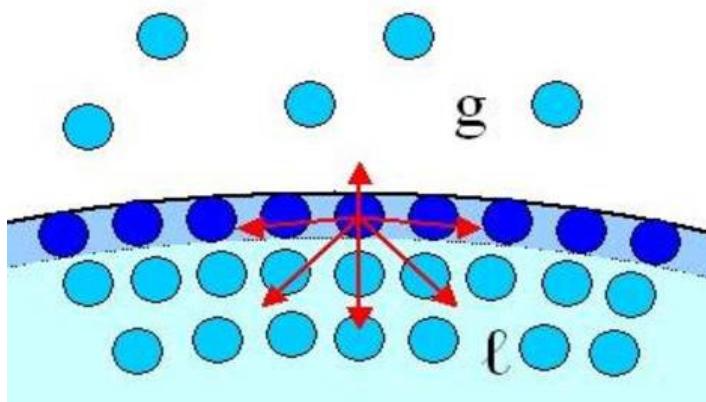
gde su a i b koeficijenti koji zavise od vrste molekula. Prvi član u formuli se odnosi na privlačnu silu, a drugi na odbojnu interakciju.

U zavisnosti od kinetičke i potencijalne energije molekula sistem pri ravnotežnom rastojanju može da se nađe u jednom od tri karakteristična agregatna stanja: u čvrstom, tečnom i gasovitom stanju. Ukoliko je srednja kinetička energija molekula reda veličine dubine potencijalne jame E_{PO} , molekuli se pri sudaru vezuju veoma slabo, odnosno mogu lako međusobno da menjaju mesta. Tada molekuli nisu strogo vezani za svoja mesta u telu i pod ovim uslovima telo će se nalaziti u tečnom stanju, a pri srednjoj kinetičkoj energiji, koja je mnogo veća od potencijalne energije vezivanja, molekuli se ne vezuju i predstavljaju gas. Kod čvrstog tela molekuli osciluju oko ravnotežnog položaja r_0 , čvrsto su vezani obzirom da je kinetička energija molekula relativno mala.

3.2 POVRŠINSKI SLOJ TEČNOSTI

Jedna od karakterističnih osobina tečnosti je pojava zategnutosti slobodne površine koja je posledica delovanja sile kohezije između molekula, odnosno površinskog napona. Površinski napon je pojava koja se javlja na granici između različitih faznih površina i karakteristika je svake materije.

Posmatrajmo graničnu površinu gas-tečnost. U gasu se nalaze molekuli između kojih je srednje međusobno rastojanje mnogo veće nego između molekula koje se nalaze u samoj tečnosti. Posledica toga je slaba međumolekularna interakcija. Molekul na površini tečnosti i molekul u dubini nisu u ravnopravnom položaju (slika 3.2).

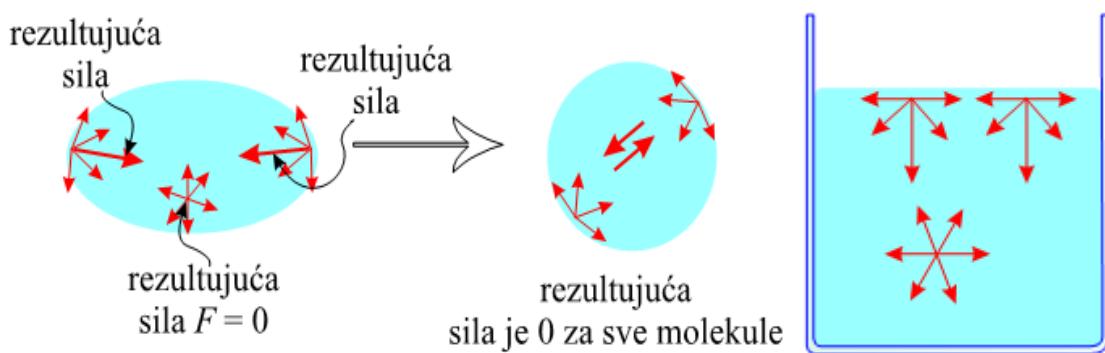


Slika 3.2. Molekuli u unutrašnjosti i na površini tečnosti

Oni koji su u unutrašnjosti tečne faze izloženi su dejstvu međumolekularnih privlačnih sila manje ili više sferno simetrično raspoređenih oko svakog molekula. Budući da su sa svih strana okruženi približno jednakim brojem suseda, ukupna rezultujuća sila na njih biće nula. Sile koje deluju na molekule koji se nalaze na površini tečnosti nisu uniformno raspoređene. Obzirom da sa gornje strane nisu u jednakom broju okruženi molekulima iste vrste, na ove molekule u većoj meri deluju sile usmerene ka unutrašnjosti tečne faze, pri čemu će molekuli težiti da pređu u unutrašnjost tečnosti.

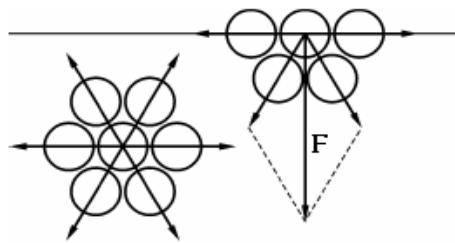
Rezultantne sile su uvek tako usmerene da imaju težnju da molekule rasporede na taj način da slobodna površina bude minimalna. U težnji da se zauzme oblik sa najmanjom površinom ona kontrahuje do najmanje moguće vrednosti. Zategnutost slobodne površine tečnosti ne zavisi od veličine njegove površine. Pri povećanju ili smanjenju slobodne površine tečnosti njena zategnutost se ne menja, odnosno stalna je za datu tečnost. U slučaju membrane, napravljene

od elastičnog materijala, zategnutost se povećava sa povećanjem njene površine (slika 3.3).



Slika 3.3. Dejstvo rezultujućih sila na molekule

Sila kojom jedan molekul privlači susedne molekule brzo opada sa rastojanjem, tako da je već na rastojanju od nekoliko efektivnih poluprečnika molekula zanemarljiva. Odgovarajuće rastojanje r naziva se **poluprečnik molekularnog dejstva** i predstavlja najmanje rastojanje na kojem se ispoljava delovanje sile između molekula. Sfera poluprečnika R u čijem centru se nalazi molekul nazivamo **sferom molekularnog dejstva** (slika 3.4). Ovom sferom je ograničeno dejstvo međumolekularnih privlačnih sila i približno odgovara sferi trostrukog poluprečnika molekula r . Svaki molekul je privlačen od susednih molekula koji se nalaze u sferi njegovog dejstva.



Slika 3.4. Sfera molekularnog dejstva

Posmatrajmo molekul čija je udaljenost od površine tečnosti veća od poluprečnika molekularnog dejstva r tako da je cela sfera njegovog dejstva u unutrašnjosti tečnosti. Takav molekul je okružen sa svih strana istim takvim molekulima tako da je rezultujuća sila međumolekulskog privlačenja jednaka

nuli. Zbog simetričnog rasporeda molekula u sferi dejstva njihova delovanja se poništavaju.

Ako je udaljenost molekula od površine tečnosti manja od r tada, pošto je gustina gasa sa kojom se graniči površina tečnosti mnogo manja od gustine tečnosti, deo sfere molekularnog dejstva iznad tečnosti biće manje popunjeno molekulima nego ostali deo sfere unutar tečnosti. Zato delovanje molekula pare ili vazduha na molekule tečnosti se može zanemariti. Usled toga će na molekul, koji se nalazi u površinskom sloju debljine r , dejstvovati sila usmerena ka unutrašnjosti tečnosti i biće normalna na tu površinu. Veličina te rezultujuće sile je veća što je molekul bliže površini tečnosti. Takav molekul je izložen dejstvu maksimalne sile, pošto mu je samo donja polovina sfere dejstva popunjena molekulima tečnosti. Sloj tečnosti u kojem se nalaze svi takvi molekuli zove se **površinski sloj tečnosti**.

3.3 POTENCIJALNA ENERGIJA POVRŠINSKOG SLOJA

Da bi molekul prešao iz unutrašnjosti tečnosti u površinski sloj debljine r , potrebno je da molekul izvrši izvestan rad protiv sile koja na njega dejstvuje u tom sloju. Rad koji izvrši molekul na račun svoje kinetičke energije ide na povećanje njegove potencijalne energije. Dakle, molekul u površinskom sloju tečnosti raspolaže nekim viškom potencijalne energije u odnosu na molekul koji je u unutrašnjosti tečnosti.

Prema opštem principu, svaki sistem u prirodi teži da zauzme takvo ravnotežno stanje u kome mu je potencijalna energija minimalna. Među svim telima iste zapremine najmanju površinu ima lopta. Stoga će i tečnost, koja je ostavljena sama sebi, kretanjem molekula zauzeti oblik sa najmanjom slobodnom površinom, a to je oblik lopte, jer je tada najmanji broj molekula u površinskom sloju tečnosti. Mi takav oblik uglavnom ne vidimo, jer tečnost nije prepustena sama sebi, već se nalazi u polju Zemljine teže, pa ima i odgovarajuću gravitacionu potencijalnu energiju. Kod malih kapi, recimo kapljice rose na travi, gravitaciona potencijalna energija je zanemarljiva, pa su te kapi gotovo pravilnog sfernog oblika. Veće kapi imaju i veću masu, pa se gravitaciona energija ne može zanemariti, one imaju spljošten oblik pri kojem će zbir površinske i gravitacione potencijalne energije biti minimalan.

Težnja površine tečnosti da zauzme najmanju moguću vrednost možemo na jednostavan način eksperimentalno dokazati (slika 3.5). Belgijski fizičar Plato je prvi dokazao u svojim ogledima ovu pojavu, ali nije imao matematičko objašnjenje za to. Na prstenastom ramu opna tečnosti je ravna površina. Ako bi smo uzeli bilo koju drugu složeniju geometrijsku konturu opna koja bi se formirala bila bi manja nego što bi očekivali.



Slika 3.5. Težnja slobodne površine tečnosti da zauzme najmanju vrednost

3.4 SILA POVRŠINSKOG NAPONA

Zbog težnje da smanji potencijalnu energiju odnosno površinu, površinski sloj tečnosti ponaša se nalik zategnutoj opni po kojoj deluju elastične sile. Ponašanje površine tečnosti, usled međumolekularni sila, kao zategnute elastične opne je pojava koja se naziva **površinski napon**. Ako se opna na nekom mestu pritisne ona će se deformisati i javiće se elastična sila koja će težiti da je vратi u prvobitno stanje u kome je imala najmanju površinu. Na primer, kada bi se na površini tečnosti nalazio neki žičani prsten, na svaki delić prstena tečnost bi delovala silom površinskog napona. U svakoj tački pravac sile je normalan na tu graničnu liniju i tangentan na površinu tečnosti, a smer je prema unutrašnjosti konture (slika 3.6).

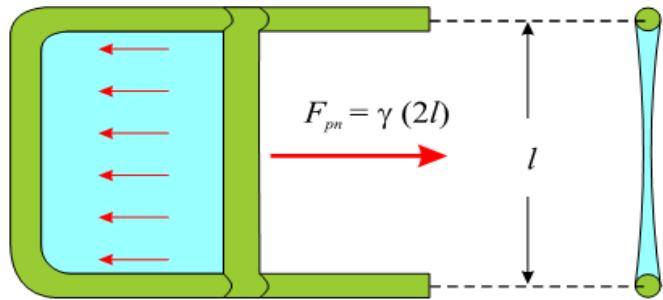


Slika 3.6 Dejstvo sile površinskog napona

Težnja tečnosti da ima minimalnu slobodnu površinu ispoljava se delovanjem **sila površinskog napona**. Sile površinskog napona ne deluju samo duž dodirne linije površine tečnosti i čvrstog tela. Takve sile deluju svuda po slobodnoj površini tečnosti. Kod nekih tečnosti te sile su jače, kod nekih slabije. Zato površinski napon nije isti za sve supstance, već zavisi od vrste tečnosti, odnosno intenziteta sila kohezije koje deluju između određenih molekula. Veličina kojom se kvantitativno izražava težnja tečnosti ka smanjenju površine zove se **koeficijent površinskog napona** γ . On pokazuje koliki rad je potreban da se opna tečnosti poveća za jedinicu. Po ovom principu konstanta površinskog napona je sila koja dejstvuje na jedinicu dužine slobodne površine tečnosti. Jedinica za koeficijent površinskog napona je N/m . U tabeli 1. prikazani su vrednosti nekih konstanti površinskog napona.

$$\gamma = \frac{F}{l} \quad (4)$$

Vrednost sile površinskog napona možemo odrediti eksperimentalnim putem pomoću pravougaonog žičanog rama čija je jedna stranica pokretna. Na žičanom ramu formirana je opna od sapunice. Mada je ta opna veoma tanka, njena debljina je još uvek ogromna u poređenju sa prečnikom molekula. Zbog toga možemo reći da je ograničena sa dva površinska sloja čija je debljina jednaka poluprečniku sfere dejstva molekularnih sila.



Slika 3.7 Opna od sapunice na ramu sa jednim pokretnim stranom

Ako je l dužina pokretne žice onda je sila površinskog napona F kojom opna dejstvuje na nju srazmerna ukupnoj dužini duž koje dejstvuju površinske sile (slika 3.7). Pošto opna ima dve slobodne površine, ukupna dužina duž koje dejstvuje iznosi $2l$. Rezultujuća sila površinskog napona za celu konturu dobija se vektorskim sabiranjem sila koje deluju na sve delove te konture:

$$\mathbf{F}_1 = \mathbf{F}_2 = \gamma l \quad (5)$$

odavde sledi da je rezultujuća sila jednaka:

$$\mathbf{F} = 2 \gamma l \quad (6)$$

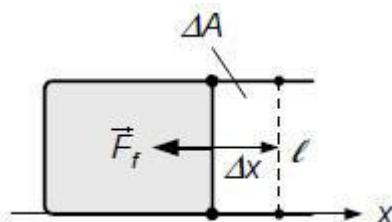
gde je: γ - konstanta površinskog napona koja se pripisuje svakoj tečnosti, l - dužina proizvoljno malog pravolinijskog dela konture, a \mathbf{F} - sila površinskog napona koja deluje na deo konture. Površina opne može se povećati delovanjem neke spoljašnje sile \mathbf{F}_{sp} . Pri lagom pomeranju stranice rama nailazimo na ravnotežno rastojanje gde ta sila ima isti intezitet kao i sila površinskog napona \mathbf{F} :

$$\mathbf{F}_{sp} = \mathbf{F} = 2 \gamma l \quad (7)$$

Tabela 1. Konstanta površinskog napona nekih tečnosti γ (N/m)

Tečnost	Koef. povr. napona γ (N/m)
Voda (na 0°C)	0,0756
Voda (na 20°C)	0,0728
Voda (na 100°C)	0,0589
Sapunica	0,0370
Etil alkohol	0,0223
Glicerin	0,0631
Živa	0,465
Maslinovo ulje	0,032
Krv (na 37°C)	0,058
Krvna plazma (na 37°C)	0,073
Zlato (na 1070°C)	1,000
Kiseonik (na -193°C)	0,0157
Helijum (na -269°C)	0,00012

Pomoću primera žičanog rama sa pokretnom stranom možemo doći do još jedne definicije koeficijenta površinskog napona (slika 3.8). Njegovu vrednost možemo izmeriti pomeranjem pokretne žice l naniže za Δx kada će se protiv sile F izvršiti rad $A = \mathbf{F} \cdot \Delta \mathbf{x}$. S obzirom da se povećala slobodna površina, povećala se i energija tečnosti.



Slika 3.8 Određivanje koeficijenta površinskog napona

Ta promena potencijalne energije površine jednaka je radu koju je izvršila spoljašnja sila, pa možemo reći da je koeficijent površinskog napona brojno jednak

promeni energije površinskog sloja tečnosti pri jediničnoj promeni slobodne površine:

$$\Delta A = \Delta E \quad F \Delta x = \Delta E \quad 2 \gamma l \Delta x = \Delta E \quad (8)$$

Obzirom da tečna opna ima dve površine na koje deluje površinski napon, onda se rad sile odnosi na dvostruku promenu površine:

$$\Delta S = 2 l \Delta x \quad (9)$$

Imajući u vidu ovaj obrazac sledi da je rad:

$$\Delta E = \gamma \Delta S \quad (10)$$

odakle dobijamo i izraz za koeficijent površinskog napona:

$$\gamma = \frac{\Delta E}{\Delta S} \quad (11)$$

Koeficijent površinskog napona zavisi od prirode tečnosti odnosno od intenziteta međumolekularnih sila privlačenja unutar tečnosti. Mora se voditi i računa i o materijalu sa kojim se graniči tečnost, jer broj i vrsta molekula iznad granične površine utiče na vrednost koeficijenta površinskog napona. Na njegovu vrednost u znatnoj meri utiču još i primešane. Rastvaranjem neke supstance u tečnosti menja se konstanta površinskog napona. Rastvorene supstance na njegovu vrednost deluju dvojako, mogu da smanje ili da povećaju njegovu vrednost.

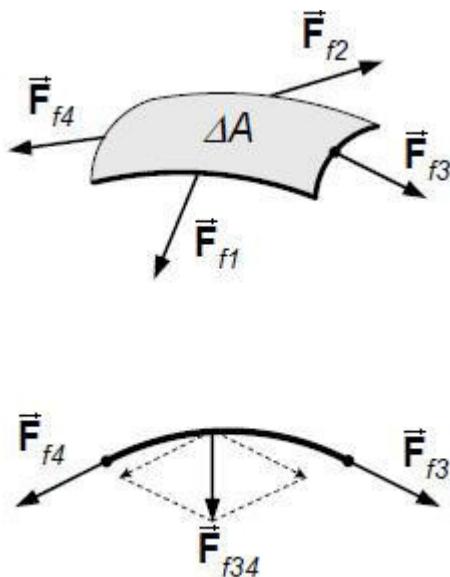
Temperatura takođe utiče na površinski napon. Smanjenje površinskog napona sa porastom temperature se odigrava zato što na višim temperaturama dolazi do povećanja intenziteta toplotnog kretanja molekula, što deluje na smanjenje sila privlačenja između njih, pa prema tome i do sniženja površinskog napona. Površinski napon tečnosti opada sve do temperature bliske kritičnoj. Na kritičnoj temperaturi nestaju razlike između gasne i tečne faze i površinski napon postaje nula. U tabeli 2. prikazane su neke vrednosti površinskog napona na različitim temperaturama.

Tabela 2. Površinski napon $\gamma(10^{-3}\text{N/m})$ tečnosti na različitim temperaturama

t [°C]	H ₂ O	CCl ₄	C ₆ H ₆	C ₆ H ₅ NO ₂	C ₂ H ₅ OH	CH ₃ COOH
0	75,64	29,00	31,60	46,40	24,00	29,50
25	71,97	26,10	28,20	43,20	21,80	27,10
50	67,91	23,10	25,00	40,20	19,80	24,60
75	63,35	20,20	21,90	37,30	—	22,00

3.5 PRITISAK ISPOD ZAKRIVLJENE POVRŠINE TEČNOSTI

Dosada smo posmatrali slučaj kada je opna tečnost bila ravna površina. U tom primeru površinske sile su delovale u ravni površine tečnosti kao i njihova rezultujuća sila. Kod krive površine površinske sile deluju u ravni tangente površine tečnosti, a rezultujuća sila ima i normalnu komponentu koja je normalna na element date površine (slika 3.9).



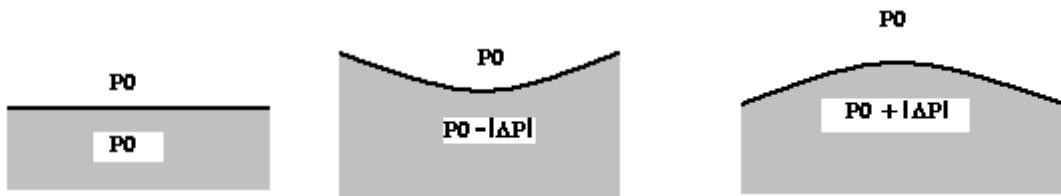
Slika 3.9. Dejstvo sile na element površine tečnosti

Kada je slobodna površina tečnosti kriva, pritisak iznad (sa one strane koja nije u tečnosti) i ispod nje nije isti. Kod konkavnih (udubljenih) površina veći je pritisak iznad, a kod konveksnih (ispupčenih) pritisak je veći ispod površine.

Razlika pritisaka iznad i ispod slobodne površine tečnosti zove se **dopunski pritisak** ili pritisak ispod zakrivljene površine :

$$\Delta p = p - p_0 \quad (12)$$

Ako je dopunski pritisak negativan $\Delta p < 0$ površina tečnosti je konkavna, a kod konveksne površine on će biti pozitivan $\Delta p > 0$ (slika 3.10).



slika 3.10. Dopunski pritisak ispod zakrivljene površine

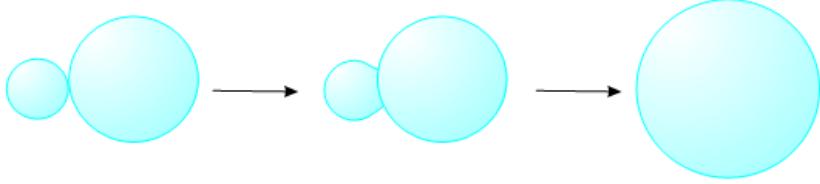
Površinski napon takođe stvara pritisak unutar mehurova. Usled težnje da slobodna površina bude što manja, opna mehura sabija gas koji je zarobljen unutar njega i time mu povećava pritisak (slika 3.11).



Slika 3.11. Mehur od sapunice

Kada se sudare dva mehura uvek iz manjeg uđe vazduh u veći pri čemu se dobija još veći mehur (slika 3.12). Pritisak unutar mehura će biti utoliko veći ukoliko će poluprečnik R mehura biti manji :

$$P = \frac{4\gamma}{R} \quad (13)$$



Slika 3.12 Spajanje manjeg mehura sa većim mehurom

3.6 DOPUNSKI PRITISAK ZA SFERNU POVRŠINU

Posmatrajmo sfernu kap tečnosti u vazduhu. Neka je poluprečnik sfere R , a pritisak vazduha p_o . Sile površinskog napona zatežu površinu tečnosti i stvaraju pritisak unutar kapi veći nego spolja. Ako uzmemo da se površina tečnosti promenila za beskonačno malu vrednost $\Delta R \rightarrow 0$, sile površinskog napona će izvršiti rad jednak promeni energije površinskog sloja:

$$\Delta A = \Delta E = \gamma \Delta S \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \Delta A &= (\mathbf{p} - \mathbf{p}_o) \Delta \mathbf{V} \\ (\mathbf{p} - \mathbf{p}_o) \Delta V &= \gamma \Delta S \end{aligned} \quad (15)$$

$$(\mathbf{p} - \mathbf{p}_o) \frac{4}{3} \pi [R^3 - (R - \Delta R)^3] = \gamma 4 \pi [R^2 - (R - \Delta R)^2]$$

$$\frac{1}{3}(\mathbf{p} - \mathbf{p}_o) [3R^2 \Delta R - 3R(\Delta R)^2 + (\Delta R)^3] = \gamma [2R \Delta R - (\Delta R)^2]$$

Ako uzmemo u obzir uslov $\Delta R \rightarrow 0$, dobijamo sledeći izraz :

$$(\mathbf{p} - \mathbf{p}_o) R^2 \Delta R = 2 \gamma R \Delta R \quad (16)$$

$$(\mathbf{p} - \mathbf{p}_o) = \frac{2\gamma}{R}$$

Odatle sledi da je dopunski pritisak ispod sferne površine tečnosti jednak:

$$\Delta \mathbf{p} = \frac{2\gamma}{R} \quad (17)$$

Dopunski pritisak je veći ukoliko je poluprečnik krivine manji, odnosno ako je površina više kriva. U većini slučajeva dopunski pritisak može se zanemariti. U slučaju da posmatramo mehur sapunice za dopunski pritisak dobićemo sledeći izraz:

$$\Delta p = \frac{4\gamma}{R} \quad (18)$$

Dopunski pritisak kod tečnosti u uskoj cevi kružnog poprečnog preseka možemo dobiti na sledeći način. Slobodna površina tečnosti u uskoj cevi je deo sfere, konveksan ili konkavan meniks. Ugao između poluprečnika cevi r i poluprečnika sferne površine R isti je kao ugao između tangente na sfernou površinu i zida cevi.

$$R = \frac{r}{\cos \varphi} \quad (19)$$

Sledi da je razlika pritisaka ispod i iznad konveksnog meniska tečnosti u uskoj cevi:

$$\Delta p = \frac{2\gamma}{R} = \frac{2\gamma \cos \varphi}{r} \quad (20)$$

Ista formula važi i za dopunski pritisak ispod konkavnog meniska s tim što je pritisak iznad površine tečnosti veći.

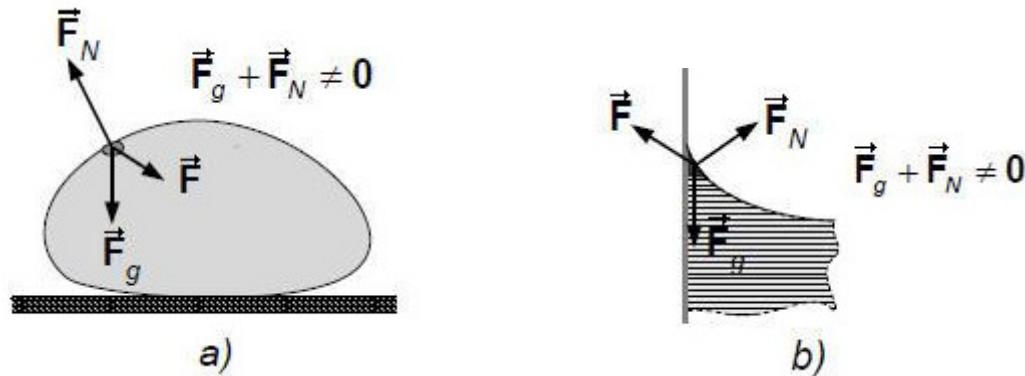
$$\Delta p = - \frac{2\gamma \cos \theta}{r} \quad (21)$$

Uzimajući u obzir da je $\varphi = \pi - \theta$ dopunski pritisak u slučaju kvašenja i nekvašenja, možemo predstaviti sa istom formulom.

3.7 KAPILARNE POJAVE

Mnogobrojne su i svakome pristupačne pojave u kojima se ispoljava površinski napon i kapilarnost. Jedna od karakterističnih pojava jeste podizanje, odnosno spuštanje tečnosti u kapilarnoj cevi. **Kapilarnost** je posledica pojave na granici tečnosti i čvrstog tela. Razni efekti koji se javljaju pri dodiru tečnih i čvrstih tela nastaju zbog dejstva privlačnih molekularnih sila. Tečnost u **kapilarima** (uske cevi, unutrašnjeg prečnika oko 1mm) se ne ponaša po zakonu spojenih sudova, već je iznad ili ispod nivoa tečnosti u sudu. Uzrok podizanja ili spuštanja tečnosti u kapilarnoj cevi je površinski napon.

Na molekul koji je u dodiru sa glatkom površinom pored sile gravitacije, \vec{F}_g i sile koja je normalna na površinu tečnosti, \vec{F}_N , deluje i sila, \vec{F} , koja se odupire povećanju površine u vidu površinskog napona (slika 3.13). U slučaju podizanja tečnosti u cevi odnosno pri kvašenju zida suda, zbog ravnoteže molekula koji se nalazi na granici tečnosti zida, deluje sila koja je usmerena ka unutrašnjosti zida. Samo na ovaj način možemo objasniti i primer zašto živa na čvrstoj površini čini stabilnu kap. Da bi molekul koji se nalazio na površini tečnosti bio u ravnoteži, pored sile \vec{F}_g i \vec{F}_N mora da deluje još jedna sila \vec{F} koja će delovati ka unutrašnjosti kapi tečnosti.



Slika 3.13 Ravnoteža sila

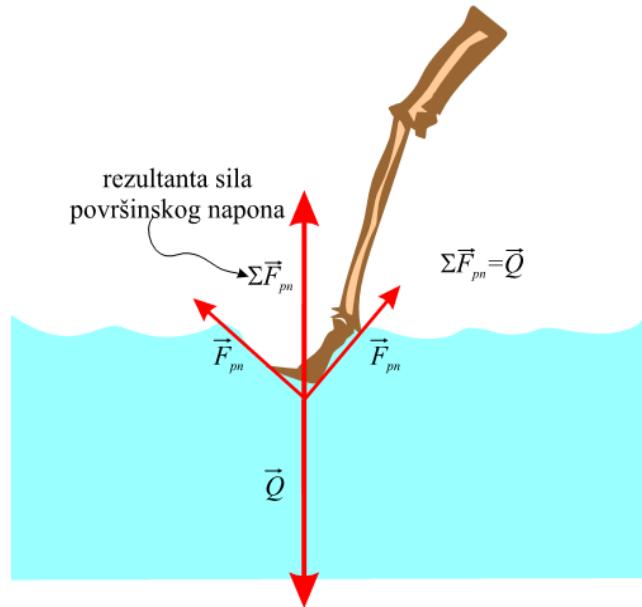
Pri dodiru tečnosti sa čvrstim telom treba uzeti u obzir ne samo silu uzajamnog dejstva između molekula tečnosti, već i silu uzajamnog dejstva između molekula tečnosti i čvrstog tela. Da bi se napravila razlika između privlačenja istovrsnih čestica i privlačenja raznorodnih čestica, uvodi se pojam kohezionih i

adhezionih sila. Sila privlačenja između molekula iste vrste naziva se *sila kohezije*. Na primer, to su sile koje drže molekule kapi vode na okupu. Sile kohezije redukuju slobodnu površinu tečnosti na najmanju vrednost (slika 3.14).



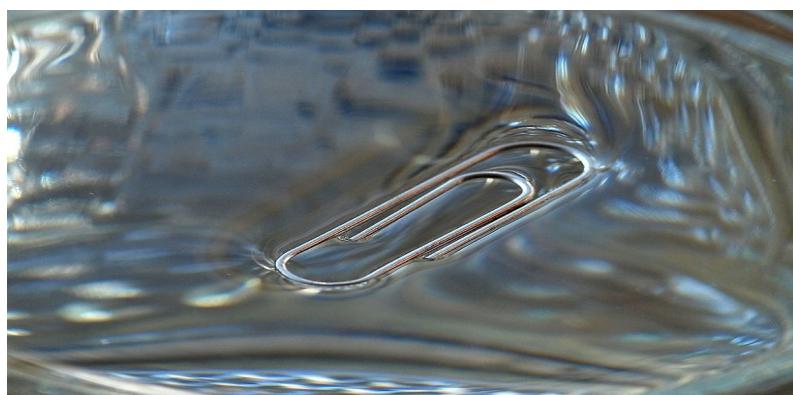
Slika 3.14. Kap vode na listu i insekt koji hoda po površini vode (efekti adhezije i kohezije)

Hodanje nekih insekata po vodi, kao i pojavu da tečnost ostaje u sudu otvorenom odozgo može se objasniti postojanjem sile kohezije (slika 3.15). U slučaju hodanja insekta po vodi, površinski napon se suprotstavlja težini insekta i on ostaje na površini vode ne prodirući u nju. Površina opne je otporna na razvlačenje i kidanje. Deo noge insekta koji je dodiruje izaziva zakriviljenje njene površine. Usled toga se javlja sila površinskog napona koja ima težnju da smanji slobodnu površinu tečnosti, odnosno da je vратi u stanje kada je imala minimalnu energiju. Ta sila je tangencijalna na površinu tečnosti, a njena rezultanta je usmerena vertikalno naviše. Sile površinskog napona koje deluju na razne molekule u zakriviljenom delu površine mogu da se razlože na dve komponente, jednu vertikalnu i drugu pod pravim uglom u odnosu na nju. Te normalne komponente se poništavaju jer ih ima podjednak broj sa svih strana posmatranog molekula, dok se vertikalne sabiraju i daju pomenutu rezultujuću silu koja je usmerena na više.



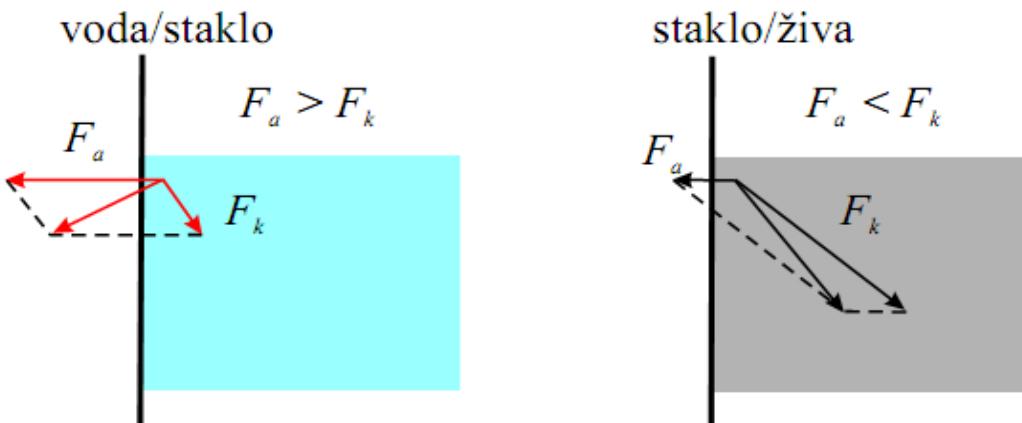
Slika 3.15 Hodanje insekta na vodi, efekat kohezije

Slično se dešava kada se na površinu vode postavi spajalica za papir (slika 3.16). Ona takođe neće potonuti, ali ne možemo reći ni da pluta na vodi usled sile potiska, jer je njena gustina znatno veća od gustine vode, pa bi u skladu sa time trebalo da potone. Ona deformiše slobodnu površinu tečnosti usled čega se javlja sila površinskog napona čija je rezultanta usmerena suprotno od težine spajalice i na taj način kompenzuje težinu spajalice. Ako spajalicu spustimo vertikalno na površinu vode njena težina će delovati na manju površinu, probija površinski sloj vode i tone na dno.



Slika 3.16 Održavanje spajalice na površini vode

Adhezije sile su sile između različitih molekula, npr. vode i stakla posude u kojoj se voda nalazi. Takve sile drže kapi kondenzovane vode zalepljene za prozorska stakla ili lišće biljaka. Od međusobnih odnosa adhezije i kohezije sile zavise pojave koje se javljaju na ivici spoja tečnosti sa sudom.

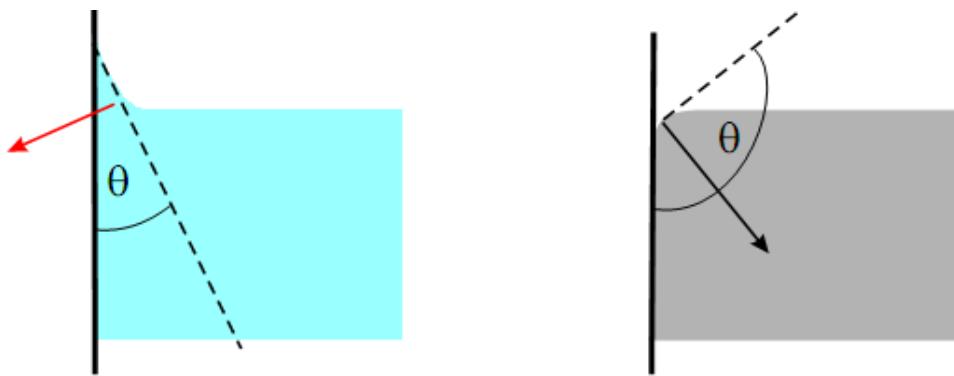


Slika 3.17 Odnos adhezije i kohezije sile

Moguća su dva slučaja:

- * kada je sila kohezije manja od sile adhezije $F_k < F_a$
- * kada je sila kohezije veća od sile adhezije $F_k > F_a$

Ako su adhezije sile imedju tečnosti i zida posude jače od kohezionih tada se tečnost penje uz zid staklene posude i tečnost kiasi zid suda. Ako su kohezije sile jače tada se tečnost spušta niz zid posude (slika 3.18).. Ove pojave imamo kod dodira vode sa stakлом i žive sa stakлом. Tako voda kiasi staklo a ne kiasi parafin, dok živa ne kiasi staklo, a kiasi čistu površinu gvožđa, itd. Pored vode, staklo i kvarc potpuno kvase još alkohol, etar, glicerin i drugo. Rezultujuća sila kohezije i adhezije uvek mora biti normalna na graničnu površinu tečnosti, inače bi postojala komponenta sile u ravni površine koja bi tečnost pomerala.

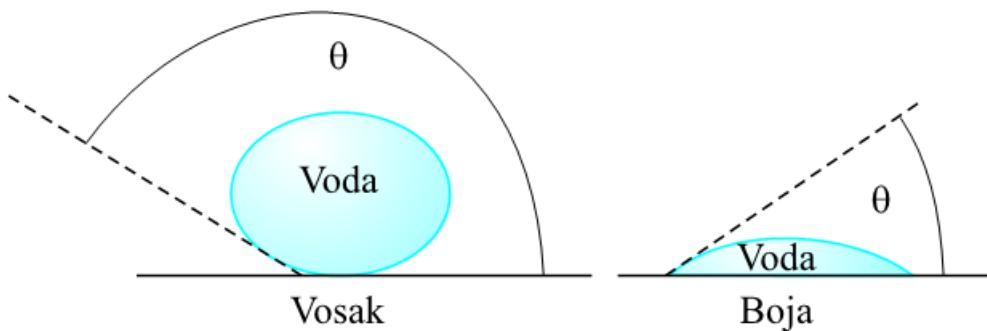


Slika 3.18 Tečnost kvasi, a živa ne kvasi zid suda od stakla

Ugao θ između tangente površine tečnosti i površine čvrstog tela sa kojom se tečnost dodiruje, naziva se **ugao kvašenja θ** (slika 3.19). Taj ugao se meri kroz tečnost.

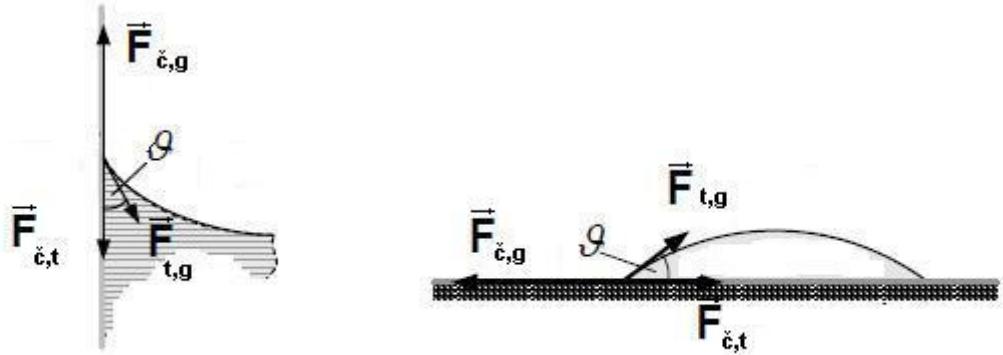
Ako je ugao kvašenja θ :

- * oštar ugao (manji od 90°), tečnost kvasi telo
- * tup ugao (veći od 90°), tečnost ne kvasi telo



Slika 3.19 Ugao kvašenja kada tečnost nekvasi i kvasi čvrstu površinu

Ako je $\theta = 0^\circ$ govorimo o potpunom kvašenju, a kada je $\theta = 180^\circ$ o potpunom ne kvašenju. Voda potpuno kvasi staklo, dok ga živa potpuno ne kvasi. Jedna ista tečnost može da kvasi jedna, a da ne kvasi druga čvrsta tela. Ugao kvašenja se dobija iz ravnoteže sila na graničnoj liniji između tečne, čvrste i gasovite faze u horizontalnoj ravni (slika 3.20).



Slika 3.20 Ravnoteža sila

Rezultujuća sila od komponenata mora biti jednaka nuli zbog ravnoteže:

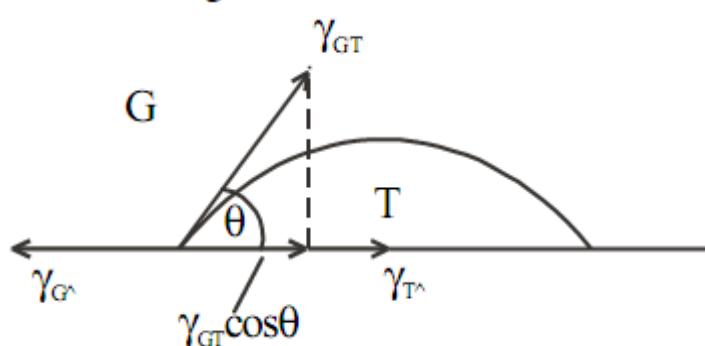
$$F_{c,g} - F_{c,t} - F_{t,g} \cos \theta = 0 \quad (22)$$

Ako primenimo izraz površinske sile $F = \gamma l$ koja deluje između granice dve faze za svaki par, možemo dobiti:

$$\gamma_{c,g} - \gamma_{c,t} - \gamma_{t,g} \cos \theta = 0 \quad (23)$$

$$\cos \theta = \frac{\gamma_{c,g} - \gamma_{c,t}}{\gamma_{t,g}} \quad (24)$$

Ovaj izraz predstavlja poznatu *Tomas Jangovu jednačinu*.



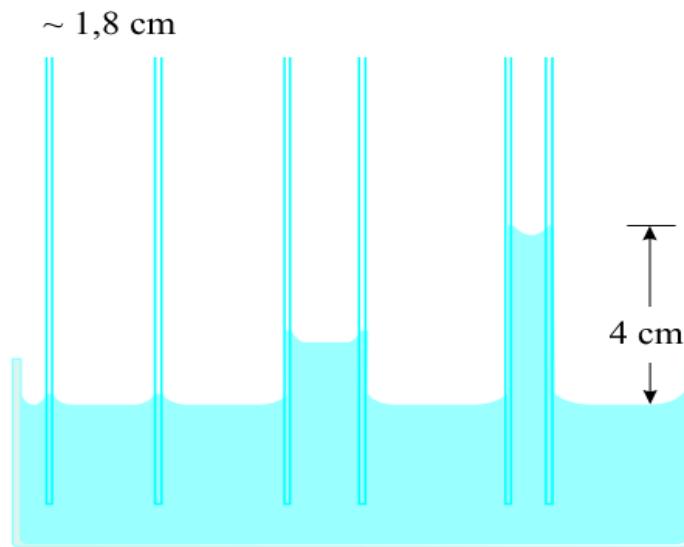
Slika 3.21 Ugao kvašenja θ

Tako pri uglu od $\theta < 90^\circ$ sledi da je $\gamma_{\text{č},g} > \gamma_{\text{č},t}$, a ako je ugao između $180^\circ < \theta > 90^\circ$ biće $\gamma_{\text{č},g} < \gamma_{\text{č},t}$. U tabeli 3. su dati neki primeri za vrednosti ugla kvašenja θ na 20°C .

Tabela 3. Ugao kvašenja neke supstance na 20°C .

Supstance	Ugao kvašenja θ
Živa/staklo	140°
Voda/staklo	0°
Voda/parafin	107°
Voda/srebro	90°
Organske tečnosti/staklo	0°
Etil alkohol/staklo	0°
Kerozin/staklo	26°

Direktna posledica opisane pojave na granici čvrstog tela i tečnosti je pojava kapilarnosti (slika 3.22).



Slika 3.22 Pojava kapilarnosti

Tečnosti koje kvase čvrst zid kapilare težiće da nakvase unutrašnju stranu površine i time bi se stvorila velika slobodna površina tečnosti. Međutim, površinski napon tečnosti teži da ovu površinu svede na minimum usled čega će se tečnost u kapilari

podizati iznad površine tečnosti u sudu. Tečnost će se u kapilari podizati dotle dok se sila površinskog naponu ne izjednači sa silom težine samog stuba tečnosti u kapilari. Tečnosti koje ne kvase, spuštaju se ispod površine tečnosti u sudu. Ako tečnost kvasi cev, pritisak ispod površine tečnosti manji je od atmosferskog i zato se tečnost u cevi podiže. Kada se uspostavi ravnoteža, pritisak je isti u svim tačkama na istom horizontalnom nivou u tečnosti:

$$P_1 = P_2 \quad (25)$$

Iznad površine tečnosti je atmosferski pritisak P_o . Pritisak ispod zakrivljene površine:

$$P_3 = P_o - \frac{2\gamma \cos \theta}{r} \quad (26)$$

Na dubini h ispod zakrivljene površine pritisak je:

$$P_1 = P_3 + \rho gh \quad (27)$$

$$P_1 = P_o - \frac{2\gamma \cos \theta}{r} + \rho gh$$

Kako je pritisak iznad površine tečnosti u sudu:

$$P_0 = P_2 \quad (28)$$

Sledi da je :

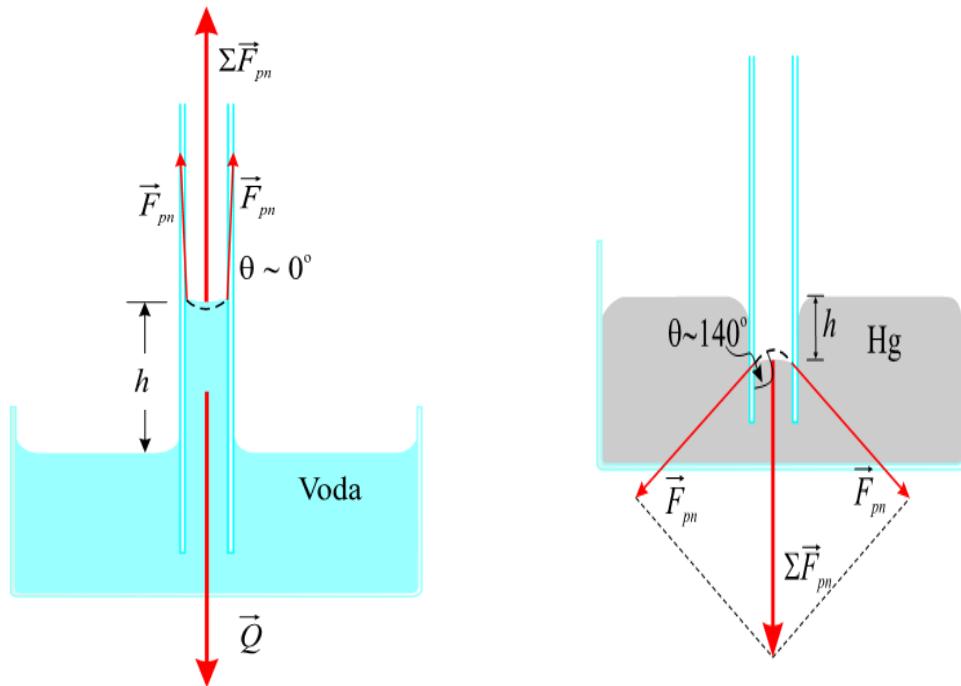
$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{rg\rho} \quad (29)$$

Visina podizanja tečnosti u kapilarnoj cevi koju kvasi i dubina spuštanja tečnosti u cevi koju ne kvasi određene su istom formulom. Visinska razlika površina tečnosti u cevi i oko nje obrnuto je srazmerna unutrašnjem prečniku cevi r . Kapilarne pojave u slučaju kvašenja i nekvašenja mogu se predstaviti istom formulom.

Ako tečnost kvasi cev tada je $\cos \theta > 0$ i $h = 0$ tj. nivo tečnosti u cevi je na većoj visini nego oko cevi. Kada tečnost ne kvasi cev $\cos \theta < 0$ i $h < 0$, nivo tečnosti u cevi je ispod nivoa tečnosti oko cevi.

Analizirajmo slučaj kada tečnost potpuno kvasi zid kapilare. Zakrivljena slobodna površina tečnosti u kapilari naziva se **meniskus** (slika 3.23). On je konkavan kada tečnost kvasi kapilar, a konveksan ako ne kvasi. Kada se kapilara uroni u tečnost, adhezije sile odmah povlače molekule tečnosti uz zid, tako da se obrazuje konkavan meniskus. Ovaj meniskus teži da se skuplja pod dejstvom sila površinskog napona i stub tečnosti će se dizati u kapilari sve dok se rezultanta sila površinskog napona, koje dejstvuju po obimu preseka meniskusa na najširem delu, ne izjednače po intenzitetu sa težinom stuba tečnosti iznad nivoa u kapilari:

$$\vec{F} = \vec{G} \quad (30)$$



Slika 3.23 Kapilara u vodi i živi

Kako sila površinskog napona intenziteta F deluje po obimu meniskusa uz kapilaru čiji je obim $2r\pi$. Ukupna sila koja dejstvuje duž celog obima je:

$$F = 2r\pi\gamma \quad (31)$$

Kako je masa $m = \rho V$, a zapremina $V = r^2 \pi h$ težina stuba tečnosti visine h u kapilari iznosi :

$$G = mg = \rho \pi h g r^2 \quad (32)$$

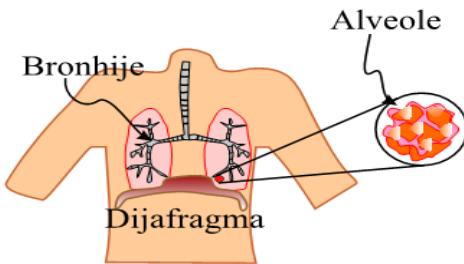
gde je: r - poluprečnik kapilare, ρ - gustina tečnosti, V - zapremina tečnog stuba u kapilari i g - ubrzanje Zemljine teže. Na osnovu toga sledi da je ***konstanta površinskog napona*** srazmerna visini stuba h tečnosti u kapilari, poluprečniku kapilare r i gustini tečnosti ρ :

$$\gamma = \frac{1}{2} \rho h g r \quad (33)$$

Dati izraz može se koristiti za određivanje koeficijenta površinskog napona merenjem visine stuba tečnosti h kao i poluprečnika kapilare r . Relativno prost metod pomoću kojeg se može odrediti koeficijent površinskog napona je upravo kapilarni metod.

3.8 ZNAČAJ KAPILARNIH POJAVA I POVRŠINSKOG NAPONA

Površinski napon kao i kapilarne pojave imaju veliki značaj u prirodi, tehnici i svakodnevnom životu. Veoma je interesantna uloga površinskog napona u procesu disanja ljudi. Naša pluća se sastoje od stotine miliona sluzavih kesica koje se nazivaju **alveole** (slika 3.24).. One su veoma slične po obliku mehurima. Mi možemo da udahnemo (i izdahnemo) vazduh u pluća bez rada bilo kojih mišića, zahvaljujući kontrahovanju ovih kesica usled površinskog napona. Površinski napon alveola mora da bude u određenom opsegu vrednosti. Ako je preveliki, kao kada voda uđe u pluća, ne možemo da udahnemo. To je najveći problem kod oživljavanja utopljenika. Drugi problem se javlja kod beba koje se rode bez supstance pod nazivom surfaktant. Surfaktant je supstanca koja smanjuje površinski napon alveola i pomaže da se one održe otvorene na kraju ekspirijuma, povećavajući tako funkcionalni rezidualni kapacitet pluća. Pluća bez te supstance jako teško povećavaju zapreminu.



Slika 3.24 Alveole kao mali mehurići

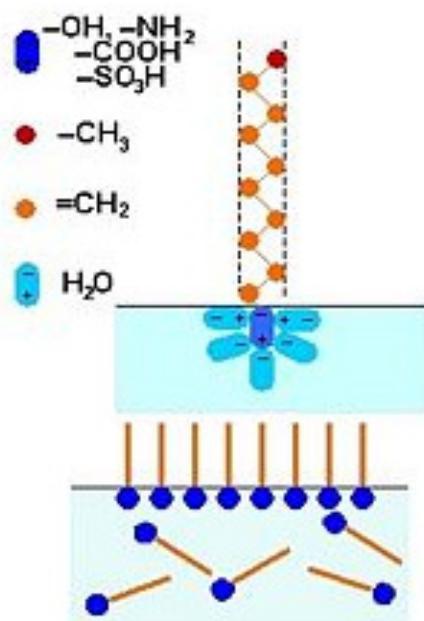
Biljke putem kapilara transportuju rastvor sa hranljivim materijama od korena prema listu. Kapljica ulja na vodi pod dejstvom sila površinskog napona može se razvući po površini vode često i do debljine monomolekularnog sloja ulja. Porozne materije u kojima je čitav splet kapilara, potpuno se mogu nakvasiti i ako nisu celom zapreminom u vodi. To se dešava kod sunđera, tkanine, drveta, poroznog građevinskog materijala što izaziva vlaženje zidova kod građevina, zemljišta. Podzemna voda izlazi kroz kapilarne pukotine na površinu i isparava, tako da bi se sačuvala vlaga u zemljištu, ti kapilari se rasturaju oranjem. Na osnovu pojave kapilarnosti dolazi do podizanja goriva u filiju petrolejskih lampi i upaljača. Površinski napon ima veliki značaj i pri tretiranju i lepljenju različitih površina o čemu moraju da vode računa tehnolozi pri proizvodnji lakova, farbi i lepkova. Njegova vrednost utiče na jačinu vezivanja sredstva za tretiranu površinu. Pri pripremi fotografске emulzije da bi se smanjio površinski napon između emulzije i podloge dodaju se sredstva za kvašenje (etilalkohol, saponin).

Rastvorene supstance na površinski napon deluju dvojako. Naročito se elektroliti nagomilivaju pri rastvaranju u dubini rastvora i povećavaju površinski napon, pošto sada na površinske molekule iz dubine tečnosti dejstvuju ne samo sile molekula rastvarača, nego i privlačne sile rastvorenih čestica. Površinski aktivne materije kao sapuni i deterdženti već pri malim koncentracijama dovode do znatnog sniženja površinskog napona vode. Izvesne supstance u sebi sadrže radikale koji su nerastvorljivi u vodi, znači hidrofobni su, nagomilavaju se na površini i snižavaju površinski napon. Površinski napon tečnosti čiji molekuli ne poseduju dipole su relativno mali, a na primer, vode čiji molekuli predstavljaju izrazite dipole (polarni molekuli) imaju relativno veliku vrednost površinskog napona.

Za molekule aktivnih materija karakteristična su dva dela:

- polarna grupa -COOH, -SO₃ Na, -OH (hidrofil)
- apolarni ugljovodonični radikal (hidrofob)

Molekuli površinski aktivne supstance poseduju sposobnost da se adsorbuju na graničnoj površini između dve faze tako da im se hidrofobni deo tj. ugljovodonični lanac orijentiše prema vazduhu, a polarna hidrofilna grupa prema vodi. Adsorbcija je proces povećanja koncentracije neke komponente na graničnoj površini dve faze.



Slika 3.25 Površinski aktivne materije

Značajna uloga aktivne materije je da obezbedi kvašenje, što predstavlja osnovu pri pranju, npr. veša. Molekul aktivne materije zalepi hidrofobni deo za tkaninu ili za masnoću pri čemu stvara prelazni površinski sloj između dve različite sredine. Putem prelaznog sloja oni smanjuju površinski napon između dve reagujuće sredine. Dejstvo između tkanine ili masnoće i aktivne materije je mnogo veća nego dejstvo između taknina i masnoće i na taj način dolazi do otklanjanja masnoće sa veša.

4. ZNAČAJ DEMONSTRACIONIH OGLEDA U NASTAVI FIZIKE

U poslednjih nekoliko godina često se na seminarima za nastavnike fizike raspravlja o metodama i oblicima rada u nastavi fizike, kao i o položaju učenika u procesu nastave. Insistira se na tome da se nastava fizike postavi tako da učenikova aktivnost potpuno dođe do izražaja i da se ostvari mogućnost da aktivno učestvuju u svim oblicima nastavnog procesa. Skoro u svim smerovima održavaju se seminari za stručno usavršavanje nastavnika, a naročito za osposobljavanje nastavnika fizike za izradu pomoćnih pribora koji su im neophodni za usmeno izvođenje nastave. Na seminarima su izrađeni veoma jednostavni eksperimenti koje može i svaki učenik da napravi kod kuće ili u nekoj skromnoj laboratoriji. Sve ovo pruža mogućnost da se na širem frontu pristupi primenjivanju laboratorijske i demonstracione metode i to ne samo u vidu vežbi pri ponavljanju nego i prilikom izučavanja novog gradiva.

Ciljevi i zadaci nastave fizike ostvaruju se kroz sledeće osnovne oblike: izlaganje sadržaja teme uz odgovarajuće demonstracione oglede, rešavanje kvalitativnih i kvantitativnih zadataka, laboratorijske vežbe, korišćenje drugih načina rada koji doprinose boljem razumevanju sadržaja teme (domaći zadaci, čitanje popularne literature) i sistematsko praćenje rada svakog pojedinačnog učenika. Svaki od navedenih oblika nastave ima svoje specifičnosti u procesu ostvarivanja. Veoma je važno da nastavnik tokom realizovanja prva tri oblika nastave naglašava njihovu objedinjenost u jedinstvenom cilju: otkrivanje i formulisanje zakona i njihova primena. U protivnom, učenik će steći utisak da postoje tri različite fizike: jedna se sluša na predavanjima, druga se radi kroz računske zadatke, a treća se koristi u laboratoriji. Na osnovu toga učenik će s pravom zaključiti: U školi je važna samo ona fizika koja se radi kroz računske zadatke. Nažalost, često se dešava da učenici osnovne i srednje škole o fizici kao nastavnoj disciplini steknu upravo takav utisak.

Metoda demonstracionih ogleda u nastavi provodi se sa različitim ciljem. Može se primeniti s ciljem da učenici steknu određena iskustva posmatranjem fizičkih pojava koja služe kao predznanja za uzimanje novog gradiva, zatim za neposredno sticanje novih znanja ili za produbljivanje već obrađenog gradiva, ponavljanjem. Posebno mesto imaju ogledi na osnovu kojih se formiraju najvažniji pojmovi kao i ogledi putem kojih se dolazi do objašnjenja suštine nekog zakona ili neke teorije, kao i oni ogledi čiji je cilj objašnjenje principa rada teničkog aparata ili uređaja. Dobro organizovani demonstracioni eksperimentalni rad je put koji učenicima omogućuje razvijanje sposobnosti samostalnog sticanja znanja, upućuje ih kako proučavanu teoriju mogu da primene i u promenjenim uslovima, razvija naučni pogled na svet i istraživački pristup prirodnim naukama. Ovo je početak formiranja stvaralačkih osobina učenika.

Na prelazu iz XIX u XX vek metoda laboratorijskih radova je počela nalaziti svoje nužno mesto u nastavnom procesu. Laboratorijska metoda traži takvu organizaciju nastave gde će eksperiment biti dominantan. Na taj način se stvara nova i elastična struktura nastave. Činjenica je da se prirodne nauke najuspešnije izučavaju na osnovu posmatranja i eksperimenata. Ipak, u školama dominira proučavanje pojava putem izlaganja nastavnika. Veoma je česta pojava da učenici ne znaju da objasne pojave u prirodi, ne umeju da primene usvojena znanja i da koriste aparate za fiziku. Često izgleda da je eksperiment tako podešen da to samo uspeva njihovom nastavniku, a da učenici nisu u stanju da ga izvedu. Nastavnik mora pružiti priliku učeniku da sam upozna i objasni pojave, da koristi aparate i da izvodi samostalno eksperimente. U toku eksperimentalnog rada ističe se značaj poznavanja teorije za rešavanje mnogih situacija u svakodnevnom životu. Ukazuje se na važnost razvoja tehnike za dalji razvoj naučne misli. Učenicima se omogućuje transformacija znanja što je značajna karakteristika razvijenog mišljenja.

Naša saznanja o prirodnim pojavama dolaze kao rezultat raznovrsnih ogleda i posmatranja. Posmatranje je polazni metod upoznavanja prirode. U nastavi fizike koristimo tri oblika ogleda:

- Demonstracioni eksperiment
- Frontalne laboratorijske vežbe
- Fizički praktikum

Demonstracioni ogled se uglavnom koristi na redovnim časovima nastave i predstavlja nerazdvojni deo svakog izlaganja. Koje mesto će zauzeti u sistemu izlaganja nastavnog gradiva zavisi od didaktičkog cilja koji postavlja nastavnik, od sadržaja gradiva koje se obrađuje i od usvojene metodike izlaganja. Ogled pretežno izvodi nastavnik putem pričanja, objašnjavanja ili dijaloškom metodom u određenom delu časa, a učenici spontano posmatraju i prate tok pojave. Nastavnik aktivno usmerava tok misli učenika, uporno skreće pažnju na karakterističnu osobinu kojom se odlikuje razvoj fizičkih pojava i na prisutne veze između pojava. Zadatak nastavnika pri demonstraciji ogleda sastoji se u tome da na jednostavan način ukaže učenicima na značajne osobine pojave, da ukaže na oblast fizike kojoj pripada teorija, pomoći koje se objašnjava pojava. Zatim, da se ponudi

najjednostavniji model pojave i da se na osnovu njega dođe do fizičkih veličina karakterističnih za posmatranu pojavu. Uz to i da se postavi jednačina koja jezikom matematike opisuje pojavu i da se učenici nauče da kroz datu jednačinu sagledaju dinamiku koja se analizira, da se formira naučni pristup analizi fizičkih pojava u toku koje učenici uočavaju fundamentalnu vezu između empirijske osnove i teorijskog dela nastave, inače neće biti u stanju da objasne rezultate izvođenih ogleda. Svaka osobina ili pojava ima svoju kvantitativnu i kvalitativnu stranu koje su vezane jedna za drugu. Putem demonstracionog ogleda mogu da se potvrde kvantitativne karakteristike kao i kvalitativne, tj. odnosi parametara koji su značajni za pojavu, a do kojih se dolazi preko postavljenog ogleda.

Osnovni uslov za uspešno izvođenje demonstracionih ogleda je zavidna disciplina učenika i dobro organizovan čas fizike. U tom slučaju nema potrebe za uvođenjem posebnih časova laboratorijskih radova. Da bi imali izvanredan utisak na učenike i da bi se ostvario cilj koji je nastavnik postavio sebi, demonstriranja na časovima fizike moraju ispuniti određene metodske zahteve.

Pri izvođenju eksperimenata mora se obezbediti dovoljna *uočljivost* i *vidljivost* fizičkih pojava kao i njihovih detalja. Sve uređaje i pribore za demonstraciju treba postaviti tako da ih jasno vide svi učenici, naročito oni koji sede u poslednjoj klupi. Demonstracija ogleda na časovima fizike imaće izvanredan utisak na učenike samo ako je očigledna i ubedljiva. Moramo obratiti pažnju da se ne izvodi mnogo ogleda koji će pokazati jednu te istu pojavu, inače ogled gubi svoj značaj, dolazi do narušavanja discipline, učenici gube interes i pažnju i slabi se sposobnost usvajanja nastavnog gradiva. Posmatranje demonstracionog ogleda nikad ne može biti tako duboko kao kad učenici lično izvode pojavu kod svojih stolova. Laboratorijski radovi dopunjavaju sve ostale forme izučavanja fizike i potpomažu u rešavanju ovog zadatka u celini, a ne samo delimično kao što bi proizašlo iz primene samo demonstracionog ogleda. Često izgleda posle demonstracije da su učenici razumeli i usvojili novi pojam ili zakon, no ipak se kasnije pokaže da nije tako.

Demonstarcioni ogled treba da bude *izražajan* što znači da treba izabrati takav ogled, uređaj ili pojavu koji nije složen i koji ne zahteva dublja razmatranja da bi se data pojava ili zakon mogli objasniti i upoznati. Neophodno je birati jednostavnije uređaje u kojima se jasno ističu glavni delovi kako svojom

komplikovanošću ne bi odvlačili pažnju učenika od onoga što je bitno. Iz istog razloga i pojave koje prate osnovnu radnju moraju da budu svedene na minimum. Glavna karakteristika demonstracionih ogleda mora biti jednostavnost izvođenja i minimum korišćenja opreme i vremena, tako da ih i učenici sami mogu pripremiti i izvoditi. Uz to je veoma važna njihova očiglednost i povezanost sa događajima iz okruženja. Poželjno je da ogled sem što je dobro pripremljen i izведен izazove mađioničarsku atraktivnost i neočekivanost i time emotivno probudi učenike i dodatno izazove njihovu pažnju.

5. OBRADA NASTAVNE JEDINICE

„POVRŠINSKI NAPON I KAPILARNE POJAVE“

Na jednom nastavnom času mogu se rešavati različiti didaktički zadaci, ali jedan od njih mora biti glavni. Posebnu pažnju treba posvetiti iscrpnom izlaganju novog gradiva. Izlaganje mora biti prožeto slikovitošću, emocionalnošću, jasnoćom i pravilnošću jezika. Ovaj didaktički zadatak nije poželjno kombinovati sa drugim didaktičkim zadacima. Da bi nastavni proces mogao da se realizuje potrebno je da bude dobro organizovan i da se vodi po određenim, usvojenim pravilima. Strukturne jedinice dobro postavljenog časa su: priprema učenika za obradu teme časa pri čemu se unapred određuje nivo znanja koje učenici treba da dobiju na datom času, ponavljanje i primena znanja, sistematizacija pojedinih oblasti programa i domaći zadaci. Formiranje fizičkih pojmoveva predstavlja jedan od najvažnijih zadataka nastavnika. Posmatranje različitih pojava, njihova analiza, nalaženje opštih crta u njima razvija učeničko mišljenje. U nastavnom procesu nužno je koristiti metode logičkog mišljenja ili metode naučnog istraživanja. Primena naučnih zakona u praksi u velikoj meri zavisi od toga da li je učeničko mišljenje razvijeno na odgovarajući način. Treba posvetiti punu pažnju pri pravilnom formulisanju fizičkih zakona, ali takođe moramo voditi računa i o sredstvima koja se koriste pri demonstraciji, da bi učenicima mogli dobro predstaviti te zakone. U toku sledećih časova učenici će imati priliku da iz poznatih zakona, primenjujući ih prilikom objašnjenja niza činjenica, sami izvode zaključke. Realizacija ove metode u nastavi fizike jača logičku stranu nastavnog gradiva koje se izlaže.

PRIPREMA ZA IZVOĐENJE ČASA :

Nastavna tema: Međumolekularne sile i agragatna stanja

Nastavna jedinica: Površinski napon i kapilarne pojave

Tip časa: Obrada novog gradiva

Obrazovni nivo: Razumevanje i samozaključivanje

Nastavne metode: Dijaloška, demonstraciona

Oblik rada: Frontalni

Nastavna sredstva: Pribor za demonstriranje datih ogleda

Vremenska artikulacija: Uvodni deo: 5 min.

Glavni deo: 35 min.

Završni deo: 5 min.

Uvodni deo časa: Ponavljanje međumolekularnog dejstva između molekula tečnosti, gasova i čvrstog tela koje je bitno, kao predznanje, za izvođenje nastavne jedinice. Ukažati na to koliko je bitno znati molekularnu strukturu tela za objašnjenje nekih fizičkih pojava. Ponoviti zakon spojenih sudova, koji su učenici učili još u sedmom razredu, jer će se u izlaganju novog gradiva upoznati sa slučajem kada tečnost odstupa od ovog zakona.

Glavni deo časa: Glavni deo časa bi bio posvećen izvođenju demonstracionih ogleda od strane nastavnika sa aktivnim učešćem učenika. Pri izlaganju gradiva koristi se nastavna metoda dijalog putem koje nastavnik svojim izlaganjem navodi učenike da sami dođu do zaključka. Iz razloga što se učenici prvi put susreću sa ovim pojmovima nastavnik mora obratiti pažnju da pravilno usvoje terminologiju. Analiza primera iz svakodnevnog života koji dovodi do pojma površinskog napona, adhezije, kohezije i kapilarnosti. Ogledi su unapred pripremljeni i postavljeni na sto tako da budu uočljivi za svakog učenika. Najpre se, pri proučavanju pojava ili svojstva materije, objašnjavaju kvalitativne osobine koje se i zapažaju, najpre, kod ogleda. Bitno je ukazati učenicima na uslovljenost makroosobina fizičkih tela od njihove mikrostrukture. Učenicima treba postaviti

pitanja tokom izlaganja. Pitanja moraju biti kratka, jasna, precizna i razumljiva. Naravno da pojave moramo objasniti ali sam eksperiment već približava učenike potrebnom odgovoru. Radi objašnjenja nekog pitanja treba poći od izvesnih primera i iskustava i od pojava koje su oni posmatrali. Ne možemo očekivati od njih da sami formulišu zakon. Nastavnik uopštava njihove odgovore, ukazuje na to da isti rezultat dobijemo i u slučajevima kada koristimo druge primere. Nastaviti sa formiranjem veštine da se na osnovu izvršenih ogleda dolazi do zaključka. Upoređivanjem eksperimenta i analizom prirodnih fenomena, pri čemu se zanemaruje ono što nije bitno u pojavi, treba navesti učenike na pravilan zaključak. Značajno je da nastavnik tako organizuje nastavni proces da se učenici nađu u situaciji kao da otkrivaju već poznate istine, nalik malim istraživačima. Zadatak svih nastavnika je da nauče učenike da pravilno koriste terminologiju fizike, da umeju da izražavaju svoje znanje sa jasnim i tačno usvojenim izrazima. Demonstracioni ogledi koji se izvode na času su prikazani u petom poglavljju.

Završni deo časa: Procena stečenog znanja i usvojenih pojmova, u toku date tematske jedinice, putem demonstracionih eksperimenata. Obnoviti osnovne postavke teorije o površinskom naponu i kapilarnosti i podvući da one proističu iz ogleda i da se ogledima potvrđuju. Zadati domaći zadatak da sami izvrše neke eksperimente koji su za njih još nepoznati, da obeleže svoja zapažanja i da primene usvojena znanja tokom analize. Provera usvojenih znanja osim funkcije kontrole ispunjava i drugu funkciju naprimer da određuje nedostatke u radu samog nastavnika.

CILJ RADA:

- objašnjavanje uzajamnog delovanja molekula tečnosti
- definisanje sile površinskog napona
- definisanje koeficijenta površinskog napona
- osposobljavanje za samostalno rukovanje nepoznatim merilima i priborom
- razvijanje sposobnosti za jednostavna istraživanja, opažanja i upoznavanja razlika
- sticanje novih znanja
- korelacija znanja sa biologijom, hemijom i drugim prirodnim naukama

- podsticanje upornosti i istrajnosti u radu
- podsticanje motivacije i interesovanja za prirodne nauke

ZADACI NASTAVE:

- da shvate i razumeju značaj površinskog napona i kapilarnosti u prirodi i u svakodnevnoj praksi
- uočavanje dejstva privlačnih sila između molekula tečnosti
- razvijanje naučnog načina mišljenja, samostalnosti i snalažljivosti u radu
- logičko zaključivanje i kritički prilaz rešavanju problema
- razvijanje radnih navika kod učenika
- produbljivanje radoznalosti i interesovanja za prirodne fenomene
- uticati na učenike da shvate značaj ove teme i za ostale prirodne nauke
- uočavanje povezanosti fizike sa drugim naukama i odnosa teorije i eksperimenata
- upoznavanje najbitnijih pojmova: površinski napon, kapilarnost, adhezija, kohezija

NOVI USVOJENI POJMOVI:

površinski napon - ponašanje površine tečnosti, usled dejstva međumolekularnih sila, kao zategnute elastične opne

koeficijent površinskog napona - sila koja dejstvuje na jedinicu dužine slobodne površine tečnosti.

adhezija - sila privlačenja između molekula različite vrste

kohezija - sila privlačenja između molekula iste vrste

meniskus - zakrivljena slobodna površina tečnosti u kapilari

kapilar - uska cev unutrašnjeg poluprečnika oko 1mm

ugao kavašenja - ugao θ između tangente na površinu tečnosti i površine čvrstog tela sa kojom se tečnost dodiruje

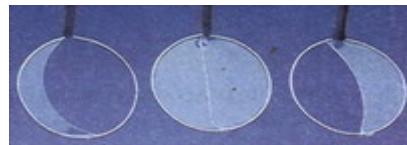
5.1 PREDLOG DEMONSTRACIONIH OGLEDA

Za obradu nastavne jedinice „Površinski napon i kapilarne pojave“ odabrano je 10 jednostavnih ogleda. U ogledima 5.1.1 – 5.1.6, demonstrira se pojava površinskog napona. Posebno je interesantan ogled sa plutanim čepom kojim se demonstrira delovanje površinskog napona i sa unutrašnje strane površinskog sloja tečnosti odnosno ispod prividne opne. U ogledima 5.1.7-5.1.9 demonstrira se delovanje međumolekulske sila (koheziona i adheziona). Ogledom 5.1.10 demonstrira se kapilarna pojava. Putem nekih ogleda učenicima možemo ukazati na značaj povezanosti biologije i hemije sa fizikom.

5.1.1. OGLED: Opna od sapunice

CILJ OGLEDA: Ogled daje informacije o dejstvu i osobini sila površinskog napona. Učenici mogu primetiti da je opna elastična i podleže deformaciji. Pokazati dejstvo sile površinskog napona na konac sa težnjom da površinu svede na minimalnu vrednost. Ukazati na to da površinske sile deluju u ravni površine i da su normalne na konac.

POTREBAN MATERIJAL: žica preseka 1 do 1.5mm, konac, voda, sapun, glicerin



Slika 5.1 Različiti oblici opne od sapunice

TOK RADA: Napraviti sapunicu od vode, sapuna i glicerina. Za žičani prsten, prečnika nekoliko centimetara, privezan je konac kao na slici 5.1. Kada se prsten i konac potope u sapunicu i izvuku, obrazovaće se na prstenu tanka opna tečnosti na kojoj konac zauzima proizvoljan oblik. Pomeranjem rama konac će menjati položaj u ravni opne i uvek će se nalaziti u ravnotežnom stanju. Ako se opna probije sa jedne strane konca, konac će se zategnuti prema drugoj strani. Slično se može pokazati i sa pravougaonim ramom čije su dve paralelne stranice žice, a druge dve strane su napravljene od konca. Potopimo ram u sapunicu i posle izvlačenja pravougaoni ram više neće biti pravougaoni, opna će povući konce i oni će se iskriviti ka unutrašnjosti opne. Ako uzmemo pravougaoni ram, čija je jedna stranica napravljena od konca, pri potapanju u tečnost od sapunice, opna koja se

stvorila na njemu povući će konac i obrazovaće minimalnu površinu. Možemo vezati konac za tu stranicu koja je napravljena od konca i delovanjem sile na njega možemo deformisati opnu. Čim prestane dejstvo sile opna će zauzeti početni položaj.

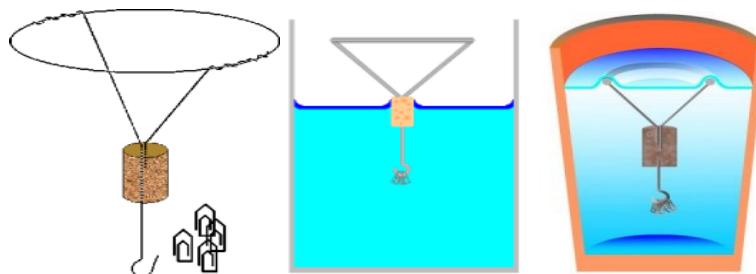
OBJAŠNJENJE: Svaka tečnost teži da ima što manju slobodnu površinu i zato deluje silama površinskog napona na svaku konturu. Delovanjem sile površinskog napona dolazi do zatezanja konca i konac će biti povučen od preostalog dela opne, težeći da smanji svoju površinu. Opna vuče konac silama koje su na njega normalne i koje su u ravni opne. Svakako da su iste sile dejstvovale i pre nego što je deo opne raskinut, ali pošto je opna bila na obema stranama konca, ukupna sila kojom je opna dejstvovala na konac bila je jednaka nuli i konac se nalazio u ravnotežnom stanju.

5.1.2. OGLED: Plutani čep

CILJ OGLEDA: Demonstrira delovanje površinskog napona sa unutrašnje strane površinskog sloja tečnosti, odnosno ispod prividne opne. Ukazuje na to da površinski napon deluje ne samo sa spoljašnje nego i sa unutrašnje strane tečnosti.

POTREBAN MATERIJAL: žica preseka 1 do 1.5mm, savijena u prsten poluprečnika 5cm, plutani čep, spajalice

TOK RADA: Da bi izveli ovaj eksperiment potrebno je napraviti poseban plovak. Inače plovak pluta na površini vode (kako mu je težina manja od potiska), ali ako ga potisnemo ispod vode u ovom slučaju neće moći da izroni. Plovak se sastoji od žičanog prstena učvršćenog na čep od plute, kao što pokazuje slika 5.2.



Slika 5.2 Plovak na površini i ispod površine vode

S donje strane čepa pruža se žica koji se završava sa malom kukom. Kuka nam služi za vešanje tega od spajalica za papir. Debljina žice, veličina spajalica koje ćemo obesiti na kuku nisu presudni, ali moraju biti odabrani tako da plovak stavljen u vodu pluta s prstenom visoko iznad površine, a čep jedva da izviruje. Kad je plovak gotov stavimo ga u duboku vodu i opterećujemo spajalicama sve dok ne postignemo da stabilno pliva s prstenom iznad površine. Ali kad ga potisnemo čitavog pod vodu on će ostati ispod površine vode. Ako želimo da ponovo izroni čep, treba kanuti alkohol na površinu vode.

OBJASNJENJE: Površinski napon će zadržati prsten ispod prividne opne. Plovak nema dovoljno veliku silu da probije opnu. To jest, razlika težine plovka i sile potiska podesi se spajalicama, tako da bude manja od sile potrebne za probijanje opne. Dakle, plovak potisnut rukom pod površinu vode ostaće ispod, zadržan silama kohezije.

5.1.3. OGLED: Spajalica na površini vode

CILJ OGLEDA: Ogled demonstrira postojanje površinskog napona zbog čega se površinski sloj tečnosti ponaša kao prividna elastična opna. Rezultujuća površinska sila sa silom potiska kompenzuje težinu tela i održava ga na površini vode iako je gustina tela veća od gustine vode.

POTREBAN MATERIJAL: metalni novčić ili spajalica, posuda sa vodom, cigaret papir



Slika 5.3 Novčić i spajalica plutaju po površini vode

TOK RADA: Na površinu vode možemo oprezno postaviti spajalicu ili novčić, tako da se zadrži na vodi i da ne potone (slika 5.3). Zašto ona ne potone, kad je gvožđe teže od vode? Moramo obratiti posebno pažnju pri postavljanju spajalice na površinu vode. Najpodesniji način da se ovaj eksperiment izvede je da na površinu vode stavimo cigaret papir i na njega spajalicu ili novčić. Kada cigaret papir upije vodu, on će pasti na dno dok će spajalica ostati na površini vode.

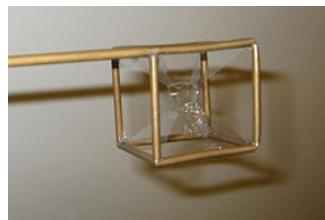
OBJAŠNJENJE: Tečnost se ponaša kao da na slobodnoj površini ima opnu. Ta prividna opna može da se deformiše i da se rastegne, a pritom se neće prekinuti. Kad prestane dejstvo sile, površina će se vratiti u prvobitno stanje. Oko novčića koji pliva na vodi, stvara se jedno, jedva primetno, udubljenje. Kako voda teži da zauzme na svojoj površini potpuno horizontalan položaj, površinski sloj tečnosti nastoji da to udubljenje ispravi, te na novčić vrši pritisak naviše i na taj način ga podupire.

5.1.4. OGLED: Platoov ogled

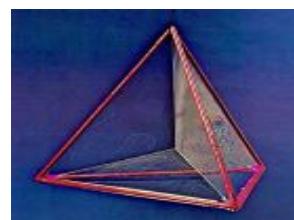
CILJ OGLEDA: Ogledom demonstriramo težnju opne tečnosti da zauzme najmanju moguću površinu, a to je oblik lopte. Korišćenjem različitih kontura učenici mogu da se uvere kako se površina opne kontrahuje.

POTREBAN MATERIJAL: žica, sapun, glicerin, voda, posuda

TOK RADA: Od žice napravimo različite geomtrijske oblike. U našem slučaju to je kocka i tetraedar. Potopimo ram u sapunicu i izvučemo ga. Tada se stvara opna koja će da zauzme najmanju moguću površinu (slika 5.4).



a)



b)

Slika 5.4 Najmanja površina opne od sapunice u slučaju: a) kocke, b) tetraedra

OBJAŠNJENJE: Prema opštem principu, svaki sistem u prirodi teži da zauzme takvo ravnotežno stanje u kome mu je potencijalna energija minimalna. Među svim telima iste zapremine najmanju površinu ima sfera. Opna će težiti da zauzme moguću najmanju površinu zbog ravnoteže pri čemu će nastati i takav oblik površine.

5.1.5 OGLED: Da li će voda iscureti?

CILJ OGLEDA: Jednostavan ogled koji pokazuje postojanje površinskog napona zbog kojeg nastala opna nedozvoljava vodi da se razlije iako na nju deluje težina tečnosti.

POTREBAN MATERIJAL: čaša, voda obojena nekom bojom, tanjur, metalni novčići



Slika 5.5. Delovajne površinskog napona - čaša i novčići

TOK RADA: Uzmemo čašu i sipamo do vrha vodu koja je predhodno obojena nekom bojom. Zatim je poklopimo tanjirom i okrenemo je da joj otvor bude na dole. Naravno, voda neće iscureti jer čaša leži na tanjiru. Pažljivo ubacujemo četiri novčića, jedan po jedan, ispod čaše tako da na kraju čaša dodiruje samo novčiće (slika 5.5), a između površine tanjira i čaše nastaje razmak od oko 3mm .

OBJAŠNJENJE: Zbog postojanja površinskog napona između tanjira i čaše stvoriće se opna koja ne dozvoljava tečnosti da se razlije.

5.1.6. OGLED: Kako može voda da se zadrži u situ?

CILJ OGLEDA: Dokazuje postojanje rezultujuće površinske sile na velikom broju malih opni koja zajedno sa atmosferskom pritiskom kompenzuje težinu tečnosti.

POTREBAN MATERIJAL: voda, čaša, sito ili gaza, gumica, karton papir

TOK RADA: Pokrijemo suvom gazom čašu i pričvrstimo je gumicom, a zatim sipamo vodu u čašu. Možemo primetiti da voda kroz suvu gazu dosta brzo napuni čašu. Potom stavimo karton papir na nju i okrenemo je. Lagano izvučemo karton i voda će iscuriti iz čaše mnogo sporije nego kada smo u nju sipali.

OBJAŠNJENJE: Zbog površinskog napona među sitnim otvorima mokre gaze stvaraju se opne. Nastala opna teže propušta vodu nego suva gaza gde su rupice slobodne. Težina tečnosti će se raspodeliti na mnoštvu mali opni i atmosferski pritisak će je zadržati u čaši. Ako malo iskrivimo čašu tako da na manji broj opni dolazi veća količina vode, ona će se izliti.

5.1.7. OGLED: Razbežani biber

CILJ OGLEDA: Dokazati postojanje takvih materija koje imaju osobinu da povećavaju ili, u našem slučaju, smanjuju površinski napon tečnosti. Takve materije nazivamo površinski aktivnim materijama, o kojima će učenici učiti na nastavi hemije. Na osnovu uloge sapuna pri smanjenju površinskog napona tečnosti ukazati na njegov značaj, naprimjer kod pranja veša.

POTREBAN MATERIJAL: crni biber, posuda sa vodom, tečni sapun



Slika 5.6. Dejstvo sapuna na površinski napon

TOK RADA: Sipamo vodu u posudu, zatim pospemo crni biber ravnomerno po površini vode. Kanemo tečni sapun u sredinu površine tečnosti i primetićemo da će se biber razbežati ka ivici suda. Pri svakom novom izvođenju eksperimenta koristimo čistu vodu i čisto posuđe (slika 5.6).

OBJAŠNJENJE: Površinski napon je na celoj površini isti kada smo stavili biber. Kada sredinu tretiramo sapunom, na tom mestu će se površinski napon smanjiti i doći će do pomeranja bibera ka ivici posude, odnosno ka površini gde je površinski napon veći. Površinski napon sapuna u odnosu na vazduh je manji nego od vode. Neke materije imaju osobinu da smanjuju ili povećavaju površinski napon , što se lako može objasniti njihovom molekularnom strukturu.

5.1.8. OGLED: Koliko novčića da ubacimo?

CILJ OGLEDA: Ogled pokazuje da je opna tečnosti veoma elastična i podleže deformaciji. Ubacivanjem novčića povećavamo površinu te opne koja se stvorila zbog površinskog napona, ali ona istovremeno i teži da se skupi na najmanju moguću vrednost.

POTREBAN MATERIJAL: posuda sa vodom, novčići



Slika 5.7 Prividna opna tečnosti

TOK RADA: Napunimo posudu sa vodom skroz do vrha. Polako ubacujemo novčice jedan po jedan. Iako je posuda napunjena vodom skroz do vrha, moći ćemo da ubacimo dosta novčića, a da pritom voda ne iscuri iz nje. Ako je pomerimo opna će samo da talasa, odnosno da vibrira, ali voda će i dalje ostati u posudi (slika 5.7).

OBJAŠNJENJE: Zbog površinskog napona stvoriće se opna na površini vode, koja je elastična i lako se deformiše. Razlog te pojave je dejstvo međumolekularnih sila između čestica tečnosti, vazduha i čvrstog tela, odnosno čaše.

5.1.9. OGLED: Kako podići kuglicu od voska a da je ne dodirnemo?

CILJ OGLEDA: U prvom delu ogleda učenici mogu da primete da voda ne kvasi vosak. Treba im obratiti pažnju na to da voda kvasi neke materije a neke nekvase, pri tome možemo i navesti neke primere. Bitno je kod ovog ogleda naglasiti da zahvaljujući površinskom naponu, koji ponovo stvaramo pri pokrivanju potonule kuglice teglom, možemo kuglicu podići ponovo na površinu tečnosti.

POTREBAN MATERIJAL: dublja posuda sa vodom, tegla, vosak, čiode



Slika 5.8. Voda nekvasi vosak

TOK RADA: Napravimo malu kuglicu od voska prečnika 2-3 cm, napunimo posudu sa vodom i stavimo kuglicu na površinu vode. Kuglica će plutati na vodi(slika 5.8) jer je gustina voska manja od gustine vode. Ako ubadamo u kuglicu čiode jednu po jednu povećavaćemo srednju gustinu kuglice sve dok ne dobijemo približnu, ali malo veću gustinu od vode. Tada je postavimo na površinu vode, ali veoma pažljivo. Primetićemo da kuglica neće potonuti nego će plutati tako što joj samo mali deo viri napolje. Ako je gurnemo ispod površine vode guglica će potonuti na dno suda. Na telo ispod vode deluje samo sila teže i mala sila potiska. Zatim, uzmemmo teglu i pokrijemo potonulu kuglicu. Ako polako pomeramo teglu nagore, možemo je izvući lagano i ponovo dovesti kuglicu na površinu vode (slika 5.8).

OBJAŠNJENJE: Voda ne kvasi vosak i oko površine voska će se malo podići tečnost. Sila koja potiče od površinskog napona voda-vosak-vazduh imaće smer kao i potisak i tako slabi silu teže. Vazduh koji se nalazi u tegli stvorice ponovo površinski napon između vode, vazduha i voska, dodaje se sili potiska i kuglica će ponovo izaći na površinu vode.

5.1.10. OGLED: Obojena salveta

CILJ OGLEDA: Pokazati učenicima da zbog kapilarnih pojava, tečnost se podiže kroz čitav splet kapilara i kiasi materiju iako nije cela potopljena u tečnost. Veoma jednostavan ogled, ali daje objašnjenje na to kako se biljke hrane, što je veoma bitno da učenici shvate jer se susreću sa time i u nastavi biologije. Poželjno je spomenuti da kapilarnost može da bude kako korisna tako i štetna pojava (vlaženje zidova kod građevine, brže se osuši zemljište itd.)

POTREBAN MATERIJAL: salveta, obojena voda, posuda

TOK RADA: Uzmemo salvetu i umočimo joj kraj u vodu koja je predhodno obojena. Primetićemo da će salveta upijati tečnost do neke visine koja ni ne dodiruje površinu tečnosti.



Slika 5.9. Kapilarna pojava

OBJAŠNJENJE: Zbog pojave kapilarnosti porozne materije u kojima je čitav splet kapilara, potpuno se mogu nakvasiti i ako nisu celom zapreminom u vodi. Takvu strukturu ima i salveta. Uzrok ove pojave se objašnjava postojanjem sile adhezije i kohezije.

6. ZAKLJUČAK

Fizika je dinamična, eksperimentalna nauka i sve njene teorije se oslanjaju na eksperimente i zajedno sa iskustvom služe kao jedini dokaz njihovog potvrđivanja. Uz pomoć iskustva, teorije i eksperimenata, omogućava se formiranje fundamentalnih naučnih shvatanja, koja će učenik kasnije koristiti u rešavanju teoretskih i praktičnih problema sa kojima se susreće u životu. Često se dešava da učenici dobijaju u školi čisto formalno znanje u granicama gradiva propisanog programom i ne mogu da rešavaju prosta praktična pitanja ili da protumače fizičke pojave koje nisu objašnjene u udžbeniku. Savremeni nastavni proces treba da bude zasnovan na zajedničkom radu nastavnika i učenika. Od učenika se zahteva da budu aktivni, a od nastavnika da bude spreman i kreativan. Dobra i uspešna nastava daje učenicima potrebno predznanje, uvodi ih u proces mišljenja, upoznaje ih sa postupcima koji im olakšavaju pronalaženje odgovora na probleme koji se pojavljuju.

Diplomski rad prikazuje jednu od mogućnosti obrade nastavne tematske jedinice: „Površinski napon i kapilarne pojave“ koja se predaje u gimnaziji drugog razreda u okviru nastavne teme: “Molekulske sile i agregatna stanja”. Da bi se ciljevi i zadaci nastave fizike ostvarili, u okviru ove nastavne jedinice, izvedeni su jednostavni ogledi po već stečenim predznanjima o delovanju međumolekularnih sila. Prikazani su neki primeri iz svakodnevice koji potvrđuju značaj ove teme u cilju boljeg i pristupačnijeg shvatanja pojmoveva kao što su površinski napon, kapilarnost, adhezija i kohezija. Posmatranjem osnovnih pojava učenici proširuju svoje predstave o uzajamnoj povezanosti i uzročnoj uslovljenosti prirodnih pojava. Treba ukazati i na to da ljudsko saznanje nema granicu i da u prirodi ne postoje takve pojave koje se ne mogu objasniti, jedino postoje pojave koji još nisu poznate. Ovakav koncept nastave zahteva i omogućava primenu savremenih oblika i metoda rada u nastavnom procesu, posebne metode otkrivanja i rešavanja problemskih zadataka, razvija sposobnost za eksperimentalni rad, posmatranje, uočavanje i zaključivanje. Primenom metode demonstracionih ogleda u izlaganju gradiva, učenici produbljaju svoja znanja, pokazuju za to znanje veći interes, aktiviraju se i stiču trajnija i operativnija znanja koja će lakše primeniti u novim problemskim situacijama.

7. LITERATURA:

1. NATAŠA ČALUKOVIĆ: Fizika za II razred Matematičke gimnazije - Krug, Beograd, 2003.
2. ŽIVKO K.KOSTIĆ: Između igre i fizike - Tehnička knjiga, Beograd, 1962.
3. D. OBADOVIĆ: Jednostavni ogledi u nastavi fizike (skripta), Novi Sad, PMF Departman za fiziku, 2006.
4. IVAN JANIĆ: Fizika - Novi Sad, 1988.
5. M. BUDINSKI: Praktikum eksperimentalnih vežbi iz fizike - Novi Sad, 1987.
6. ĐORĐE M. BASARIĆ: Metodika nastave fizike - Naučna knjiga, Beograd, 1979.
7. MILAN O. RASPOPOVIĆ: Metodika nastave fizike - Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd 1992.
8. GUSTAV ŠINDLER, BRANKO BEK: Primjena metode laboratorijskih radova u nastavi fizike, Školska knjiga, Zagreb, 1970.
9. WERNER HEISENBERG: Slika sveta savremene fizike - Epoha, Zagreb, 1961

Linkovi:

1. http://metal.elte.hu/~phexp/tart/tt_ffs.htm
2. <http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/FeluFesz.htm>
3. http://hu.wikipedia.org/wiki/Felületi_feszültség

KRATKA BIOGRAFIJA:



Banjari Aniko, rođena 02.04.1979 godine. Završila osnovnu školu i gimnaziju u Bečeju. Zaposlena u Tehničkoj školi u Bečeju.

UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO - MATEMATIČKI FAKULTET
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije: Monografska dokumentacija

TD

Tip zapisa: Tekstualni štampani materijal

TZ

Vrsta rada: Diplomski rad

VR

Autor: Aniko Banjari

AU

Mentor: dr. prof Dušanka Obadović

MN

Naslov rada: Obrada nastavne jedinice " Površinski napon i kapilarne pojave " za gimnazije

NR

Jezik publikacije: srpski (latinica)

JP

Jezik izvoda: srpski/engleski

JI

Zemlja publikovanja: Srbija

ZP

Uže geografsko područje: Vojvodina

UGP

Godina: 2010

GO

Izdavač: Autorski reprint

IZ

Mesto i adresa: Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

MA

Fizički opis rada: 7/58/2/42/0/0

FO

Naučna oblast: Fizika

NO

Naučna disciplina: Demonstarcioni eksperimenti u nastavi fizike

ND

Predmetna odrednica/ ključne reči: Površinski napon i kapilarne pojave / nastava fizike u gimnaziji

PO

UDK

Čuva se: Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

ČU

Važna napomena: nema

VN

76

Izvod: U radu je prikazana obrada tematske jedinice „Površinski napon i kapilarne pojave“. Pored teorijskog objašnjenja osnovnih karakteristika površinskog napona i kapilarnosti, prikazani su i jednostavni demonstracioni ogledi za učenike gimnazije drugog razreda , koji omogućuju učenicima da na lak i jednostavan način usvoje osnovne pojmove i zakone.

IZ

Datum prihvatanja teme od NN veća: 20.10.2010

DP .

Datum odbrane: 29.10.2010

DO

Članovi komisije: Predsednik: Dr Dušan Lazar, red.prof.

Član: Dr. Milica Pavko-Hrvojević, vanred.prof.

Član: Dr. Dušanka Obadović, red.prof.

UNIVERSITY OF NOVI SAD

FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type: Monograph publication

DT

Type of record: Textual printed material

TR

Content code: Final paper

CC

Author: Aniko Banjari

AU

Mentor/comentor: Dr. prof Dušanka Obadović

MN

Title: Treatment Themes Unit: " SURFACE TENSION AND CAPILLARITY "in gymnasium

TI

Language of text: Serbian (Latin)

LT

Language of abstract: English

LA

Country of publication: Serbia

CP

Locality of publication: Vojvodina

LP

Publication year: 2010

PY

Publisher: Author's reprint

PU

Publication place: Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

PP

Physical description: 7/58/2/42/0/0

PD

Scientific field: Physics

SF

Scientific discipline: Demonstrative experiments in teaching

SD

Subject/ Key words: surface tension/capillarity/high-school physics teaching

SKW

UC

Holding data: Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića

HD

Note: none

N

Abstract: This paper presents a thematic analysis of the "Surface tension and capillary phenomena". In addition to theoretical explanations of the basic characteristics of surface tension and capillary, simple demonstration experiments for second grade high school students which allow students to adopt the basic concepts and laws in an easy way have also been shown.

AB

Accepted by the Scientific Board: 20.10.2010

ASB

Defended on: 29.10.2010

DE 2010

DB

Thesis defend board:

President: : Ph.D. Dušan Lazar, full prof.

Member: Ph. D. Dušanka Obadović, full prof.

Member: Ph. D.Milica Pavkov-Hrvojević, full prof.