

Visoka tehni ka škola strukovnih studija  
u Novom Sadu

**Verica Milanko  
Tatjana Božovi**

# **PREVENTIVNA ZAŠTITA OD POŽARA**

**PRAKTUKUM ZA LABORATORIJSKE VEŽBE**

Novi Sad, 2017. godina

Izdava :  
Visoka tehni ka škola strukovnih studija u NovomSadu

AUTOR:  
prof. dr Verica Milanko  
msc. Tatjana Božovi

Dizajn korica:  
msc. Tatjana Božovi

Tehni ka obrada:  
msc. Tatjana Božovi

Štampa:  
Visoka tehni ka škola strukovnih studija u Novom Sadu

Prvo izdanje

Tiraž:  
100 KOMADA

# SADRŽAJ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>VEŽBA 1:</b>   |           |
| MERENJE TEMPERATURE .....   | 1         |
| <b>OCENA OPASNOSTI OD POŽARA RAZLIČITIH MATERIJA .....</b>                      | <b>8</b>  |
| Klasifikacija materija prema ponašanju u požaru .....                           | 10        |
| <b>Vežba 2:</b>   |           |
| PROBNO ODREĐIVANJE GORIVOSTI ILI NEGORIVOST<br>MATERIJALA U „TIGL PEČI“ .....   | 12        |
| <b>Vežba 3:</b>   |           |
| ODREĐIVANJE GORIVOSTI MATERIJALA<br>PREMA STANDADNOJ SRPS METODI .....          | 14        |
| <b>Vežba 4:</b>   |           |
| ODREĐIVANJE GRUPE GORIVOSTI METODOM „OGNJENE CEVI“ .....                        | 18        |
| <b>Vežba 5:</b>   |           |
| ODREĐIVANJE ZAPALJIVOSTI PLASTIČNIH MASA<br>„PROBOM INICIJALNOG PALJENJA“ ..... | 21        |
| <b>Vežba 6:</b>   |           |
| ODREĐIVANJE ZAPALJIVOSTI PODNIH OBLOGA<br>OD PLASTIČNIH MASA I GUME.....        | 23        |
| <b>METODE ODREĐIVANJA TEMPERATURE PALJENJA<br/>TEČNIH MATERIJA.....</b>         | <b>25</b> |
| <b>Vežba 7:</b>   |           |
| ODREĐIVANJE TEMPERATURE PALJENJA PO ABEL-PENS .....                             | 27        |
| <b>Vežba 8:</b>   |           |
| ODREĐIVANJE TEMPERATURE PALJENJA PO METODI PENSKY-MARTENSA ...                  | 29        |
| <b>Vežba 9:</b>   |           |
| ODREĐIVANJE TEMPERATURE PALJENJA<br>U OTVORENOM SUDU PO MARKUSONU .....         | 31        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>METODE ODRE IVANJA SAMOPALJENJA .....</b>   | <b>34</b> |
| <b>Vežba 10:</b>   |           |
| ODRE IVANJE TEMPERATURE SAMOPALJENJA GASOVA I PARA<br>STANDARDNOM SRPS METODOM ..... | 35        |
| <b>Vežba 11:</b>   |           |
| ODRE IVANJE SAMOPALJIVOSTI MASTI I ULJA .....  | 38        |
| <b>Vežba 12:</b>   |           |
| ODRE IVANJE JODNOG BROJA ULJA .....  | 41        |
| <b>Vežba 13:</b>   |           |
| ODRE IVANJE SADRŽAJA ULJA U ULJARICAMA.....  | 43        |

|                            |        |        |
|----------------------------|--------|--------|
| <b>Vežba 1:</b>            | Datum: | Overa: |
| <b>MERENJE TEMPERATURE</b> |        |        |

Temperatura je stepen zagrejanosti nekog tela ili sistema. Izražava se u različitim temperaturnim skalama *Celzijusova*, *Apsolutna*, *Reomirova*, *Farenhajtova*. Apsolutna temperatura (T) izražava se u stepenima **Kelvinove** skale, gde nulti podeljak označava teorijski najnižu moguću temperaturu od 0 K *apsolutnu nulu*. Na Celzijusovoj skali to je temperatura od  $-273,15^{\circ}\text{C}$ . Odnos temperaturnih skala dat je u tabeli 1.

Tabela 1. Odnos temperaturnih skala

| Naziv skale  | Oznaka             | Nula skale  | Gornja tačka skale  | Prelaz iz jedne skale u drugu                              |
|--------------|--------------------|---|---|--|
| Celzijusova  | $^{\circ}\text{C}$ | smrzavanje vode<br>$0^{\circ}\text{C}$                                  | ključanje vode $100^{\circ}\text{C}$  | $^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(F - 32) = \frac{5}{4}R$    |
| Reomirova    | $^{\circ}\text{R}$ | smrzavanje vode<br>$0^{\circ}\text{R}$                                  | ključanje vode $80^{\circ}\text{R}$   | $^{\circ}\text{R} = \frac{4}{5}C = \frac{4}{9}(F - 32)$    |
| Farenhajtova | $^{\circ}\text{F}$ | temp. dobijena<br>mešanjem leda,<br>vode i nišadora $0^{\circ}\text{F}$ | topljenje leda $32^{\circ}\text{F}$ , ključanje vode $212^{\circ}\text{F}$ i temp. ovekovog tela $26^{\circ}\text{F}$ | $^{\circ}\text{F} = \frac{9}{4}R + 32 = \frac{9}{5}C + 32$ |
| Apsolutna    | K                  | apsolutna nula<br>$0\text{ K} = -273,15^{\circ}\text{C}$                |   | $\text{K} = 273,15 + t^{\circ}\text{C}$                    |

Merenje temperature, kao veličine, najčešće je pri fizičko-hemijskim ispitivanjima.

Temperatura se ne može direktno meriti već se mere veličine koje se menjaju sa promenom temperature.

Izbor metode merenja temperature zavisi, pre svega, od intervala temperature, od tačnosti koja se pri merenju želi postići, kao i od drugih specifičnih uslova merenja.

Za merenje temperature koriste se sledeće vrste termometara:

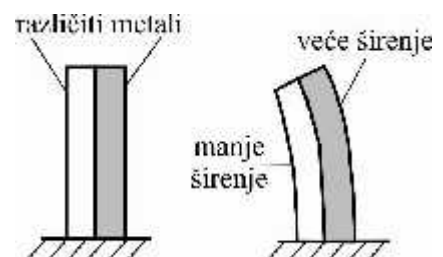
1. ekspanzioni termometri,
2. električni termometri,
3. radijacioni termometri,
4. termoindikatorni.

## 1. EKSPANZIONI TERMOMETRI

Kod ovih termometara za merenje temperature koristi se fenomen termičke ekspanzije. Ekspanzija vrstih tela primenjuje se, uglavnom, kod bimetalnih elemenata, dok se širenje tečnosti ili gasova koristi u termometrima sa tečnostima i sa gasovima.

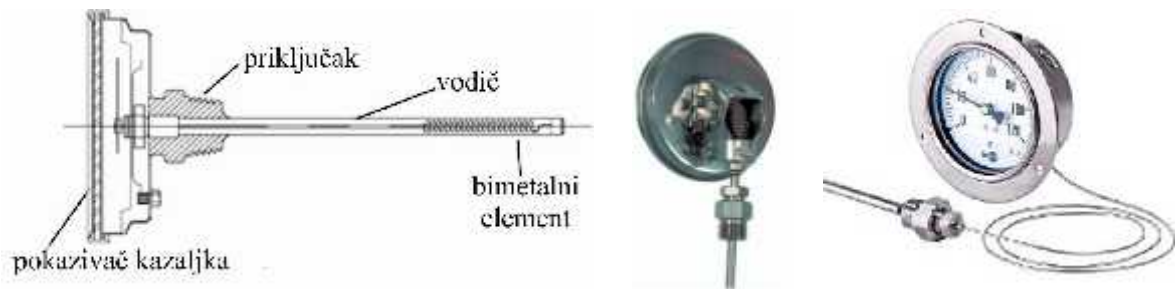
### 1.1. Bimetalni termometri

Bimetalni termometri (slika 1) su napravljeni od dve međusobno spojene metalne trake koje imaju različite koeficijente širenja. Pri promeni temperature dolazi do različitog širenja ili skupljanja metala, usled čega se traka uvija. Uvijanje trake se prenosi mehanizmom na kazaljku koja na empirijski graduisanoj skali pokazuje temperaturu.



Ovi termometri upotrebljavaju se, uglavnom, za tehni ka merenja, a služe i kao kontrolni elementi u temperaturskim sistemima, pretežno za stanje uklju eno - isklju eno.

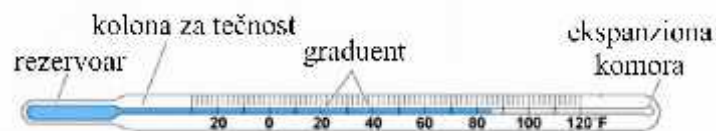
Interval njihove primene je od  $-80^{\circ}$  do  $550^{\circ}\text{C}$ .



Slika 1. Bimetalni termometri

## 1.2. Termometri sa te noš u

Termometri sa te noš u (slika 2) sastoje iz staklenog rezervoara u obliku kugle ili cilindra, koji se produžava u kapilarnu cev. Pored kapilarne cevi nalazi se graduisana skala. Termometrijska te nost ispunjava ceo rezervoar i deo kapilarne cevi. Pri promeni temperature menja se zapremina te nosti i usled toga visina stuba u kapilarnoj cevi. Ova promena visine pokazu je promenu temperature.



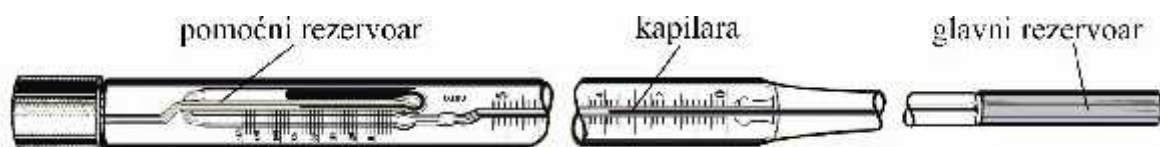
slika 2. Termometri sa te noš u

Najrasprostranjeniji termometri ovakvog tipa su termometri sa živom, živini termometri. Opseg merenja živinih termometara je od  $-35^{\circ}\text{C}$  do  $300^{\circ}\text{C}$ . Ograni en je ta kom o vrš avanja žive od  $-38^{\circ}\text{C}$  i ta kom klju anja žive od  $356,66^{\circ}\text{C}$  na pritisku 101,325 Pa. Gornja granica merenja ovih termometara može se pove ati na taj na in što se prostor u kapilarnoj cevi iznad žive ispuni nekim inertnim gasom (azotom, argonom) pod pritiskom. Na ovaj na in se, uz primenu specijalnog (teško topivog) stakla, omogu ava merenje temperature do  $600^{\circ}\text{C}$ , a uz upotrebu kvarcnog stakla i do  $750^{\circ}\text{C}$ .

Za merenje niskih temperatura, umesto žive koriste se slede e te nosti i to:

- alkohol do  $-60^{\circ}\text{C}$ ,
- toluol do  $-90^{\circ}\text{C}$ ,
- pentan do  $-200^{\circ}\text{C}$ ,
- mešavina propana i propilena do  $-218^{\circ}\text{C}$ .

Za merenje malih temperaturnih promena, od neke izabrane vrednosti koristi se **Bekmanov termometar**, to je termometar sa visokom ta noš u i osetljivoš u (slika 3).



Slika 3. Bekmanov termometar

Ovaj termometar ima poseban pomoćni rezervoar na svom gornjem delu, pomoćni u koga se podešava količina žive u glavnom rezervoaru i tako prilagođava za merenja pri različitim vrednostima temperatura. Najveći i opseg merenja je interval od  $5^{\circ}$  do  $6^{\circ}\text{C}$ , a skala je podeljena na intervale od  $0,01^{\circ}\text{C}$ . Pomoćni u lupe može se očitavati temperatura sa tačnošću od  $0,001^{\circ}\text{C}$ .

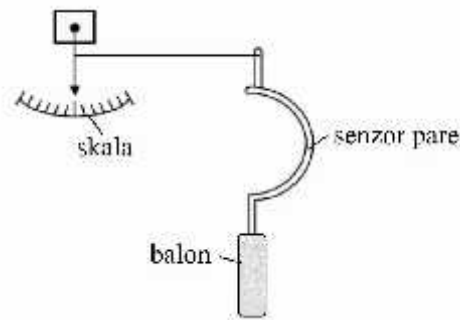
Za održavanje stalne temperature neke sredine, često se upotrebljava živin **kontaktni termometar** (slika 4). Kod ovog termometra jedna platinska žica električnog kola vezana je za živu u termometru, a druga se pomeranjem kroz kapilarnu cev namesti na željenu temperaturu. Kada živa u kapilarnoj cevi dostigne potrebnu visinu, električno kolo se zatvori i preko relejnog mehanizma isključi dalje zagrevanje sredine. Na ovaj način se temperatura može regulisati sa tačnošću od  $0,001^{\circ}\text{C}$ .



Slika 4. Živin kontaktni termometar

### 1.3. Termometri na bazi promene pritiska

Termometri na bazi promene pritiska sastoje se od senzorskog balona, spojne kapilarne cevi i uređaja za merenje pritiska u obliku Burdonove cevi, dijafragme ili talasaste cevi (slika 5).



Slika 5. Šematski prikaz termometra na bazi promene pritiska

Balon se puni tečnošću ili gasom. Ako se sistem puni tečnošću obično se koristi živa ili ksilen. Živa za temperaturni interval od  $38^{\circ}$  do  $600^{\circ}\text{C}$ , a ksilen od  $-100^{\circ}$  do  $400^{\circ}\text{C}$ . Za merenje niskih temperatura balon se puni gasom helijumom ili vodonikom, jer oni imaju najniže temperature kondenzacije.

Gasni termometri mogu se puniti i vazduhom ili azotom. Interval merenja gasnih termometara je od  $-130^{\circ}$  do  $420^{\circ}\text{C}$ .

Termometri sa pritiskom, bilo da su ispunjeni tečnošću ili gasom, registruju promenu temperature sa promenom pritiska u sistemu. Ova vrsta termometara se ne upotrebljava u uobičajenim laboratorijskim merenjima jer je nepraktična za rukovanje. Uglavnom se koriste za baždarenje drugih vrsta termometara zbog pravilnog (linearnog) širenja gasa pri promeni temperature.

## 2. ELEKTRI NI TERMOMETRI

Prednost ovih termometara nad ostalim je u tome što im se oblik može prilagoditi prema potrebi, imaju malu toplotnu inerciju, tj. za kratko vreme pokazuju temperaturu tela i pogodni su za kontrolisanje temperature sa jednog centralnog mesta.

Prema principu rada, postoje dve vrste ovakvih termometara:

- termometri sa elektri nim otporom,
- termoelementi.

### 2.1. Otporni termometri

Rad otpornih termometara zasnovan je na injenici da se elektri ni otpor materijala menja sa promenom temperature. Specifi ni otpor ve ine materijala pove ava se sa porastom temperature. Otpornost metala raste sa porastom temperature u granicama od 0,4 do 0,6% po jednom stepenu, u intervalu temperature od 0° do 100°C.

Promena otpora (R) sa temperaturom (T) može se prikazati jedna inom:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3 + \dots + \omega t^n)$$

gde je:

$R_t$  - otpornost na temperaturi  $t$

$R_0$  - otpornost na 0°C

$\alpha, \beta, \gamma, \dots, \omega$  - temperaturski koeficijenti otpora, koji zavise od vrste metala, a odre uju se eksperimentalno

Ako se jedna ina primenjuje u ograni enom opsegu temperatura, koeficijenti višeg reda se mogu zanemariti.

Otporni termometri se naj eš e izra uju od platine (-190°C do 660°C), a re e od bakra (-150°C do 250°C) i nikla (0°C do 325°C).

Ovakvi termometri se izra uju u raznim oblicima. Od radnog medijuma, ija se temperatura meri, termometri se zašti uju stavljanjem i zatvaranjem u cevi koje se izra uju od stakla, kvarca, porcelana i dr. Cevi mogu biti ispunjene gasom pod visokim pritiskom.

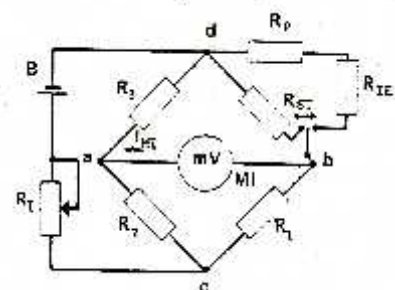
Otporni termometri su najosetljiviji od svih senzora temperature i mogu posti i ta - nost od 0,0001°C. Veoma su prikladni za merenje malih temperaturnih intervala, gde termo- parovi ne mogu da daju dovoljan izlazni elektri ni signal. Merni instrument je naj eš e Vitstonov most.

Pri laboratorijskim merenjima temperature i pri baždarenju koristi se tzv. kompenzaciona metoda. Otpor termometra može se meriti metodom ravnotežnog mosta ili metodom neravnotežnog mosta.

Otpori  $R_1, R_2, R_3$  su stalni otpori grana mosta,  $R_{TE}$  je otpor termometra, S je merni instrument (milivoltmetar) sa unutrašnjim otporom  $R_{MI}$ , RST je standardni otpornik, RF i RI su podesivi otpornici, a B - energetski izvor (baterija).

Ako se u mermo kolo uklju i otporni termometar, kroz merni instrument e proticati struja. Na ovaj na in uspostavljena je izvesna zavisnost izme u otklona kazaljke mernog instrumenta i otpora termometra, omogu avaju i da se zaklju i o vrednosti temperature termometra, odnosno temperaturi medijuma u koji je uveden termometar.

Za izradu otpornih termometara, pored metala, upotrebljavaju se i specijalne vrste poluprovodnika, tzv. **termistori**. Oni po sastavu predstavljaju smešu oksida metala i to: Cu, Co, Mn, Ni, Fe, Zn, Al, Ti, Mg.



Slika 6. Šematski prikaz neravnotežnog mosta za merenje otpora termometra



Proizvode se u raznim oblicima (u bliku zrna, šipki, diska, zaliveni u stakleni nosa i dr.) i raznim dimenzijama.

Elektri na otpornost termistora se smanjuje sa porastom temperature. Njihov hemijski sastav određuje specifi ni elektri ni otpor u vrlo širokom opsegu i ima vrednosti od 0,1 do  $10^9 \Omega\text{cm}$ .

Primena termistora se preporučuje za temperature od  $-100^\circ\text{C}$  do  $300^\circ\text{C}$  (u ovom opsegu rade stabilno). Posebni termistori, izradeni od oksida aluminijuma, koriste se za oblast visokih temperatura od  $800^\circ$  do  $1100^\circ\text{C}$ :

Glavni nedostatak termistora u odnosu na metalne otporne termometre je znatno manja stabilnost njihove elektri ne otpornosti.

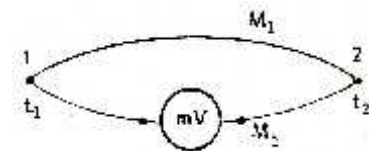
## 2.2. Termoelementi

Dva provodnika od razli itih materijala,  $M_1$  i  $M_2$ , vezanih u kolo, kako je prikazano na slici 7, daju sistem koji se naziva **termospreg**, **termoelemenat** ili **termopar**. Ako se spojevi nalaze na razli itim temperaturama, merni instrument će registrovati elektromotornu silu (EMS), koja se naziva i *termoelektromotorna sila*.

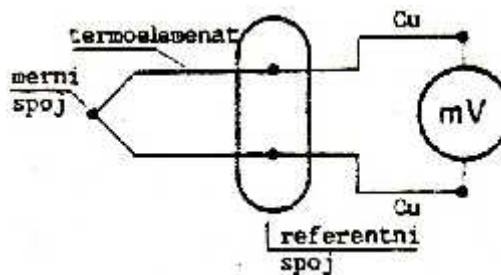
Veli ina elektromotorne sile zavisi od vrste materijala i od razlike temperatura dva spoja. Ako se temperatura jednog spoja održava konstantnom, elektromotorna sila zavisi samo od temperature drugog spoja.

Elektromotorna sila termoparova kreće se od nekoliko  $\mu\text{V}$  do oko 50 mV po jednom stepenu ( $^\circ\text{C}$ ).

Termoelementi se obično prave od dva različita metala u obliku žice, čiji se krajevi na jednoj strani spoje zavarivanjem ili lemljenjem. Ovaj spoj se naziva merni (glavni) spoj. Druga dva kraja žica termoelementa vezuju se, pri manje tačnim merenjima, direktno na instrument ( $\mu\text{V}$ , mV) za merenje elektromotorne sile. Pri tačnijim merenjima, kod kojih treba strogo održavati konstantnu temperaturu na kontaktima mernog instrumenta, na slobodne krajeve žica termoelementa spoje se provodnici od istog metala (obično Cu) i na taj način se ostvari tzv. sporedni ili referentni spoj. Referentni spoj se stavlja u sredinu čija se temperatura održava konstantnom, obično se koristi smeša vode i leda (slika 8).



Slika 7 Šema termoelementa



Slika 8. Šema termoelementa sa referentnim spojem

Elektromotorna sila se može meriti direktno pomoću pogodnog milivoltmetra, čija je skala obično graduisana u  $^\circ\text{C}$ . Pri tačnijim merenjima temperature koristi se tzv. kompenzacioni potencijometar koji omogućava merenje elektromotorne sile reda veličine nekoliko mV i tačnosti od 0,1 do  $0,01 \mu\text{V}$ .

U tabeli 2 data je zavisnosti elektromotorne sile (mV) od temperature ( $^\circ\text{C}$ ) za termoelemente koji su najčešće u upotrebi.

Tabela 2. Temperaturne granice nekih parova metala i njihovih legura

| Termoelemenat               | $t_{\max}$ [°C] |
|-----------------------------|-----------------|
| bakar-konstantan            | 400             |
| manganin-konstantan         | 700             |
| gvož e-konstantan           | 850             |
| nikl - hrom-nikl            | 1100            |
| platina - platina-rodium    | 1500            |
| iridijum - iridijum-rodijum | 2300            |
| volfram - volfram-molibden  | 2600            |

### 3. RADIJACIONI TERMOMETRI - PIROMETRI

Radijacioni termometri rade na principu detektovanja elektromagnetnog zračenja koje ima talasnu dužinu nalazi u vidljivom (opseg od 0,3 do 0,72  $\mu\text{m}$ ) i infracrvenom (opseg od oko 0,72 do oko 1000  $\mu\text{m}$ ) području elektromagnetnog spektra.

Pirometri se zasnivaju na Plankovim zakonitostima zračenja crnog tela, koji povezuju temperaturu tela sa intenzitetom zračenja.

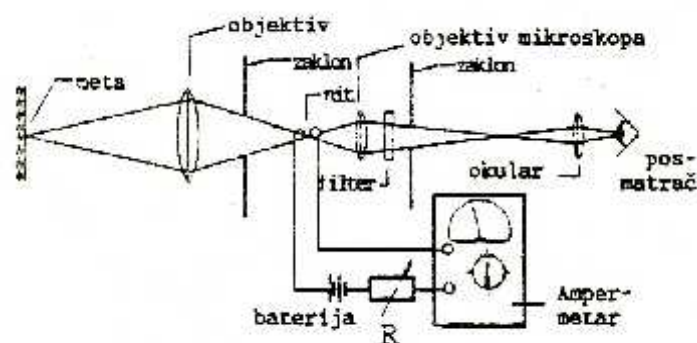
Prema principu po kome su napravljeni, oni se dele na pirometre koji mere ukupnu energiju zračenja (sve talasne dužine), i pirometre koji registruju zračenje samo određene talasne dužine (monohromatsko zračenje).

Najtačniji pirometar je optički termometar ili termometar monohromatskog svetlosnog zračenja.

#### 3.1 Optički termometar

U optičkim pirometrima upoređuje se intenzitet svetlosnog zračenja tela čija se temperatura određuje, sa intenzitetom svetlosnog zračenja usijanog metalnog vlakna, (volframovog) kroz koje se propušta električna struja.

Osnovni princip rada optičkog pirometra sa izoštravanjem niti prikazan je na slici 9.



Slika 9. Optički termometar sa izoštravanjem niti

Pirometrom se posmatra telo ili površina nepoznate temperature, a kroz metalno vlakno propušta električna struja. Objektiv obrazuje lik posmatranog tela na mestu gde se nalazi užareno vlakno. Ako sjaj vlakna (niti) nije jednak sjaju posmatranog tela, vlakno se raspoznaje na svetloj podlozi. Podešavanjem protoka struje kroz vlakno, podešava se da sjaj vlakna bude jednak sjaju posmatranog tela, tj. da se vlakno više ne raspoznaje. Jačina struje koja se meri na mernom instrumentu je mera sjaja vlakna, odnosno posmatranog tela, a time i njegove temperature. Skala mernog instrumenta obično je graduisana u  $^{\circ}\text{C}$ .

Optički pirometri meri se temperatura u opsegu od 700°C do 3000°C.

#### **4. TERMOINDIKATORI**

Termoindikatori su supstance ili smeše supstanci koje na jednoj ili na više uzastopnih vrednosti temperature pretrpe fizičko-hemijske promene koje se lako vizuelno zapažaju. Ove promene se sastoje u promeni boje, faznog stanja (topljenje), ili intenziteta luminiscencije.

Termoindikatori obuhvataju interval temperature od 40° do 1500°C.

## OCENA OPASNOSTI OD POŽARA RAZLIČITIH MATERIJA

Projektovanje industrijskih, probno-industrijskih pogona i skladišta, a tako e i objekata transporta, mogu e je samo ako postoje podaci o opasnosti od požara materija i materijala koji se primenjuju u izgradnji i koji se prerađuju u proizvodnji.

Ocena opasnosti od požara materija i materijala vrši se u cilju dobijanja po etnih podataka za klasifikaciju proizvoda po stepenu opasnosti od požara, kao i radi razrade mera zaštite od požara.

Proceni opasnosti od požara podležu:

- iste hemijske materije i jedinjenja u istom obliku i u obliku tehničkih proizvoda, proizvedene po određenom standardu ili tehničkim uslovima;
- smeše hemijskih materija određenog sastava ili određene recepture, proizvedene prema standardu ili tehničkim uslovima;
- prirodni i veštački materijali koji nisu određena hemijska jedinjenja, ali o kojima postoje određeni standardi ili tehnički uslovi;
- tehnički mešavine, nuzproizvodi i otpaci kod proizvodnje, koji izlaze i nakupljeni u određenim količinama mogu predstavljati opasnost od požara.

Ocena opasnosti od požara sastoji se u odreivanju niza pokazatelja, kao i karakteristika materije, čiji broj zavisi od agregatnog stanja.

U **gasovite materije** spadaju materije čiji pritisak zasićenih para na temperaturi od 50°C nije niži od 300 kPa.

U **tečne materije** spadaju materije čija temperatura topljenja (kapanja) ne prelazi 50°C.

U **vrste materije** spadaju materije čija je temperatura topljenja iznad 50°C.

### Ocena opasnosti od požara gasovitih materija

Prilikom ocene opasnosti od požara gasova, određuju se sledeće karakteristike:

- područje zapaljivosti u vazduhu,
- maksimalni pritisak eksplozije,
- temperatura samopaljenja,
- klasa eksplozivno-opasne smeše,
- osobine uzajamnog delovanja materije koja gori, sa sredstvima za gašenje koja pene u vodi,
- minimalna energija paljenja,
- minimalna eksplozivno-opasna količina kiseonika,
- brzina sagorevanja.

### Ocena opasnosti od požara tečnih materija

Pri oceni opasnosti od požara tečnih materija određuje se:

- grupa gorivosti,
- temperatura plamišta,

- temperatura paljenja,
- temperatura samopaljenja,
- osobine uzajamnog delovanja materije koja gori sa sredstvima za gašenje koja pene u vodi,
- grani ne temperaturne vrednosti zapaljivosti,
- brzina sagorevanja,
- brzina zagrevanja prilikom sagorevanja.

Za **lako zapaljive te nosti** još se odre uje:

- podru je zapaljivosti u vazduhu,
- maksimalni pritisak eksplozije i osobine eksplozivno opasne smeše,
- minimalna energija paljenja,
- minimalna eksplozivno-opasna koli ina kiseonika,
- brzina sagorevanja.

### **Ocena opasnosti od požara vrstih materija**

Pri oceni opasnosti od požara kod vrstih materija, odre uje se:

- grupa zapaljivosti,
- temperatura paljenja,
- temperatura samopaljenja,
- osobine uzajamnog dejstva goru eg materijala sa sredstvima za gašenje požara koja pene u vodi.

Za **vrste materije sa temperaturom topljenja ispod 300°C**, odre uje se:

- temperatura plamišta,
- grani ne temperaturne vrednosti zapaljivosti para u vazduhu.

Za **porozno, vlaknaste i šipke materije** mogu se vršiti slede a ispitivanja:

- određivanje temperature samozagrevanja,
- određivanje temperature tinjanja pri samopaljenju,
- određivanje temperaturnih uslova toplotnog samopaljenja.

Za **praškaste materije** još se odre uje:

- donja granica zapaljivosti aerosuspenzija,
- maksimalni pritisak eksplozije aerosuspenzije,
- minimalna energija paljenja aerosuspenzije,
- minimalna eksplozivno-opasna koli ina kiseonika.

Za **konstrukcione materijale, premaze, tkanja, folije** i sl. odre uje se:

- kiseoni ni indeks,
- koeficijenat nastajanja dima,
- pokazatelj toksi nosti dima,
- indeks rasprostiranja plamena.

Za eksplozivne materije odre uje se:

- osetljivost na udar i trenje,
- sposobnost na detonaciju.

Kod ocene opasnosti od požara razli itih materija, neophodno je prou iti njihove osobine, mogu nost promena u toku vremena i pri koriš enju u odre enim uslovima. Naro ito je važno uzeti to u obzir prilikom kontakta materije sa drugim aktivnim materijama, dugog zagrevanja, ozra enja kao i pri ostalim spoljašnjim delovanjima, što sve može dovesti do promene njihovih fizi ko-hemijskih osobina.

Ocenu opasnosti od požara raznih materijala treba po pravilu sprovoditi prilikom laboratorijskog ispitivanja karakteristika materije.

### 1.1. KLASIFIKACIJA MATERIJALA PREMA PONAŠANJU U POŽARU

Po srpskim propisima iz oblasti Zaštite od požara i eksplozija („Klasifikacija materijala i robe prema ponašanju u požaru, SRPS Z.CO.005, (standard je povučen ali nije objavljen novi koji bi ga zamenio) utvrđena je klasifikacija materijala i robe prema njihovom ponašanju na visokim temperaturama u požaru.

Klasifikacija je izvršena prema vrsti, stepenu, klasi i kategoriji opasnosti.

Prema **vrsti opasnosti** materijala i robe se dele u tri grupe

- **Prva grupa** sa oznakom **Ex**, materijala i robe kod koje je moguća fizička i hemijska eksplozija;
- **Druga grupa** sa oznakom **Fx**, materijala i robe koje mogu direktno ili indirektno učestvovati u procesu sagorevanja, oslobađanje toplote, energijom samopaljenja, oslobađanjem zapaljivih produkata razlaganja, ubrzavanjem procesa sagorevanja (oksidaciona sredstva) ili oslobađanjem zapaljivih gasova ili toplote u dodiru sa vodom;
- **Treća grupa** sa oznakom **Dx**, gde spadaju materijala i robe koje nisu lako zapaljive, ali koje se pod dejstvom požara (vatre, dima ili vode za gašenje) mogu relativno brzo i jako oštetiti (tzv. destrukcija materijala).

Prema **stepenu opasnosti** sve materijala i robe se dele na šest klasa opasnosti:

- klasa opasnosti I veoma lako zapaljive i brzo sagorive materijala,
- klasa opasnosti II lako zapaljive i brzo sagorive materijala,
- klasa opasnosti III zapaljive materijala,
- klasa opasnosti IV sagorive materijala
- klasa opasnosti V teško sagorive materijala
- klasa opasnosti VI nezapaljive materijala

U **kategorije opasnosti** svrstavaju se materijala i robe na osnovu vrste i stepena opasnosti, što se označava kombinacijom oznaka za vrstu i za stepen opasnosti.

Materijala mogu da se dele na osnovu agregatnom stanju i na osnovu fizičko-hemijskih osobina i to prema:

1. **agregatnom stanju**, sa oznakom:

- A - gasovite materijala,
- B - tečne materijala
- C - vrste materijala;

2. **fizičko-hemijskim osobinama**, sa oznakom:

- D - eksplozivne materijala,
- E - samopaljive materijala,
- F - materijala koje pri zagrevanju ispuštaju zapaljive i otrovne produkte razlaganja,
- G - oksidaciona sredstva,
- H - nezapaljive materijala koje sa vodom razvijaju zapaljive gasove,
- I - nezapaljive materijala koje sa vodom razvijaju toplotu.

Dopunske oznake su predviđene u onim slučajevima kad materijala ili robe, u uslovima požara, raspoložu nekim karakteristiknim osobinama, što može da bude značajno za zaštitu od požara.

Na osnovu takvih posebnih osobina uvedene su sledeće oznake:

**Tx** - za materiju i robu stepena opasnosti V i VI koje pod dejstvom požara razvijaju otrovne ili zagušljive gasove. Ova oznaka se ne stavlja na materije i robu kategorije I - IV, jer se mogu pri njihovom sagorevanju, a naročito pri nedovoljnoj količini vazduha, stvarati toksični produkti.

**Fu** - za materiju i robu svih kategorija opasnosti koje u požaru razvijaju dim u velikoj meri, čime se otežava gašenje požara i spasavanje ljudi i dobara.

**Ra** - za materiju i robu svih kategorija opasnosti, koje mogu da kontaminiraju prostor radioaktivnim zračenjem.

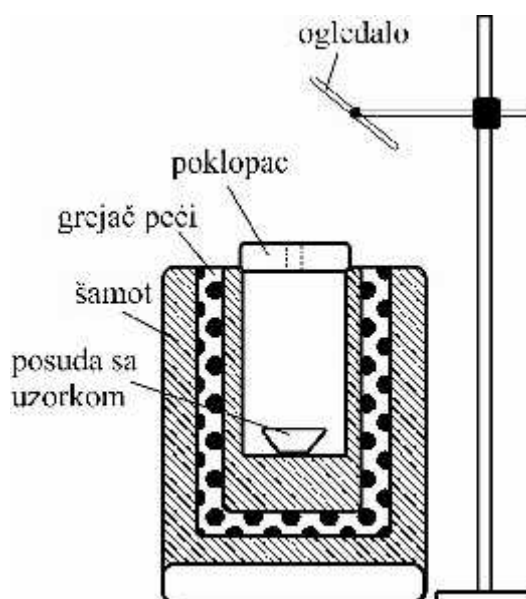
**Co** - za materiju i robu svih kategorija opasnosti koje pod dejstvom požara razvijaju korozivne pare i gasove.

U slučaju da neka materija ili roba pokazuje obeležja više kategorija opasnosti, svrstava se u onu, koja **odgovara većoj opasnosti ili ugroženosti**.

|   |               |               |
|---|---------------|---------------|
| <b>Vežba 2:</b>   | <b>Datum:</b> | <b>Overa:</b> |
| <b>PROBNO ODREĐIVANJE GORIVOSTI ILI<br/>NEGORIVOST MATERIJALA U „TIGL PEĆI“</b> |               |               |

Probno određivanje gorivosti, odnosno negorivosti materijala vrši u „Tiglu peći“, pri čemu se koriste materijali u tečnom ili vrstom (sprašenom) obliku.

Osnovni deo aparature za probno određivanje gorivosti je „tiglu peć“ u kojoj se može postići temperatura od 1000°C (slika 10). Peć je obložena šamotom, a u unutrašnjosti peći se stavlja ispitivani uzorak. Peć se preko izvora struje zagreje do usijanja, a zatim se stavlja uzorak. Iznad peći postavi se ogledalo, pomoću kojeg se prati ponašanje materijala tokom ispitivanja.



Slika 10. Tiglu peć za određivanje gorivosti ili negorivosti materijala

Potrebna količina uzorka je oko 2 g vrstog prašnog materijala ili 2 cm<sup>3</sup> tečnosti.

Ispitivani uzorak materijala se sipa u vatrootpornu posudu, porcelanski lončić i postavi u unutrašnjost peći i istovremeno uključi štoperica. Tiglu peć se pokriva poklopcem na kojem se nalazi otvor. Pomoću ogledala prati se ponašanje materijala tokom ispitivanja.

Ako u toku dva minuta, ne dođe do pojave plamena, dima, promene boje, pojave mirisa ili neke druge pojave, koja ukazuje da je došlo do razgradnje ili zapaljenja ispitivanog uzorka, on se smatra negorivim.

#### Zadatak vežbe

Odrediti za dobijene uzorke da li su gorivi ili ne gorivi. Ponašanje materijala tokom ispitivanja uneti u tabelu i na osnovu ponašanja materijala odrediti kojoj klasi pripada, prema stepenu opasnosti.

- klasa opasnosti I      veoma lako zapaljive i brzo sagorive materije,
- klasa opasnosti II     lako zapaljive i brzo sagorive materije
- klasa opasnosti III    zapaljive materije,
- klasa opasnosti IV     sagorive materije
- klasa opasnosti V      teško sagorive materije
- klasa opasnosti VI     nezapaljive materije



**Rezultati vežbe**

| <b>uzorak</b> | <b>opažanja</b> | <b>klasa materijala</b> |
|---------------|-----------------|-------------------------|
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |
|               |                 |                         |

|   |        |        |
|---|--------|--------|
| <b>Vežba 3:</b>   | Datum: | Overa: |
| <b>ODREĐENJE GORIVOSTI MATERIJALA<br/>PREMA STANDARDNOJ SRPS METODI</b> |        |        |

Jedan od najvažnijih kriterijuma, kako materijala uopšte, tako i građevinskih materijala je njihovo ponašanje u slučaju požara. Za postavljanje ispravnog koncepta i mera zaštite od požara treba poznavati bitne zakonitosti požara i njegovog ponašanja pod različitim uslovima i okolnostima. Tokom požara temperature rastu iz minuta u minut, u stvarnom požaru neznatno se razlikuju i one su uglavnom sledeće:

- u 30 minuta temperatura požara iznosi 822°C
- u 60 minuta temperatura požara iznosi 925°C
- u 90 minuta temperatura požara iznosi 986°C
- u 120 minuta temperatura požara iznosi 1029°C

Poznavanje ovih temperatura veoma je važno kako bi se ispravno upotreabili i ugradili materijali na ona mesta u zgradi koja je primarno biti izložena, moguće nastalom požaru. Na ovaj način bi se zaštitili evakuacioni putevi u cilju brzog i sigurnog napuštanja zgrade.

Materijali u građevinarstvu i njihovo ponašanje u toku požara, može se prati:

- prilikom požara, dejstvom otvorenog plamena
- pri visokim temperaturama

Za definisanje ponašanja materijala u toku požara potrebno je poznavati sledeća njegova svojstva:

- gorivost
- zapaljivost
- brzinu širenja plamena
- otpornost na dejstvo požara
- ponašanje materijala pri gašenju požara

U Srbiji se građevinski materijali u zavisnosti od ponašanja u požaru i visokim temperaturama klasifikuju **prema gorivosti** po standardu SRPS U. J1.050, koji odgovara Nemačkoj normi DIN 4102. Ovaj standard obuhvata pregled i klasifikaciju građevinskih materijala u zavisnosti od ponašanja u uslovima požara, a odnosi se samo za građevinske materijale koji su standardizovani i čija se svojstva mogu oceniti na osnovu standarda. Za sve ostale materijale njihova gorivost se dokazuje ispitivanjem prema standardu SRPS U. J1.055.

Ovim standardom se postavljaju zahtevi kojima moraju udovoljiti građevinski materijali u ispitivanju njihovog ponašanja u požaru. Na osnovu ispitivanja dobijena je klasifikacija materijala prema gorivosti.

Prema standardu SRPS U. J1.050, građevinski materijali **prema gorivosti** svrstani su u sledeće klase i to:

- **negorive** materijale, **klase A** (A1, A2)
- **gorive** materijale, **klase B** (B1, B2, B3)

Prema standardu SRPS EN 13501-1:2007. izvešena je klasifikacija materijala na osnovu **reakcije na požar**, koji se primenjuje i u zemljama evropske unije. Prema ovoj klasifikaciji, koja je izvršena prema njihovom ponašanju u požaru, stvaranju dima i kapljanju građevinski materijali se dele na:

- **negorive** euroklase: A, B
- **gorive** euroklase: C, D, E, F

Standard EN 13501-1:2007 pored navedene podele klasa gra evinskih materijala na gorive i negorive, vrši i **klasifikaciju prema svojstvima** kao što su:

- **stvaranje dima** (klase s1, s2, s3)
- **stvaranje goru ih kapi**, otpdaju ih delova (klase d0, d1, d2).

Tabela 2. Podela gra evinskih materijala prema gorivosti po standardu i Euroklasi

| požarna situacija  | prema gorivosti | Prema ponašanju u požaru | doprinos požaru            | opis materijala   |
|--------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|
| pun požar          | A1              | A                        | ne pridonosi požaru        | negoriv           |
|                    | A2              | B                        | vrlo malo pridonosi požaru | negoriv           |
| zapaljeni predmeti | B1              | C                        | mali doprinos požaru       | teško zapaljiv    |
|                    | B2              | D                        | zanemariv doprinos požaru  | teško zapaljiv    |
| mali plamen        | B2              | E                        | normalan doprinos požaru   | normalno zapaljiv |
|                    | B3              | F                        | veliki doprinos požaru     | lako zapaljiv     |

Odre ivanje gorivosti materijala vrši se prema standadnoj metodi SRPS U.J1.040, koja odgovara internacionalnom standardu ISO 1182.

Prema ovom standardu svi materijali se klasifikuju u dve kategorije:

- gorivi materijali
- ne gorivi materijali.

Za ispitivanje gorivosti materijala koristi se pe posebne konstrukcije, a uslovi su propisani standardon SRPS U.J1.190.

Prema ovom standardu prostorija u kojoj se vrši ispitivanje gorivosti mora da odgovara uslovima ispitivanja. Prostorija mora biti zašti ena od promaje, a površine ispod kojih se manipuliše sa uzorcima u pe i, tokom i posle ispitivanja, ne sme biti od gorivog materijala.

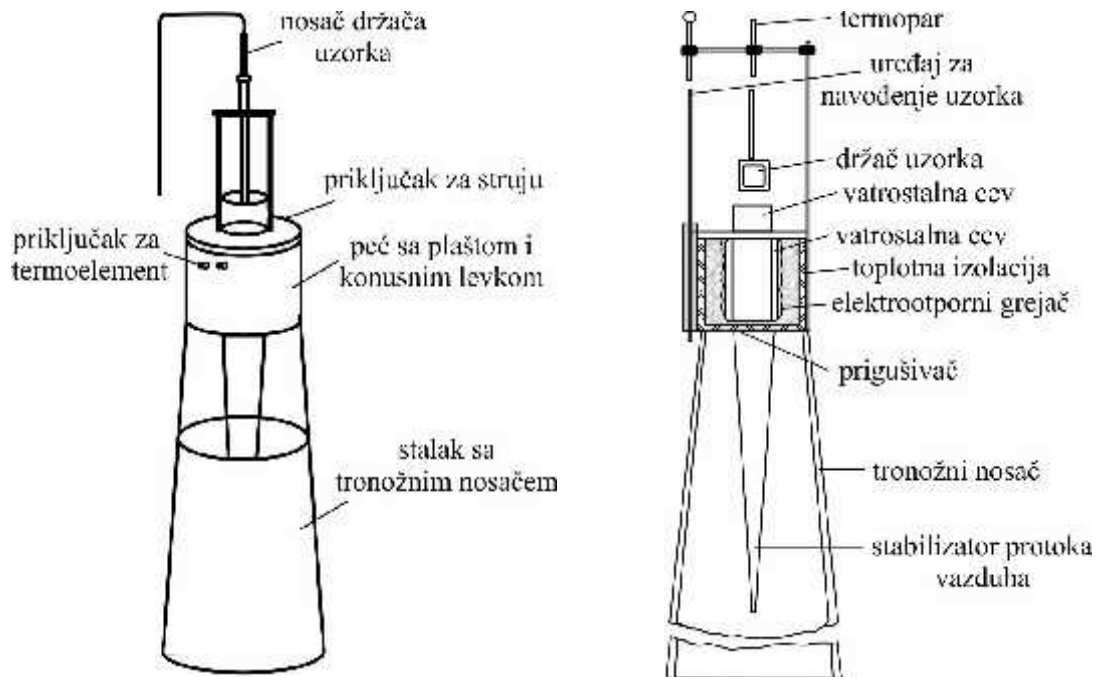
Pe za ispitivanje gorivosti materijala (slika 11) sastoji se od stalka u obliku konusnog levka visine 550 mm. Na stalku je navaren tronožni nosa u kojem stoji plašt pe i od aluminijumskog lima, sa koni nim levkom visine 500 mm, koji služi za stabilizaciju struje vazduha. U sredini pe i nalazi se šamotni cilindar, oko kojeg je namotan greja pe i. Greja je spojen sa izvorom struje preko regulacionog transformatora. U pe i je ugra en termoelement za merenje temperature u pe i.

Oko šamotnog cilindra do plašta pe i nalazi se izolacioni materijal, azbeszno platno i mineralna vuna.

Kroz sredinu šamotnog cilindra postavljena je cev od vatrostalnog (kvarcnog) stakla koja je nepropusna za gasove koji nastaju u procesu sagorevanja, pri ispitivanju.

Na poklopcu plašta nalazi se nosa drža a uzorka. Na kraju drža a uzorka nalazi se korpa za uzorak, koja se može skidati sa cevi nosa a. Kroz sredinu cevi prolazi termoelement pomo u kojeg se meri temperatura u uzorku.

Za merenje temprature u uzorku koristi se termoelement nikel/hrom-nikel, koji se primenjuje za opseg temperatura od -200°C do 1300°C.



Slika 11. Šema peći za ispitivanje gorivosti materijala

Uzorak koji se ispituje mora biti dimenzija  $50 \times 40 \times 40$  mm i mora se izbušiti kroz sredinu do polovine, da bi se u stvorenu šupljinu mogla staviti cev sa termoelementom. Ukoliko je materijal koji se ispituje slojevit ili je tanji od potrebne debljine, onda se slaže u slojevima, da bi se postigla potrebna debljina uzorka. Za ispitivanje se ponove tri probe za svaki uzprak.

Pre ispitivanja uzorci se suše u sušnici na temperaturi od  $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , do konstantne mase, a zatim hlade u eksikatoru na temperaturu ekoline.

Pre ispitivanja peć se zagreje na temperaturu  $750^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ , a zatim se korpica sa uzorkom spusti u središte peći. Vreme unošenja uzorka u peć mora biti kraće od 5 sekundi. U peći uzorak ostaje 20 minuta, a zatim se vadi iz peći. U toku ispitivanja beleži se temperatura peći i temperatura u uzorku i posmatra eventualna pojava plamena. Vreme se kontroliše štošericom koja se uključuje u trenutku kada je uzorak unet u peć.

Na osnovu izvršenog merenja materijal se klasifikuje kao **negoriv** i to ako:

- nema povišenja temperature u peći za  $50^{\circ}\text{C}$  ili više od početne temperature peći
- nema povišenja temperature uzorka za  $50^{\circ}\text{C}$  ili više od početne temperature u peći
- nema planema koji bi trajao duže od 10 sekundi neprekidno.

Materijal je **goriv** ako u toku eksperimenta na bilo kojem od tri uzorka dođe do bilo kojeg od navedenih opažanja.



Slika 12. Peć za ispitivanje gorivosti materijala

**Zadatak vežbe**

1. Pripremiti uzorke materijala.
2. Povezati aparaturu i pe postepeno zagrejati do potrebne temperature od  $750^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ . Temperaturu regulisati preko regulacionog transformatora.
3. Kada se dostigne potrebna temperatura u pe i, uzorak staviti u korpicu , koja se zatim stavi na nosa drža a uzorka i pažljivo spusti u pe .
4. Kada se uzorak spusti u pe , uklju i se štoperica
5. Za vreme ispitivanja beležiti na svaki minut temperaturu u uzorku i temperaturu u pe i i onositi u tabelu, u trajanju od 20 minuta. Ako se uzorak zapali, merenje vršiti dok se uzorak ne ugasi.
6. Za vreme merenja beležiti zapažanja, pojavu i boju dima, plamena, mirisa, boja i sl.

**Rezultati ispitivanja:**

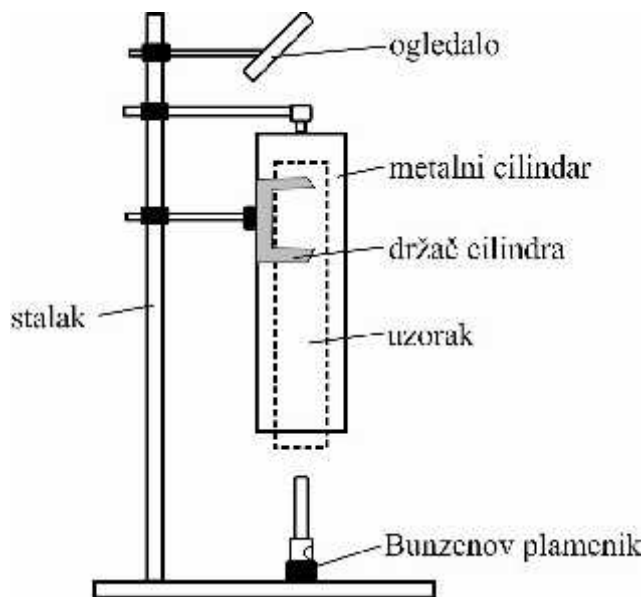
| Vreme (minuti) | temperatura u pe i $^{\circ}\text{C}$ | temperatura u uzorku $^{\circ}\text{C}$ | opažanja |
|----------------|---------------------------------------|---|----------|
| 1              |                                       |   |          |
| 2              |                                       |   |          |
| 3              |                                       |   |          |
| 4              |                                       |   |          |
| 5              |                                       |   |          |
| 6              |                                       |   |          |
| 7              |                                       |   |          |
| 8              |                                       |   |          |
| 9              |                                       |   |          |
| 10             |                                       |   |          |

| Vreme (minuti) | temperatura u pe i $^{\circ}\text{C}$ | temperatura u uzorku $^{\circ}\text{C}$ | opažanja |
|----------------|---------------------------------------|---|----------|
|                |                                       |   |          |
|                |                                       |   |          |
|                |                                       |   |          |
|                |                                       |   |          |
|                |                                       |   |          |
|                |                                       |   |          |
|                |                                       |   |          |
|                |                                       |   |          |
|                |                                       |   |          |
|                |                                       |   |          |

|   |               |               |
|---|---------------|---------------|
| <b>Vežba 4:</b>   | <b>Datum:</b> | <b>Overa:</b> |
| <b>ODRE IVANJE GRUPE GORIVOSTI METODOM „OGNJENE CEVI“</b> |               |               |

Kao eksperimentalna metoda za utvrđivanje grupe gorivosti materijala koristi se metoda nazvana metoda „Ognjene cevi“.

Ova aparatura sastoji se od metalnog cilindra, unutrašnjeg prenika 50 mm, i dužine 165 mm. Cilindar je pričvršćen na stalak pomoću držača. Na stalak je pričvršćeno i ogledalo za posmatranje promena na uzorku u toku ispitivanja. Zagrevanje uzorka vrši se pomoću Bunzenovog plamenika. Aparatura metode „Ognjene cevi“ prikazana je na slici 12.



Slika 13. Aparatura Ognjene cevi

Uzorak koji se ispituje ima dimenzije  $35 \times 150$  mm, sa najvećom debljinom do 10 mm. Pre ispitivanja uzorak se izmeri ( $m_1$ ) i pomoću žice se okači na cilindar, tako da kraj uzorka viri 5 mm ispod cilindra. Ispod uzorka se stavi izmerena alumijumska folija, na koju će se hvatati optali delovi uzorka.

Zagrevanje uzorka vrši se pomoću tačno određenog plamena. Dužina plamena treba da iznosi 40 mm, a prenik 7 mm. Vrh plamena mora biti udaljen 10 mm od kraja uzorka, tako da ga ne dodiruje.

Kada se uzorak izloži dejstvu plamena uključuje se štoperica i zagrevanje vrši tačno dva minuta. U toku ispitivanja preko ogledala se posmatra ponašanje materijala i beleže zapažanja (vreme kada se uzorak pali, dimi, kada se gasi,...)

Posle dva minuta zagrevanja, plamenik se izmakne, sačekava se da se plamen na uzorku ugasi i da se uzorak ohladi. Nakon toga izmeri se masa uzorka ( $m_2$ ) zajedno sa eventualno otpalim delovima na aluminijskoj foliji.

Iz razlike u masi, pre i posle sagorevanja, izračunava se procentualni gubitak mase koji je nastao sagorevanjem uzorka.

Ispitivanje za svaki uzorak materijala (svaku probu) treba ponoviti 3 do 5 puta, da bi sigurnost utvrđivanja gorivosti uzorka bila veća.

Dobijeni rezultati i zapažanja pri ispitivanju unose se u tabelu, kao što je prikazano u tabeli 3 i na osnovu rezultata se izvrši klasifikacija materijala.

Na osnovu izvršenog merenja materijal se klasifikuje na slede i na in:

- **goriv materijal**, kod koga ispitivani uzorak nastavi samostalno da gori, posle udaljavanja plamenika, duže od jednog minuta, i izgubi pri tom više od 20% težine
- **negoriv materijal**, onaj koji gubi manje od 20% težine

Materijali koji gube manje od 20% težine, ili više od 20% ali ne gore samostalno duže od jednog minuta, podvrgavaju se daljim ispitivanjima (npr. ispitivanju pomoću kalorimetra).

Tabela 3. Rezultati ispitivanja i klasifikacija materijala

| uzorak             | masa uzorka (g) |                   | gubitak mase |       | zapažanje                                   | Klasifikacija materijala |
|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-------|---|--------------------------|
|                    | pre sagorevanja | posle sagorevanja | (g)          | (%)   |   |                          |
| hrast bez premaza  | 22,5302         | 4,4222            | 18,108       | 80,42 | u 30 sekundi se pali posle 4,5 min. se gasi | goriv                    |
| hrast sa premazom  | 25,2203         | 24,2528           | 0,967        | 3,96  |   | negoriv                  |
| orah bez premaza   | 17,6750         | 3,6368            | 14,038       | 79,52 | u 15 sekundi se pali posle 4,5 min. se gasi | goriv                    |
| orah sa premazom   | 20,1558         | 19,1516           | 1,0042       | 4,99  |   | negoriv                  |
| topola bez premaza | 15,9738         | 2,4945            | 13,479       | 84,31 | u 10 sekundi se pali posle 4,5 min. se gasi | goriv                    |
| topola sa premazom | 19,2976         | 18,5092           | 0,7884       | 4,14  |   | negoriv                  |

### Zadatak vežbe

1. Uzorak materijala koji će se ispitivati izmeri se na vagi i zabeleži masa  $m_1$
2. Proveriti veličinu plamena (visinu i prečnik) kao što je određeno ovom metodom.
3. Uključiti štopericu i istovremeno izložiti uzorak delovanju plamena ta određeno vreme (2 min)
4. Posle 2 minuta skloniti plamenik i sačekati da se uzorak ugasi (ako se zapalio) i ohladi, a zatim izmeriti masu uzorka posle sagorevanja zajedno sa otpalim delovima
5. Izračunati gubitak mase pri sagorevanju i izraziti ga u %
6. Istom metodom ispitati uzorak premazan sa nekim zaštitnim sredstvom.
7. Podatke i rezultate ispitivanja uneti u tabelu, kao što je prikazano u tabeli 3.

Gubitak mase izračunava se:

$$\% \text{ gubitka} = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \cdot 100$$

**Rezultati ispitivanja**

| uzorak | masa uzorka (g)           |                             | gubitak mase |     | zapažanje | klasifikacija materijala |
|--------|---------------------------|-----------------------------|--------------|-----|-----------|--------------------------|
|        | ( $m_1$ ) pre sagorevanja | ( $m_2$ ) posle sagorevanja | (g)          | (%) |           |                          |
|        |                           |                             |              |     |           |                          |
|        |                           |                             |              |     |           |                          |
|        |                           |                             |              |     |           |                          |
|        |                           |                             |              |     |           |                          |
|        |                           |                             |              |     |           |                          |
|        |                           |                             |              |     |           |                          |
|        |                           |                             |              |     |           |                          |
|        |                           |                             |              |     |           |                          |
|        |                           |                             |              |     |           |                          |



|  |        |        |
|--|--------|--------|
| <p><b>Vežba 5:</b></p> <p><b>ODREĐIVANJE ZAPALJIVOSTI PLASTIČNE MASE<br/>„PROBOM INICIJALNOG PALJENJA“</b></p> | Datum: | Overa: |
|--|--------|--------|

Plastične mase su makromolekulska organska jedinjenja velike molekulske mase.

One pored osnovne smole sadrže i izvesne dodatke kao što su punila, plastifikatori, stabilizatori, katalizatori i boje. Svi ovi dodaci utiču na fizičko-hemijska svojstva plastične mase, ali i na otpornost prema paljenju i prema sagorevanju.

Većina plastične mase se odlikuje malom otpornošću prema vatri, pa uopšteno govoreći, plastične mase pripadaju gorivim vrstama materijala.

Međutim, polimeri koji u svojim molekulima sadrže i atome halogenih elemenata (kao npr. teflon, koji u sebi sadrži fluor, ili pak polivinil-hlorid, koji sadrži hlor), pružaju znatan otpor paljenju i sagorevanju.

Prisutnost atoma kiseonika u polimerima (npr. poliestra) povećava stepen zapaljivosti, dok prisustvo azota povećava otpornost plastične mase prema gorenju.

S obzirom na sve to u primenu plastične mase u svim domenima ljudske delatnosti, prirodno se postavlja pitanje da li su plastične mase koje su u upotrebi otporne na požar, a ako jesu koliko i na kakav način. Ako nisu, da li postoji mogućnost da se na zadovoljavajući način one zaštite.

Za sada ne postoje jedinstvene metode za ispitivanje plastične mase, pa prema tome ni odgovarajuća klasifikacija u pogledu paljenja i sagorevanja. Međutim, ipak na osnovu dobijenih rezultata pri ispitivanju zapaljivosti i gorivosti one se mogu približno klasifikovati u četiri grupe:

- nezapaljive (klasa A),
- zapaljive, ali samogaseće (klasa B<sub>1</sub>),
- zapaljive, uz sporogorenje (klasa B<sub>2</sub>),
- zapaljive, uz burno gorenje (klasa B<sub>3</sub>).

Za ispitivanje zapaljivosti, kao i za dobijanje osnovnih podataka o ponašanju polimera pri gorenju može se koristiti veoma jednostavna metoda tzv. „proba inicijalnog paljenja“, koja odgovara engleskom standardu BS-467.

Uzorak koji se ispituje ima dimenzije 150 × 15 × 10 mm. Pomoću držača uzorak se uvršta na stativ pod uglom od 45°. Donji slobodni kraj uzorka se izlaže delovanju alkoholnog plamena, koji se dobija pri sagorevanju 1 cm<sup>3</sup> etanola. Uređaj za ispitivanja zapaljivosti plastične mase prikazan je na slici 14.



Slika 14. Uređaj za ispitivanja zapaljivosti plastične mase

U toku ispitivanja posmatra se da li će doći do zapaljenja uzorka, a ukoliko uzorak gori, prati se boja plamena, pojava dima, topljenje i kapanje materijala i slično.

### Zadatak vežbe

1. Pripremiti uzorke za ispitivanje na opisane na in. Osim standardnih, mogu se ispitivati i uzorci koji imaju približne dimenzije standardnim.
2. U porcelansku posudu odmeriti 1 cm<sup>3</sup> etanola i staviti je ispod uzorka.
3. Zapaliti alkohol i beležiti sva zapažanja na uzorku.
4. Dobijene podatke ispitivanja prikazati u tabeli

### Rezultati ispitivanja

| Vrsta plasti ne mase | zapaljivost | samogase a | zapažanja |
|----------------------|-------------|------------|-----------|
|                      |             |            |           |
|                      |             |            |           |
|                      |             |            |           |
|                      |             |            |           |
|                      |             |            |           |
|                      |             |            |           |
|                      |             |            |           |

|  |        |        |
|--|--------|--------|
| <b>Vežba 6:</b>  | Datum: | Overa: |
| <b>ODREĐIVANJE ZAPALJIVOSTI PODNIH<br/>OBLOGA OD PLASTI, NIH MASA I GUME</b> |        |        |

Određivanje zapaljivosti se vrši prema standardnoj metodi SRPS G.S2.753:1972, koji je ispitan i potvrđen 2012. Ovim standardom utvrđuje se postupak određivanja zapaljivosti, odnosno promene površine podnih pokrivača od plastičnih masa i gume kao i drugih vrsta organskih obloga, pri uticaju alkoholnog plamena.

Podne obloge su u primeni najčešće izložene delovanju užarenih predmeta (žara cigarete ili žara tinjajućih komadića ispalih iz pištolja).

Prema postupku koji je dat u standardu ocenjuje se da li će se ispitivani materijal zapaliti, da li će nastati promene na površini ili će ostati trajni tragovi posle gorenja alkoholom natopljenog rastresitog celuloznog materijala. Međutim, ovim postupkom se ne može oceniti kako će se ispitivani materijal ponašati u jakom požaru, jer organski materijali mogu doprineti potpomaganju i širenju požara.

Za ispitivanje se pripreme uzorci veličine  $100 \times 100$  mm. Uzorci se uzimaju sa različitih mesta u materijalu, i obično se ispituje najmanje 10 uzoraka. Pre ispitivanja uzorci se drže 24 sata u sušnici na temperaturi od  $70^{\circ}\text{C}$ . Posle sušenja uzorci se do ispitivanja čuvaju u eksikatoru.

Ispitivanje se vrši u prostoriji bez promaje, na sobnoj temperaturi, a da bi se tinjanje bolje posmatralo, prostorija treba da je zamračena.

Ispitivani uzorak se postavi na drvenu podlogu. Na sredinu uzorka stavi se 0,8 g celuloznog materijala (papirni ubrus) koji se sastoji iz prepletenih tankih celuloznih kružića a prečnika 2,5 mm. Celulozni materijal se natopi sa  $2,5 \text{ cm}^3$  96%-nog etil alkohola i zapali.

Ukoliko se uzorak pod uticajem alkoholnog plamena odmah zapali ili nastavi da gori sa pojavom plamena ili tinjanja, tada se nakon gorenja izmeri najduža putanja gorenja. Određuje se i dubina mrlje nastale gorenjem i to u odnosu na prvobitnu površinu poprečnog preseka uzorka. Zbog veće preglednosti rezultati ispitivanja se mogu tabelarno prikazati. U tabeli 4. dat je primer rezultata takvog ispitivanja.

Tabela 4. Prikaz rezultata koji su dobijeni pri određivanju zapaljivosti uzoraka podnih obloga

| uzorak i dimenzije                           | oštećena površina ( $\text{mm}^2$ ) |               | dubina oštećenja (mm) | zapažanja   | kategorija                                      |
|--|-------------------------------------|---------------|-----------------------|---|---|
|  | ukupna                              | pod celulozom |                       |   |   |
| nitron<br>$100 \times 100 \times 4$          | 615                                 | 397           | 4                     | topi se, pali i sagoreva i sa suprotne strane   | zapaljiv  |
| linoleum<br>$100 \times 100 \times 2,5$      | 615,7                               | 471,4         | 1,2                   | nije se zapalio, ali na mestu gde je bila celuloza došlo je do oštećenja usled topljenja            | teško zapaljiv sa trajnim površinskim promenama |
| presovana guma<br>$100 \times 100 \times 10$ | 363                                 | 283,5         | -                     | nije se zapalio, na mestu gde je bila celuloza zapažaju se udubljenja sa vidnim tragovima oštećenja | teško zapaljiv sa trajnim površinskim promenama |

Prema ponašanju pri ispitivanju, podni pokriva i se dele u tri sledeće kategorije:

- zapaliv materijal, ako se gorenje produžava i posle izvršenog ispitivanja;
- teško zapaliv materijal sa trajnim površinskim promenama posle izvršenog ispitivanja;
- teško zapaliv materijal bez trajnih površinskih promena posle izvršenog ispitivanja.

### Zadatak vežbe

1. Pripremiti uzorke materijala odgovarajućih dimenzija na opisane na in.
2. Odmeriti 0,8 g celuloznog materijala (papirni ubrus), i napraviti kuglice prenika 2,5 mm
3. Celulozne kuglice postaviti na središnju površinu uzorka i izmeriti površinu pod celuloznom materijalom,
4. Celulozne kuglice natopiti sa 2,5 cm<sup>3</sup> 96% C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (etanola) i zapaliti ih
5. Posle paljenja alkohola posmatraju se promene na uzorku za vreme i posle ispitivanja.
6. Kada prestane gorenje (ako je postojalo), površina uzorka se omeri i izmeri površina i dubina oštećenog dela, a zatim se izračuna oštećena površina, izmeri udubljenje, ispuštanje na površini i slika.

### Rezultati ispitivanja

| uzorak i dimenzije | oštećena površina (mm <sup>2</sup> ) |               | dubina oštećenja (mm) | zapažanja | kategorija |
|--------------------|--------------------------------------|---------------|-----------------------|-----------|------------|
|                    | ukupna                               | pod celulozom |                       |           |            |
|                    |                                      |               |                       |           |            |
|                    |                                      |               |                       |           |            |
|                    |                                      |               |                       |           |            |
|                    |                                      |               |                       |           |            |
|                    |                                      |               |                       |           |            |
|                    |                                      |               |                       |           |            |

## METODE ODREĐIVANJA TEMPERATURE PALJENJA TEČNIH MATERIJAMA

Jedan od načina ispitivanja kvaliteta tečnih goriva (benzina, dizel-goriva, petroleuma, parafinskih ulja) i drugih zapaljivih tečnosti (ulja za podmazivanje, katrana, kamenog uglja i sl.) je određivanje temperature paljenja.

Temperatura paljenja pokazuje kakva je zapaljivost nekog goriva i da li ono sadrži ugljovodonike niske tačke ključanja. Na osnovu temperature paljenja može se zaključiti i kolika će biti zapaljivost tečne materije, ali i odrediti uslove skladištenja kao i mere predostrožnosti koje treba preduzeti.

Sagorevanje zapaljivih tečnosti ne vrši se dok su one u tečnom agregatnom stanju. Sagorevanje se odvija tako da tečnost prvo isparavanjem pređe u gasovito agregatno stanje, pa nastale pare tečnosti u smeši sa vazduhom sagorevaju. To znači da ukoliko zapaljiva tečnost lakše isparava, biće niža temperatura pri kojoj će se iznad površine tečnosti na dovoljno njenih para, da se u smeši sa vazduhom obrazuje sistem koji se može zapaliti.

Kolika će biti količina pare iznad površine zapaljive tečnosti u određenom trenutku zavisi, u prvom redu, od toga na kojoj se temperaturi tečnost nalazi. Ukoliko je temperatura tečnosti viša, utoliko će biti i veća količina ovih para. Za svaku zapaljivu tečnost postoji jedna određena temperatura pri kojoj se iznad njene površine stvara dovoljno pare da se sa vazduhom izgradi takva smeša koja će se u dodiru sa izvorom paljenja, zapaliti.

**Temperatura paljenja** je najniža temperatura pri pritisku od 101325 Pa na kojoj je napon pare isparljive tečnosti toliki da se u aparatu iznad površine tečnosti stvori smeša pare i vazduha, koja eksplozivno plane pri unošenju plamena i nastavi da gori po celavoj površini.

Smeša pare tečnosti i vazduha može se zapaliti samo ako je koncentracija pare u smeši, između donje i gornje granice koncentracije.

**Donja granica zapaljivosti** predstavlja minimalnu koncentraciju pare u smeši, a **gornja granica zapaljivosti** predstavlja maksimalnu koncentraciju pare u smeši pri kojoj se obrazuje čvrsta -vazдушna smeša, sposobna da se zapali od izvora paljenja i da se pri tome plamen raširi po celavoj površini smeše.

Temperatura paljenja nije fizička konstanta, jer zavisi od količine vazduha, brzine sagorevanja i aparature u kojoj se vrši njeno određivanje.

Temperatura paljenja osim od prirode tečnosti (goriva), zavisi od temperature ključanja i od barometarskog pritiska. Tako na primer, lake benzinske frakcije pale se ispod 0°C, petrolej od 30°C do 60°C, a ulja od 130°C do 320°C, što zavisi od viskoziteta tečnosti.

Zavisnost temperature paljenja od barometarskog pritiska je takva da smanjenjem barometarskog pritiska za svakih 2666,4 Pa, temperatura opada za 0,7°C.

Rezultati određivanja tačke paljenja izražavaju se na normalnom pritisku, a korekcija u odnosu na vrednost pritiska u toku ispitivanja vrši se pomoću sledećeg izraza:

$$t_n = t_b - \frac{b - 760}{30}$$

gde je:

$t_n$  - temperatura paljenja pri normalnom barometarskom pritisku (101325 Pa),

$t_b$  - temperatura paljenja pri atmosferskom pritisku,

$b$  - atmosferski pritiska za vreme određivanja tačke paljenja u mm Hg.

### Princip metode

Temperatura paljenja određuje se tako što se tečnost zagreva i u toku zagrevanja parnoj fazi se povremeno prinosi plamen. Temperatura na kojoj se na otvorenoj površini tečnosti pojavi plamen, predstavlja njenu temperaturu paljenja.

Aparati za određivanje temperature paljenja mogu biti otvorenog i zatvorenog tipa.

U zatvorenim aparatima određuju se niže temperature paljenja nego u otvorenim aparatima. Međutim, uslovi koji vladaju u zatvorenim aparatima bliži su uslovima koji vladaju u praksi, a rezultati se bolje reprodukuju.

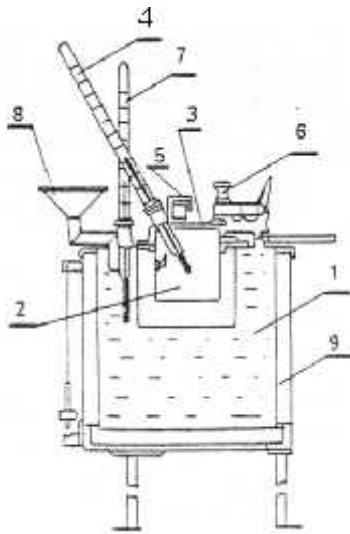
U praksi se koriste sledeće metode:

- **Abel-Pensky**, metoda sa zatvorenim loncem (zatvorenom posudom). Ova metoda se koristi za određivanje temperature paljenja od 0°C do 65°C. Standard: SRPS B.H8.047-90
- **Pensky-Martens**, metoda sa zatvorenom posudom. Koristi se za određivanje temperature paljenja od 40°C do 360°C, za gasna ulja, ulja za loženje, pogonska ulja i dr. Standard: SRPS EN ISO 2719: 2006
- **Marcuson**, metoda sa otvorenom posudom. Koristi se za određivanje temperature paljenja iznad 80°C. Najčešće su to ulja za podmazivanje. Zagrevanje je ravnomerno sa svih strana i vrši se preko peska, koji se zagreva pomoću bunzenovog plamenika.
- **Clinvond**, metoda sa otvorenom posudom, koja se zagreva preko grejne ploče. Koristi se za određivanje temperature paljenja od 79° do 400°C. Standard: SRPS EN ISO 2592:2005.

|  |        |        |
|--|--------|--------|
| <b>Vežba 7:</b>                                      | Datum: | Overa: |
| <b>ODREĐIVANJE TEMPERATURE PALJENJA PO ABEL-PENS</b> |        |        |

Ova metoda određivanja temperature paljenja odgovara standardnoj metodi SRPS B.H8.047: 2012.

Aparatura se sastoji od vodenog kupatila (1), posude za uzorak (2), poklopca (3) na kome se nalazi termometar za merenje temperature uzorka (4), uređaja za paljenje (5) i mehanizama za paljenje (6). Na slici 15 data je šema uređaja za određivanje temperature paljenja metodom po Abel-Penskom.



#### Legenda:

1. vodenog kupatilo
2. posuda za uzorak
3. poklopac
4. termometar za merenje temperature uzorka
5. uređaja za paljenje
6. mehanizam za paljenje
7. termometar za merenje temperature kupatila
8. levak za punjenje vodenog kupatila
9. vazdušni omota

Slika 14. Šema uređaja za određivanje temperature paljenja metodom Abel-Pensky

Posuda za uzorak napuni se uzorkom gorive te nosti do oznake, vode i pri tom rauna da se zid suda iznad te nosti ne pokvasi. Posuda se stavlja u unapred zagrejano kupatilo i poklopi. Temperatura kupatila zavisi od temperature paljenja koja se određuje. Intenzitet zagrevanja podesi se tako da u početku bude porast temperature od 2°C u minuti, a u blizini temperature paljenja 1°C u minuti.

U tabeli 5 dati su podaci o temperaturi kupatila, kojih se treba pridržavati tokom eksperimenta. Odgovarajuća temperatura u kupatilu mora se održavati tokom celog određivanja.

Tabela 5. Vrednosti temperature kupatila u zavisnosti od temperature paljenja uzorka

| Temperatura paljenja uzorka [°C] | Temperatura kupatila [°C]     |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 5-15                             | 35-45                         |
| 15-25                            | 45-55                         |
| 25-35                            | 55-65                         |
| 35-45                            | 65-75                         |
| 45-55                            | 75-85                         |
| 55-60                            | 85-95                         |
| 60-65                            | 95-100 (glicerinsko kupatilo) |

Plamenik na poklopcu treba upaliti i podesiti plamen tako da bude u obliku loptice. Pri porastu temperature za  $0,5^{\circ}\text{C}$ , pritisne se poluga na automatu koja otvara poklopac i uranja plami ak u posudu i drži se tako 2 sekunde. Pojava plavog plamena na celoj površini suda označava temperatura paljenja. Posle završenog ispitivanja postupak se ponovi sa novom koli inom istog uzorka. Rezultati dva ogleđa ne smeju se razlikovati za više od  $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ .

Aparatura po Abel-Penskom može se koristiti i za određivanje temperature paljenja benzina. U tom slučaju se kupatilo puni sa smešom za hlađenje (te ni azot, ugljendioksid i etanol). Merenje temperature, u tom slučaju, počinje na  $-60^{\circ}\text{C}$ .

Po završenom merenju, određivanju temperature paljenja, termometri se brižljivo oiste. Isto tako i posuda za uzorak se pažljivo oisti i osuši filter hartijom. Voda iz vodenog kupatila se ispusti i kupatilo osuši strujom komprimovanog vazduha.

### Zadatak vežbe

1. Zagrejati vodeno kupatilo do potrebne temperature (prema tabeli 5.), podešavanjem kazaljke na temperaturnoj skali. Temperaturu kupatila kontrolisati termometrom opsega merenja  $0 - 100^{\circ}\text{C}$ .
2. Ispitivani uzorak pažljivo sipati u posudu za uzorak, postaviti u aparaturu koja je prethodno zagrejana i postaviti termometar za uzorak (opsega merenja  $0 - 70^{\circ}\text{C}$ )
3. Podesiti veličinu plamena na plameniku tako da plami ak bude oko 5 mm i prema uputstvu odrediti temperaturu paljenja uzorka.
4. Očitati atmosferski pritisak za vreme ispitivanja i ako je potrebno izvršiti korekciju dobijene vrednosti temperature paljenja.
5. Postupak ponoviti sa novom koli inom ispitivane tečnosti. Za temperaturu paljenja uzeti srednju vrednost oba ispitivanja. Ukoliko se rezultati merenja razlikuju više od  $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ , merenje još jednom ponoviti.

### Rezultati merenja

Uzorak: \_\_\_\_\_

| temp. $^{\circ}\text{C}$ | test | temp. $^{\circ}\text{C}$ | test | temp. $^{\circ}\text{C}$ | test |
|--------------------------|------|--------------------------|------|--------------------------|------|
|                          |      |                          |      |                          |      |
|                          |      |                          |      |                          |      |
|                          |      |                          |      |                          |      |
|                          |      |                          |      |                          |      |
|                          |      |                          |      |                          |      |
|                          |      |                          |      |                          |      |
|                          |      |                          |      |                          |      |
|                          |      |                          |      |                          |      |
|                          |      |                          |      |                          |      |
|                          |      |                          |      |                          |      |

pritisak za vreme ispitivanja u prostoriji (b): \_\_\_\_\_

temperatura paljenja pri atmosferskom pritisku ( $t_b$ ): \_\_\_\_\_

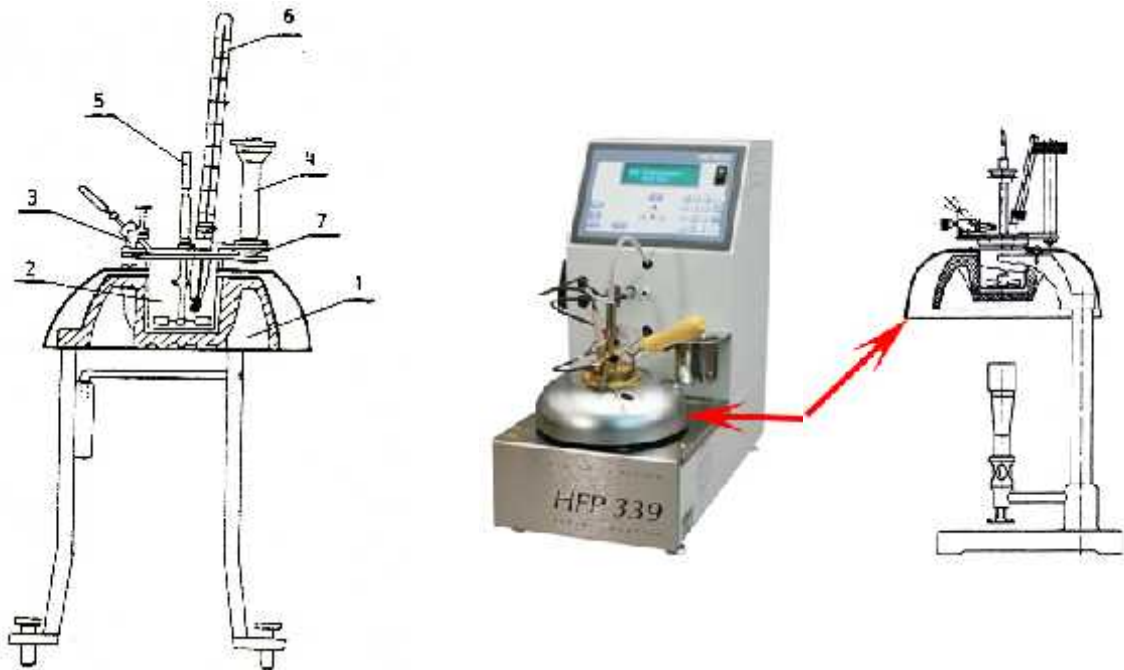
temperatura paljenja pri normalnom pritisku ( $t_n$ ): \_\_\_\_\_



|   |        |        |
|---|--------|--------|
| <p><b>Vežba 8:</b></p> <p><b>ODREĐIVANJE TEMPERATURE PALJENJA PO METODI PENSKY-MARTENSA</b></p> | Datum: | Overa: |
|---|--------|--------|

Metoda određivanja temperature paljenja u zatvorenom sudu, odgovara standardnoj metodi SRPS EN ISO 2719: 2008.

Aparatura se sastoji od vazdušnog kupatila (1), posude za uzorak (2), uređaja za paljenje (3), mehanizma za paljenje (4), mešalice (5) i termometra za merenje temperature uzorka (6). Osnovni delovi aparature, kao i sama aparatura, prikazani su na slici 15.



Slika 15. Aparatura po Penski-Martensu

Na slici je prikazana aparatura kod koje se uzorak zagreva pomoću Bunzenovog plamenika, noviji aparati ove vrste imaju električno zagrevanje.

Uzorak se sipa u posudu za uzorak do marke, vode i pri tome računava da se zid iznad marke ne pokvasi i posuda se stavlja u ležište vazdušnog omotača.

Posuda se poklopi poklopcem, postavi termometar u uzorak kroz otvor na poklopcu, upali se plamenik i podesi tako da bude u obliku loptice pre nika oko 5 mm. Električni grejač aparata spoji se sa izvorom struje preko promenljivog transformatora i aparat se zagreva tako da u početku temperatura raste za 6 - 10°C u minuti. Za vreme zagrevanja uzorak se neprestano meša pomoću mešalice. Na 15° do 20°C pre određene temperature paljenja uspori se brzina zagrevanja na 1 - 2°C u minuti i okretanjem mehanizma za paljenje počinje se unositi plamenik u posudu. U početku na svakih 2°C, a kasnije na svakih 1°C, plamenik se drži u posudi po dve sekunde. Pri unošenju plamenika mešanje se prekida. Temperatura na kojoj se pojavljuje plavi ast svetao plamen po celoj površini uzorka, predstavlja temperaturu paljenja.

Ponoviti sve sa novom količinom uzorka iste vrste, pri čemu rezultati merenja ne treba da se razlikuje od prethodnog za više od 2°C.

**Zadatak vežbe**

1. Uzorak te nosti pažljivo sipati u posudu za uzorak .
  2. Posudu sa uzorkom postaviti u ležište aparature, poklopiti, spojiti mešalicu sa elektromotorom, postaviti termometar i podesiti veli inu plami ka na plameniku.
  3. Podesiti brzinu zagrevanja uzorka u aparaturi.
  4. Prema datom uputstvu odrediti temperaturu paljenja uzorka.
  5. Postupak ponoviti sa novom koli inom istog uzorka (prethodno ohladiti aparaturu na temperaturu koja je najmanje 15°C ispod o ekivane temperature paljenja).
- Za temperaturu paljenja te nosti uzeti srednju vrednost ova dva ispitivanja.

**Rezultati merenja**

Uzorak: \_\_\_\_\_

| temp. °C | test | temp. °C | test |
|----------|------|----------|------|
|          |      |          |      |
|          |      |          |      |
|          |      |          |      |
|          |      |          |      |
|          |      |          |      |
|          |      |          |      |
|          |      |          |      |
|          |      |          |      |
|          |      |          |      |
|          |      |          |      |
|          |      |          |      |
|          |      |          |      |
|          |      |          |      |
|          |      |          |      |
|          |      |          |      |
|          |      |          |      |
|          |      |          |      |

Izra unati temperaturu paljenja na normalnom pritisku:

$$t_n = t_b - \frac{b - 760}{30}$$

pritisak za vreme ispitivanja u prostoriji (b): \_\_\_\_\_

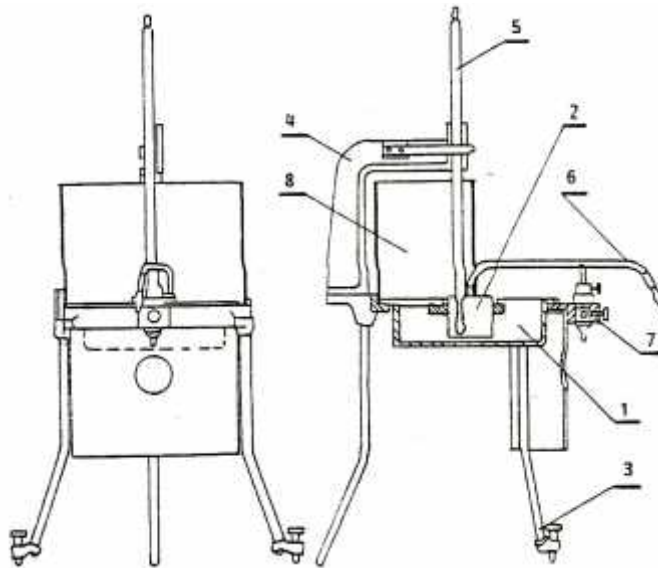
srednja temperatura paljenja pri atmosferskom pritisku ( $t_b$ ): \_\_\_\_\_

temperatura paljenja pri normalnom pritisku ( $t_n$ ): \_\_\_\_\_

|   |        |        |
|---|--------|--------|
| <p><b>Vežba 9:</b></p> <p><b>ODREĐIVANJE TEMPERATURE PALJENJA U OTVORENOM SUDU PO MARKUSONU</b></p> | Datum: | Overa: |
|---|--------|--------|

Metoda određivanja temperature paljenja u otvorenom sudu po Markusonu odgovara standardnoj metodi SRPS B.H8.601.

Navedena metoda je jedina koja se izvodi u aparatu sa otvorenim lon i em. Za ovo ispitivanje potreban je Markusonov aparat koji je prikazan na slici 16. On se sastoji od posude za uzorak (1), peš anog kupatila (2), tronošca (3), držača termometra (4), termometra (5), uređaja za paljenje (6) i mehanizam za obrtanje (7).



Slika 16. aparatura za određivanje temperature paljenja po Markusonu

Termometri koji se koriste prilikom ispitivanja moraju zadovoljavati sledeće uslove: temperaturni intervali na termometrima kreću se u granicama od  $40^{\circ}$  do  $260^{\circ}\text{C}$  za tačku zapaljivosti ispod  $230^{\circ}\text{C}$  i od  $190^{\circ}$  do  $410^{\circ}\text{C}$  za tačku zapaljivosti iznad  $230^{\circ}\text{C}$ . Donji deo termometra (rezervoar sa živom) ima loptast oblik. Skala termometra počinje na  $30 \pm 3$  mm od donjeg dela rezervoara sa živom.

Uređaj za paljenje sastoji se od metalne cevi prečnika 6 mm, koja na jednom kraju ima sisak a na drugom priključak za gumeno crevo. Uređaj je tako privržen za nosač lon i a da može da se obrtiti oko ose, pri čemu sisak opisuje luk koji prolazi kroz osu lon i a. Na ovaj način je obezbeđeno da se donji rub plamena slobodno kreće u ravni gornjeg ruba lon i a.

Uređaj za zagrevanje aparata ili Bunzenov plamenik, postavlja se ispod peš anog kupatila, tačno ispod porcelanskog lon i a. Uređaj za zagrevanje može biti Bunzenov plamenik ili električni grejač koji omogućuje porast temperature od  $6 \pm 1^{\circ}\text{C}$  u minuti.

Porcelanski lon i a ima zapreminu  $50\text{ cm}^3$ , a iznutra i spolja je gle osan. Sa unutrašnje strane zida lon i a obeležene su crna i crvena linija. Lon i a se uvršuje na nosač pomoću dve stege.

Određivanje temperature paljenja radi se u prostoru koji je zaštićen i od najmanjeg strujanja vazduha (promaje). Prostorija u kojoj se vrši ispitivanje mora biti zamračena da bi se jasno mogao zapaziti bljesak plamena. Cela aparatura treba da bude zaštićena zaklonom

od lima. Temperatura pre po etka svakog ispitivanja mora biti najmanje 60°C ispod o ekivane temperature zapaljivosti.

Uzorci koji se ispituju moraju biti prethodno dobro izmešani. Uzorci koji sadrže emulgovanu vodu, moraju u istoj posudi tako dugo stojati dok se voda ne izdvoji. Za ispitivanje ta ke zapaljivosti mogu se upotrebiti samo uzorci koji u sebi ne sadrže emulgovanu vodu. Za svako ispitivanje upotrebljava se lon i koji je potpuno o iš en od ostataka ulja i rastvara a i osušen na 100°C. Najmanji tragovi rastvara a mogu prouzrokovati neta ne rezultate. Uzorci sa temperaturom zapaljivosti do 250°C pune se do gornje crte, a iznad 250°C do donje crvene crte. Prilikom punjenja lon i a ulje ne sme da sadrži mehure i vazduha, a zidovi iznad oznaka ne smeju se zamazati uljem. Peš ano kupatilo puni se do donjeg ruba nosa a lon i a suvim prosejanim peskom. Lon i se obrtanjem levo-desno utiskuje u pesak sve dok obod lon i a ne nalegne na nosa . Cela aparatura postavlja pomo u libele i viska na tronošcu u vodoravan položaj.

Termometar se postavlja tako da rezervoar termometra bude udaljen 5 mm od zida lon i a. Kada se posuda napuni uzorkom, uroni se termometar lagano do dna posude, a zatim se podigne za 2 mm. Razmak od 2 mm se podešava pomo u crtice na nosa u termometra.

Plami ak se napaja gradskim, propan-butanom ili nekim drugim podesnim gorivom. Dužina plami ka treba da iznosi ta no 10 mm i mora se esto kontrolisati.

Aparatura se zagreva tako da temperatura uzorka u po etku raste svakog minuta za  $6\pm 1^\circ\text{C}$ . Ovu brzinu zagrevanja treba smanjiti kad se temperatura približi ta ki paljenja uzorka i tada treba da iznosi  $3\pm 1^\circ\text{C}$  za svaki minut.

Ispitivanje uzoraka ija je temperature paljenja ispod 250°C po inje se na 30°C ispod o ekivane temperature paljenja. Ako se temperatura paljenja nalazi iznad 250°C, ispitivanje po inje na oko 50°C ispod o ekivane.

Ukoliko ni približno nije poznata temperatera paljenja uzorka, prethodno se vrši opitno ispitivanje.

im se postigne temperatura od otprilike 30°C, odnosno 50°C ispod o ekivane temperature paljenja, pokre e se plami ak ravnomernom brzinom levo-desno iznad površine uzorka u ravni gornjeg ruba lon i a. Ovo se vrši posle svakog stepena povišenja temperature. Kretanje plami ka iznad lon i a treba da traje oko jedne sekunde. Temperatura pri kojoj se prvi put zapale sakupljeni gasovi na površini uzorka o ita se u celim stepenima i ozna ava se kao temperatura paljenja. Ispitivanje se mora ponoviti kada je dobijena temperatura paljenja niža od o ekivane. Merodavan je u tom slu aju rezultat drugog ispitivanja. Uzorci sa kojima su ve vršena ispitivanja ne smeju se upotrebiti za ponovno ispitivanje.

### Zadatak vežbe

1. Uzorak te nosti pažljivo sipati u posudu za uzorak.
2. Posudu sa uzorkom postaviti u peš ano kupatilo, a zatim postaviti termometar u uzorak.
3. Podesiti dužinu plamena na plameniku.
4. Aparaturu zagrevati odre enom brzinom.
5. Prema datom uputstvu odrediti temperaturu paljenja ispitivanog uzorka

**Rezultati merenja**

Uzorak: \_\_\_\_\_

| temp. °C | test | temp. °C | test | temp. °C | test |
|----------|------|----------|------|----------|------|
|          |      |          |      |          |      |
|          |      |          |      |          |      |
|          |      |          |      |          |      |
|          |      |          |      |          |      |
|          |      |          |      |          |      |
|          |      |          |      |          |      |
|          |      |          |      |          |      |
|          |      |          |      |          |      |
|          |      |          |      |          |      |
|          |      |          |      |          |      |

## METODE ODREĐIVANJA SAMOPALJENJA

Proces samozagrevanja materijala koji se završava gorenjem naziva se **samopaljenje**.

Svako samozagrevanje ne mora da se završi samopaljenjem materijala koji se zagreva, ali u većini slučajeva takav materijal gubi na kvalitetu, a često nije za dalju upotrebu.

Samopaljive materije potrebnu količinu toplote za zagrevanje do temperature paljenja ne dobijaju spolja, već ona nastaje kao rezultat raznih procesa koji se odvijaju u samoj materiji. Ti procesi predstavljaju, ustvari, određene fizičke, hemijske i biološke reakcije koje dovode do samopaljenja. Takvi procesi iziskuju određeno vreme, a mogu da otpočnu već pri normalnim temperaturama od 10<sup>o</sup> do 20°C, kod onih materija koje su sklone samozagrevanju i koje, stoga, predstavljaju veoma opasne materije u pogledu prouzrokovanja požara. Tako na primer, kod lanenog ulja proces samozagrevanja traje „samo“ nekoliko časova, kod otpadaka nitrolaka nekoliko dana, dok kod uglja ovaj proces može trajati i nekoliko meseci.

U grupu materija sklonih samopaljenju spada pamuk natopijen masnom, aluminijumski prah koji sadrži masne materije, gvožđe u prahu natopljenom uljem, cerealije, drvena strugotina itd.

U zavisnosti od vrste materije do samopaljenja iste može doći na različitim vrednostima temperatura.

Temperatura samopaljenja definiše se kao najniža temperatura neke materije pri kojoj dolazi do naglog povećanja brzine egzotermne reakcije, što dovodi do pojave gorenja plamenom.

Izbor metode pri eksperimentalnom određivanju temperature samopaljenja zavisi, između ostalog i od agregatnog stanja ispitivane materije.

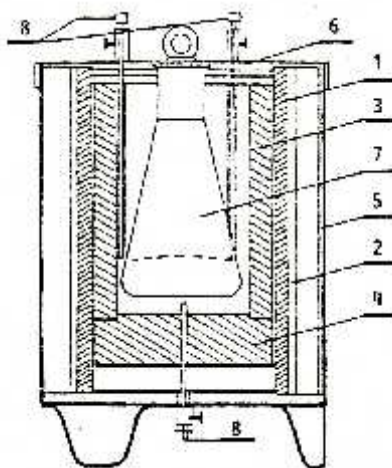
|  |        |        |
|--|--------|--------|
| <b>Vežba 10:</b>   | Datum: | Overa: |
| <b>ODREĐIVANJE TEMPERATURE SAMOPALJENJA GASOVA I PARA STANDARDNOM SRPS METODOM</b> |        |        |

Ova metoda odgovara standardnoj metodi SRPS N.S8.020, a u skladu je i sa DIN i ASTM standardima, međutim, ovaj standard je povučen 31.07.2013. godine.

Ova metoda se koristi za određivanje samopaljenja gasova, gasnih smeša i para zapaljivih tečnosti u smeši sa vazduhom, pri atmosferskom pritisku.

Osnovni deo aparature je peć koja se sastoji od vatrostalnog cilindra (1), oko kojeg je po celoj njegovoj dužini ravnomerno namotan električni grejač (2). U cilindar je smešten uzorkovani umetak (3), sa uzorkom na dnu (4), a ceo cilindar je smešten u omotač (5). Peć se zatvara poklopcem (6).

Uzorci se ispituju u erlenmajerovoj tikvici zapremine 200 cm<sup>3</sup> od borsilikatnog stakla (7). Ako temperatura samopaljenja ispitivanog uzorka prelazi temperaturu omekšavanja stakla, upotrebljava se tikvica od kvarcnog stakla ili metalna tikvica. Temperatura tikvice se meri pomoću dva kalibrisana termoelementa (8). Na slici 17 prikazana je aparatura za ispitivanje zapaljivosti gasova i para.



Slika 16. aparatura za ispitivanje zapaljivosti gasova i para po standardnoj SRPS metodi

Peć sa reakcionom tikvicom se zagreva do pretpostavljene temperature samopaljenja, a zagrevanje se reguliše tako da termoparovi budu iste temperature za gornji i donji grejač ili da im se temperature ne razlikuju više od  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Provera zagrejanosti aparature, kao i izbor mernih mesta temperatura, kontrolišu se poređenjem sa temperaturom samopaljenja za referentne supstance koja je isto a 99,9%, a date su u tabeli 6.

Tabela 6. Temperature samopaljenja referentnih istih supstanci

| Referentne supstance               | Temperatura samopaljenja [ $^{\circ}\text{C}$ ] | Odstupanje [ $^{\circ}\text{C}$ ] |
|------------------------------------|---|-----------------------------------|
| n-heptan $\text{C}_7\text{H}_{16}$ | 222   | +3 -7                             |
| benzen $\text{C}_6\text{H}_6$      | 566   | +9 -14                            |
| etilen $\text{C}_2\text{H}_4$      | 425   | +5 -10                            |

Uzorak se unosi u erlenmajerovu tikvicu pomoću štrcaljke. Za unošenje gasnih uzoraka upotrebljava se kalibrisana štrcaljka, nepropusna za gasove. Za te ne uzorke se koristi štrcaljka za potkožne injekcije zapremine 0,25 ili 1 cm<sup>3</sup>, sa iglom od neraznog ugla elika pre nika maksimalno 0,15 mm. U štrcaljku se usisa određena količina ispitivanog uzorka koji se odmah potom (za vreme kraće od 2 sekunde) unese u zagrejanu tikvicu. Za vreme ispitivanja uzorak se posmatra pomoću ogledala postavljenog pod povoljnim uglom iznad boce, u zamračenoj prostoriji. Kada se uzorak ubrizga u tikvicu uključuje se štoperica i u trenutku pojavljivanja plamena ona se isključuje.

Ako se plamen ne pojavi u toku 5 min ispitivanje se prekida, smatrajući da na temperaturi ispitivanja uzorak nije samozapaljiv.

Posle svakog ispitivanja tikvicu treba produvati suvim i čistim vazduhom i ostaviti je dovoljno vremena da se stabilizuje na temperaturi na kojoj će se vršiti ispitivanje.

Temperatura samopaljenja određuje se izvođenjem dve serije ispitivanja: prethodne i glavne.

Prethodna ispitivanja se vrše da bi se utvrdile najmanje količine samozapaljivih uzoraka, koje se zatim koriste u toku glavnih ispitivanja.

Ispitivanja se ponavljaju na različitim temperaturama, sa različitim zapreminama ispitivanog uzorka, sve dok se ne postigne najniža vrednost temperature samopaljenja.

Za određivanje minimalne temperature samopaljenja ispitivanja se vrše sa istom količinom uzorka ali uz variranje temperature sve dok se ne odredi ta minimalna temperatura, takva da na 5°C ispod te temperature ne dođe do samopaljenja uzorka. Ta temperatura se obično određuje sa 6 do 8 proba, s tim da se količine uzorka u njima razlikuju za 0,2 do 0,5 cm<sup>3</sup>.

Na osnovu dobijenih rezultata merenja crta se grafikon zavisnosti temperature samopaljenja od količine uzorka. Količina uzorka koja odgovara minimumu na dobijenoj krivoj, uzima se za najlakše samozapaljiv uzorak (količinu).

Sa tom količinom vrši se glavna serija ispitivanja. Za ta ispitivanja se uzima 10 do 20 proba uzorka. U ovoj seriji ispitivanja na najnižoj temperaturi, koja je prethodno određena, ne bi trebalo da dođe do samopaljenja ni jedne od 10 ispitivanih proba. Potom se ispitivanje ponovi sa 10 do 20 proba na temperaturi koja se od prethodne ne razlikuje za više od 2°C.

Tada bar kod dve probe treba uočiti samopaljenje. Srednja aritmetička vrednost te dve temperature uzima se za temperaturu samopaljenja uzorka.

### Zadatak vežbe

- Zagrejati peć na temperaturu oko 15°C nižu od određene temperature samopaljenja
- Pomoću šprica odmeriti 0,5 cm<sup>3</sup> uzorka i uneti ga u zagrejanu tikvicu, tako da vreme unošenja uzorka bude max. 2 sekunde
- U trenutku unošenja uzorka uključiti štopericu i pratiti da li dolazi do samopaljenja uzorka, ako za 5 min ne dođe do paljenja, ponoviti na sledećoj temperaturi.
- Pre svakog unošenja uzorka u peć tikvicu u peć i produvati sa čistim vazduhom.
- Postupak ponoviti ponovo sa uzorkom zapremine 1,0 i 2,0 cm<sup>3</sup>.
- Za temperaturu samopaljenja uzima se najniža temperatura na kojoj se uzorak zapalio

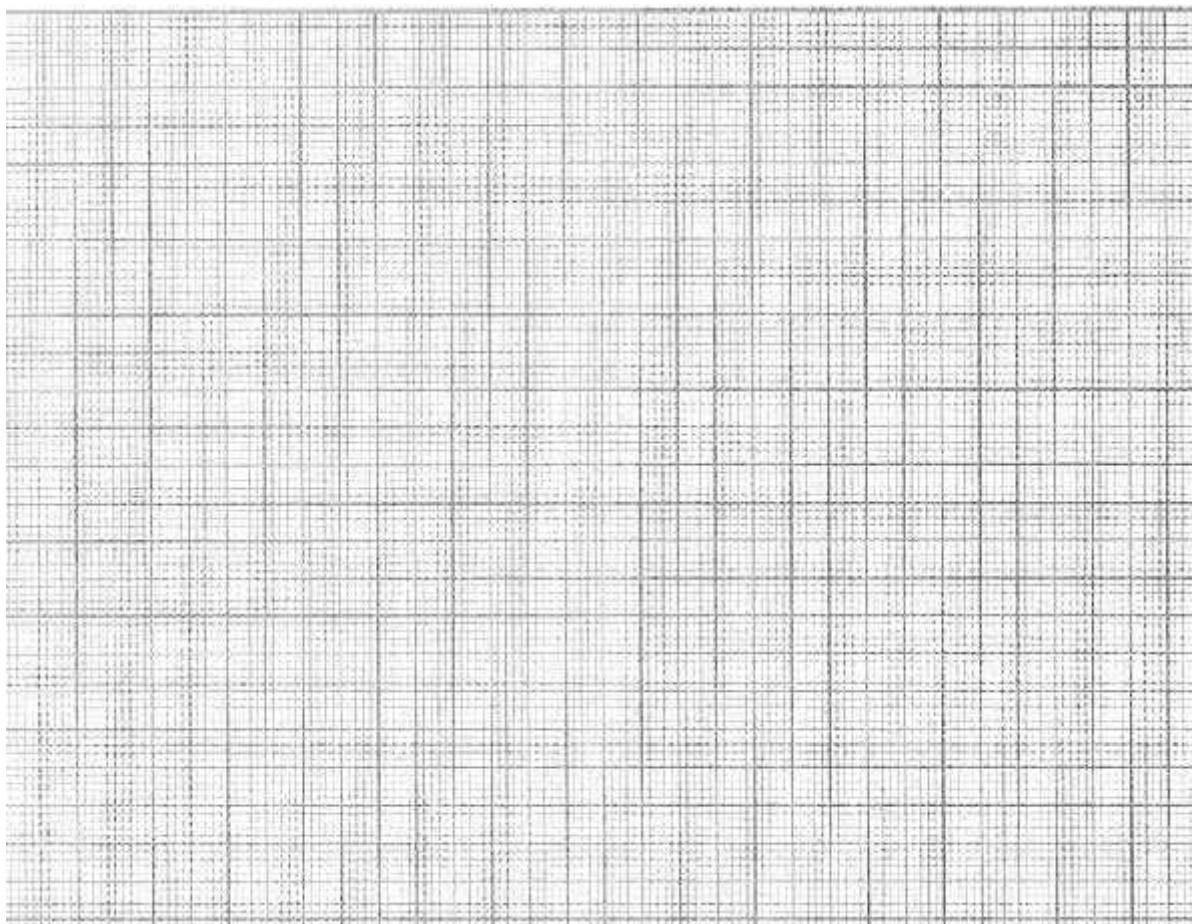


**Rezultati merenja**

Uzorak: \_\_\_\_\_

| 0,5 cm <sup>3</sup> uzorka |      | 1,0 cm <sup>3</sup> uzorka |      | 2,0 cm <sup>3</sup> uzorka |      |
|----------------------------|------|----------------------------|------|----------------------------|------|
| temp. °C                   | test | temp. °C                   | test | temp. °C                   | test |
|                            |      |                            |      |                            |      |
|                            |      |                            |      |                            |      |
|                            |      |                            |      |                            |      |
|                            |      |                            |      |                            |      |
|                            |      |                            |      |                            |      |
|                            |      |                            |      |                            |      |
|                            |      |                            |      |                            |      |
|                            |      |                            |      |                            |      |
|                            |      |                            |      |                            |      |

Temperatura samopaljenja uzorka je: \_\_\_\_\_

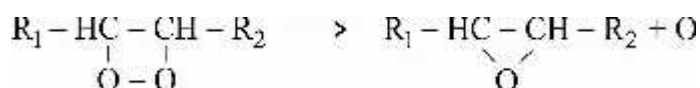
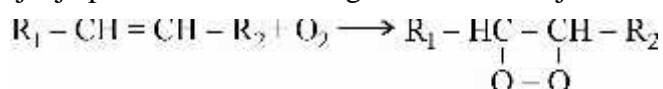


|  |        |        |
|--|--------|--------|
| <b>Vežba 11:</b>                             | Datum: | Overa: |
| <b>ODRE IVANJE SAMOPALJENJA MASTI I ULJA</b> |        |        |

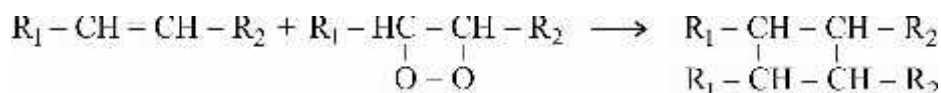
Od organskih materija, ulja i masti spadaju u materije koje su veoma sklone samozagrevanju, odnosno samopaljenju i to prvenstveno zbog nezasi enih masnih kiselina koje ulaze u njihov sastav, a koje su podložne reakciji oksidacije i polimerizacije.

Ove nezasi ene masne kiseline, tj. masti i ulja koje ih sadrže, oksidišu na vazduhu i to ve na sobnim temperaturama i stvaraju peroksidge. Nastali peroksidge lako se razlažu i pri tome osloba aju kiseonik u atomskom stanju, koji je sposoban da oksidiše i teško oksidativna jedinjenja.

Reakcija nastajanja peroksidge i atomskog kiseonika odvija se na slede i na in:

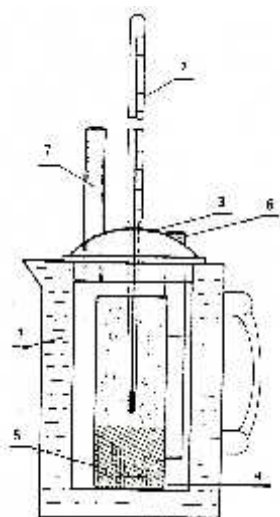


Istovremeno sa oksidacijom te e i proces polimerizacije nezasi enih jedinjenja:



Oksidacija i polimerizacija se odvijaju uz izdvajanje toplote. Ako se nastala toplota ne odvodi, ona se akumulira, pove ava temperaturu ovih materija i u jednom trenutku dolazi i do samopaljenja.

Samozapaljivost ulja i masti odre uje se u aparaturi po Mackey-u. Skica ove aparature prikazana je na slici 17.



#### Legenda:

1. vodeno kupatilo
2. termometar sa izduženim rezervoarom (0° – 250°C)
3. poklopac
4. prihvatni konus
5. ži ani cilindar
6. usisna cev
7. ventilaciona cev

Slika 17, Aparatura za odre ivanje samopaljenja masti i ulja po Mackey-u

Osnovni delovi aparature su: cilindri ni sud sa duplim zidovima za vodu i poklopcem, termometar i cilindar napravljen od metalne mreže.

Princip ove metode je u tome da se pamu na vata ravnomerno natopi odre enom koli inom ulja i da se zatim tako namaš ena vlakna izlože delovanju konstantne temperature od 97° do 98°C u jednom rezervoaru sa ži anom mrežom.

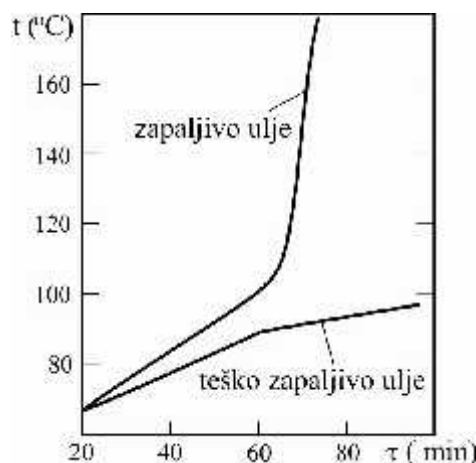
U toku odre enog vremenskog intervala prati se porast temperature izazvan spontanom oksidacijom ulja kojim je vata natopljena.

Na tehni koj vagi izmeri se 7 grama vate koja se rasprostre u širokoj plitkoj porcelanskoj iniji. Zatim se izmeri 14 grama ulja koje se ispituje. Uzorak ulja se ravnomerno raspodeli po rastresitoj vati. Nakon toga, vata se vrsto umota u rolnu i nakon valjanja ras upka se u velike lake pahulje. Rastresita, upkanjem razdvojena vata, impregnirana uljem, obmotava se oko termometra u cilindru od ži ane mreže, tako da vata ispuni oko 3/4 zapremine cilindra. Pri tome treba voditi ra una da vata zahvati termometar do oznake 80°C.

U plašt cilindri nog suda sipa se voda i kupatilo se zagreje do temperature klju anja. Ova temperatura se održava sve vreme trajanja ogleada. Zbog isparavanja vode, neophodno je povremeno dodavati klju alu vodu.

Posle punjenja ži anog cilindra i stavljanja u vazdušno kupatilo, sud se zatvara poklopcera koji na sebi ima dve cevi (za dovod i odvod vazduha).

Posle 30 minuta treba da je dostignuta temperatura od 80°C, a onda se u razmacima od po 5 minuta o itava porast temperature i dobijene vrednosti se beleže. Na kraju eksperimenta dobijene vrednosti se unose u dijagram tako što se na ordinatu nanose vrednosti temperature koje su dobijene u toku ogleada, a na apscisu vreme trajanja ogleada. Na slici 18. prikazan je izgled krive za teško zapaljivo i zapaljivo ulje.



Slika 18. Kriva porasta temperature sa vremenom

Zagrevanje traje 90 minuta. Ako termometar posle 90 minuta ra unaju i od po etka ogleada, pokazuje temperaturu od 100° -102°C, ulje je **teško zapaljivo**.

Ako se temperatura penje iznad 100°C, ulje je **zapaljivo**.

Kod **vrlo zapaljivih** ulja temperatura se penje u toku 45 minuta na preko 200°C. U tim slu ajevima termometar se vadi iz aparature i ispitivanje se prekida jer nauljena vata, pri toj temperaturi, može lako da se zapali.

#### Zadatak vežbe

- odmeriti 7 g vate i 14 g uzorka ulja
- vatu iš upkati i nauljiti sa ispitivanim uljem tako da se sva vata dobro imegnira sa uzorkom i da bude rastresita i upkanjem razdvojena.
- u rezervoar aparature po Meckey-u sipati vodu i zagrejati vodeno kupatilo do temperature klju anja.
- ži ani cilindar napuniti do 3-4 sa vatom impregniranom sa uzorkom i postaviti u aparaturu, poklopiti aparaturu i postaviti termometar.

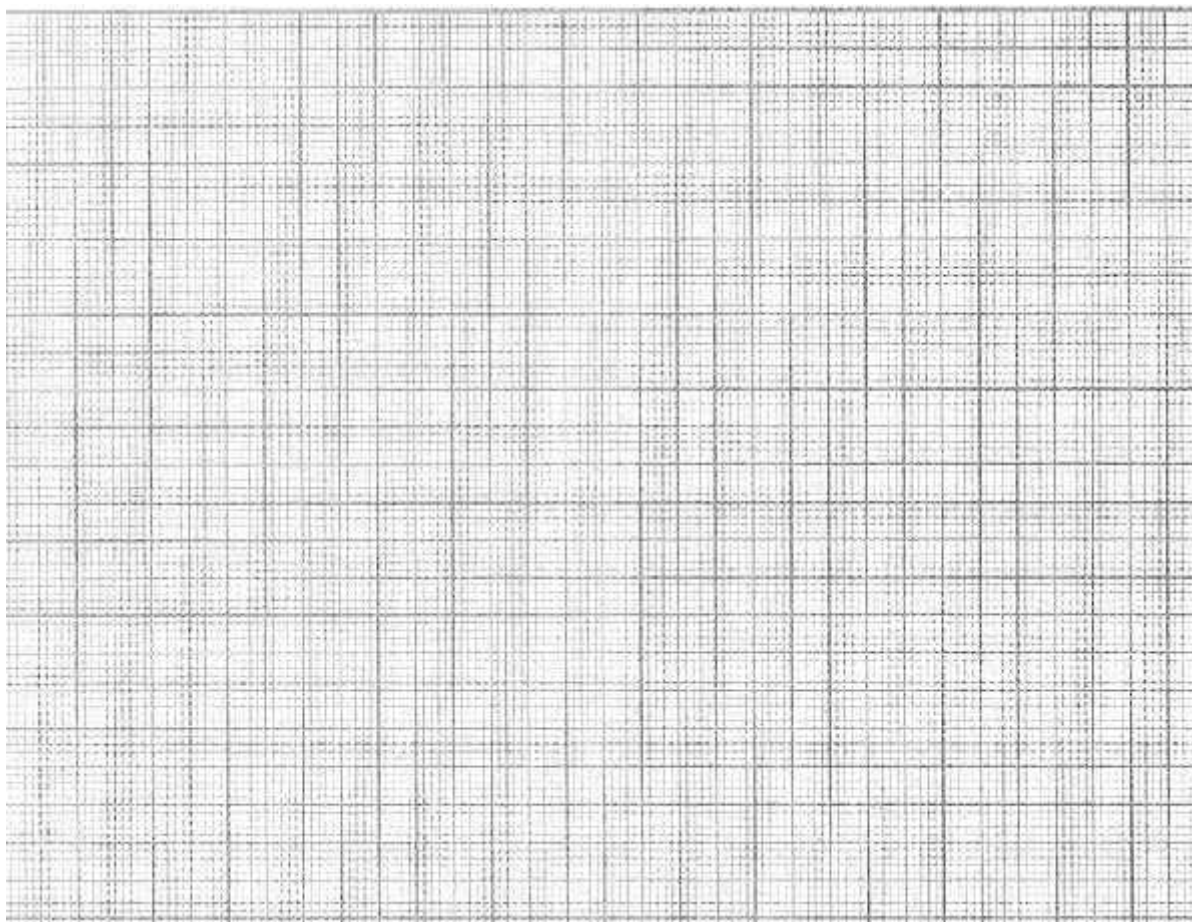
- U toku ispitivanja, pratiti promenu temperature u toku vremena i beležiti temperaturu u vremenu od 5 minuta. Ako temperatura u toku ispitivanja naglo raste, beležiti njene vrednosti svakog minuta.
- na osnovu dobijenih vrednosti na milimetarskoj hartiji nacrtati dijagram koji daje zavisnost promene temperature u toku vremena.
- klasifikovati ispitivano ulje u jednu od tri kategorije.

**Rezultati merenja**

Uzorak: \_\_\_\_\_

| Vreme (min) | Temperatura (°C) | Vreme (min) | Temperatura (°C) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 30          |                  | 65          |                  |
| 35          |                  | 70          |                  |
| 40          |                  | 75          |                  |
| 45          |                  | 80          |                  |
| 50          |                  | 85          |                  |
| 55          |                  | 90          |                  |
| 60          |                  |             |                  |

Ispitivni uzorak pripada kategoriji \_\_\_\_\_



|                                      |        |        |
|--------------------------------------|--------|--------|
| <b>Vežba 12:</b>                     | Datum: | Overa: |
| <b>ODREĐIVANJE JODNOG BROJA ULJA</b> |        |        |

Količina kiseonika koja se može vezati u molekule nezasićenih masnih kiselina ulja, zavisi od broja nezasićenih (duplih) veza u molekulu. Što je veći i broj duplih veza, više se kiseonika može vezati.

Merilo afiniteta prema kiseoniku naziva se jodni broj ulja. Što je jodni broj veći, veća je opasnost od samozagrevanja i samopaljenja. Jodni broj označava koliko grama joda ili nekog drugog halogena (preporučeno jod), može da veže 100 grama nekog jedinjenja.

Postoji više metoda za određivanje jodnog broja, koje se razlikuju prema upotrebljenom rastvaraču, kao i prema vrsti jod-halogenida (halogena joda). Danas se najviše koriste metode adicije jod-bromida (IBr) po Hanušu i Wijsu.

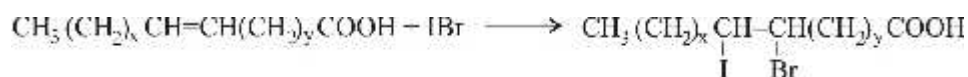
Princip ovih metoda je isti i zasniva se na tome da se na rastvor masti ili ulja deluje sa viškom halogena, a zatim se višak koji se nije adirao, titriše rastvorom natrijumsulfata.

Postupci se međusobno razlikuju po sastavu reagensa za halogenovanje, viškom halogena, vremenu trajanja adicije, kao i po rastvaraču za masti i ulja.

U erlenmajer zapremine od 300 cm<sup>3</sup> sa brušenim zupcima odmeri se od 0,2 do 0,5 grama ulja i masti. Jodni broj do 100, odnosno 0,1 do 0,2 grama one supstance je jodni broj veći od 100.

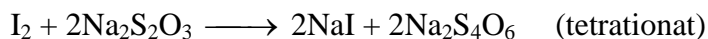
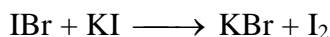
U erlenmajer se, zatim doda 10 do 15 cm<sup>3</sup> istog hloroforma i pažljivo promućka, dok se uzorak sasvim ne rastvori. Zatim se iz birete uzorku doda 25 cm<sup>3</sup> rastvora jod-monobromida (IBr) u glacialnoj obojnoj kiselini. Erlenmajer se zatvori i ostavi da stoji na tamnom mestu (u mraku) 30 minuta da bi se izvršila reakcija adicije jod-monobromida.

Na isti način se sprema i slepa proba sa svim dodacima, osim uzorka ulja. Adicija jod-monobromida odvija se po sledećoj jednačini:



Po završenoj adiciji određuje se količina reagensa koja nije izreagovala. To se radi na taj način što se uzorku i slepoj probi doda menzura od 15 cm<sup>3</sup> 10%-nog rastvora KI i po 150 cm<sup>3</sup> destilovane vode.

Kalijum-jodid reaguje sa viškom jod-bromida, pri čemu se oslobađa ekvivalentna količina joda, koji se titriše standardnim rastvorom natrijumsulfata, čija je koncentracija 0,1 mol/dm<sup>3</sup>, na uobičajeni način, odnosno prema reakciji:



Završna tačka titracije se određuje upotrebom škrobnog rastvora. Jodni broj se izražava prema sledećoj jednačini:

$$J_b = \frac{(a - b) \cdot 126,91 \cdot c \cdot 100}{1000 \cdot g}$$

gde je:

- a – broj cm<sup>3</sup> rastvora natrijumsulfata, utrošenih za slepu probu
- b – broj cm<sup>3</sup> rastvora natrijumsulfata, utrošenih za titraciju uzorka
- c – koncentracija rastvora natrijumsulfata (0,1 mol/dm<sup>3</sup>)
- g – količina uzorka u gramima
- 126,91 – relativna atomska masa joda

Titracija se vrši prvo do svetložute boje, a zatim se dodaje 1 do 2 cm<sup>3</sup> rastvora skroba (rastvor se oboji u plavo) i titracija se nastavlja do potpunog nestanka plave boje probe.

U Tabeli 4. date su vrednosti jodnog broja za neke vrste ulja i masti. Vrednosti su date u granicama koje su utvrđene za data prirodna ulja i masti.

Tabela 7. Jodni broj ulja i masti

| Ulje ili mast    | jodni broj |
|------------------|------------|
| arašida          | 84-100     |
| badema           | 102-105    |
| kukuruznih klica | 103-128    |
| lana             | 170-204    |
| masline          | 80-88      |
| oraha            | 138-162    |
| repice           | 97-108     |
| ricinusa         | 81-91      |
| semena bundeve   | 113-130    |
| soje             | 120-141    |
| suncokreta       | 125-136    |

**Pribor:**

- erlenmajer sa brušenim zaptom od 300 cm<sup>3</sup>
- menzura od 25 cm<sup>3</sup>
- bireta od 50 cm<sup>3</sup>
- analitička vaga

**Reagensi:**

- jodmonobromid u sirćetnoj kiselini
- hloroform
- 10% KI
- 0,1 mol/dm<sup>3</sup> Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- 1% rastvor skroba

**Zadatak vežbe:**

Odrediti jodni broj u ispitivanom uzorku ulja prema datom uputstvu.

**Rezultati ispitivanja:**

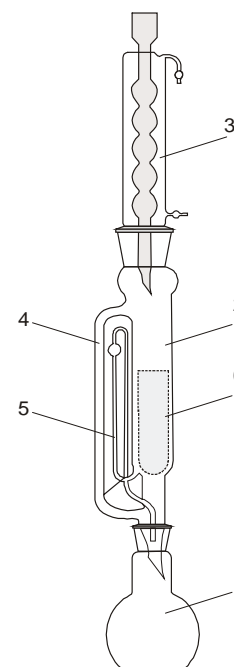
|   |        |        |
|---|--------|--------|
| <b>Vežba 13:</b>                              | Datum: | Overa: |
| <b>ODREĐIVANJE SADRŽAJA ULJA U ULJARICAMA</b> |        |        |

Uljarice su biljke iz kojeg se semena (ili ploda) dobijaju biljna ulja. S obzirom da je za proizvodnju najvažnije poznavanje sadržaja ulja, to se ono najčešće određuje ekstrakcijom pomoću u pogodnog organskog rastvarača u kojem je ulje rastvorljivo. Kao sredstva za ekstrakciju ulja preporučeni su n-heksan ili petroleter (laki benzin) koji ključa između  $50^{\circ}$  i  $70^{\circ}\text{C}$ . S obzirom na njihovu laku zapaljivost u ovu svrhu se koriste još ugljentetrahlorid ( $t_{\text{ključanja}} = 76,8^{\circ}\text{C}$ ) ili hloroform ( $t_{\text{ključanja}} = 61,3^{\circ}\text{C}$ ).

Sadržaj ulja se određuje ekstrakcijom pomoću u rastvarača (npr. petroletra). S obzirom da se pri tome pored ulja mogu ekstrahovati i druge supstance (npr. vosak iz ljuske suncokretovog semena), ispravnije je govoriti o petroleterskom ekstraktu ili ekstraktu u rastvaraču u koji je upotrebljen.

### Opis aparature

Aparatura za određivanje sadržaja ulja ekstrakcijom po Soxhlet-u prikazana je na slici br.19. Aparatura se sastoji od balona (1) od 200 do 250  $\text{cm}^3$  u koji se hvata ekstrakt. Na balon se postavlja ekstraktor (2) koji ima odvodnu cev za pare rastvarača (4) i sifonsku cev za prelivanje rastvarača (5). U ekstraktor se postavlja tura sa uzorkom (6). Ekstraktor je povezan sa uspravnim hladnjakom (sa kuglama ili spiralom) (3).



Slika 19. Aparatura za određivanje sadržaja ulja ekstrakcijom

### Postupak rada:

Seme uljarice (suncokret, soja, repica, lan itd.) se samelje ili se, u nedostatku mlina, dobro istuca i izmelje u avanu. Za analizu se izmeri oko 10 g isitnjenog semena sa tačnošću od 0,001 g i sipa u turu koja se prethodno izmeri. Pošto se tura zatvori komadom iste vate ili hartijom za ceđenje, ona se stavi u srednji deo ekstraktora. U nedostatku ture isitnjeno seme se može zaviti u hartiju za ceđenje.

Zatim se balon izmeri, (zajedno sa nekoliko staklenih perli) sa tačnošću od 0,001g i spoji sa ekstraktorom.

U ekstraktor se doda toliko rastvarača da se on napuni do iznad sifonske cevi. Pri tom sav rastvarača istekne u balon. Pošto se doda još oko 25  $\text{cm}^3$  rastvarača, na ekstraktor se stavi hladnjak i po njemu sa zagrevanjem na vodenom kupatilu ili električnim grejačem. Zagrevanje treba podesiti tako da iz hladnjaka rastvarača kaplje oko 3 kapi u sekundi. Ekstrahovanje traje 4 sata. Pri zagrevanju rastvarača isparava, para prolazi kroz cev na ekstraktoru, penje se u hladnjak gde se kondenzuje. Iz hladnjaka rastvarača kaplje u ekstraktor, gde natapa seme u turu i pri tom ekstrahuje ulje. Kada rastvarača u ekstraktoru dostigne određenu visinu preliva se preko sifonske cevi.

Posle završene ekstrakcije, prekine se grejanje skine hladnjak, izvadi tura sa semenom ponovo stavi hladnjak i balon zagreva dok se ekstraktor ne napuni rastvaračem. Pri tome, treba voditi računa da ne dođe do preliivanja rastvarača ponovo u balon. Tada se prekine zagrevanje i odvoji balon. Zatim se zagrevanjem na vodenom kupatilu u digestoru ispari

ostatak rastvarača. Tragovi rastvarača se uklone zagrevanjem balona u električnoj sušnici na 101-105° C u toku 20 min.

Kada se balon sa ostatkom ohladi, izmeri se sa tačnošću od 0,001 g. Sadržaj ulja se izražava prema sledećoj formuli:

$$\text{ulje \%} = \frac{m_3 - m_1}{m_2} \cdot 100$$

gde je:

$m_1$  [g] masa praznog balona

$m_2$  [g] masa uzorka

$m_3$  [g] masa balona i ostatka posle ekstrakcije

#### **Potreban pribor :**

- mehanički mlin za mlevenje semena ili avans tučkom
- balon za destilaciju od 200-250 cm<sup>3</sup>
- aparat za ekstrakciju po Soxlet-u
- aura za ekstrakciju i vata
- hladnjak
- staklene perle
- električni grejač, vodeno kupatilo
- sušnica
- analitička vaga

#### **Potrebni reagensi:**

- n-heksan, petroleter ili ugljen-tetrahlorid

#### **Zadatak vežbe:**

Prema datom uputstvu pripremiti materijal za ekstrakciju, sastaviti aparaturu i ekstrahovati ulje iz semena. Posle otparavanja rastvarača izmeriti količinu ulja u balonu. Prikazati kolika je masa dobijenog ulja i izraziti ga u %.

#### **Rezultati ispitivanja:**



