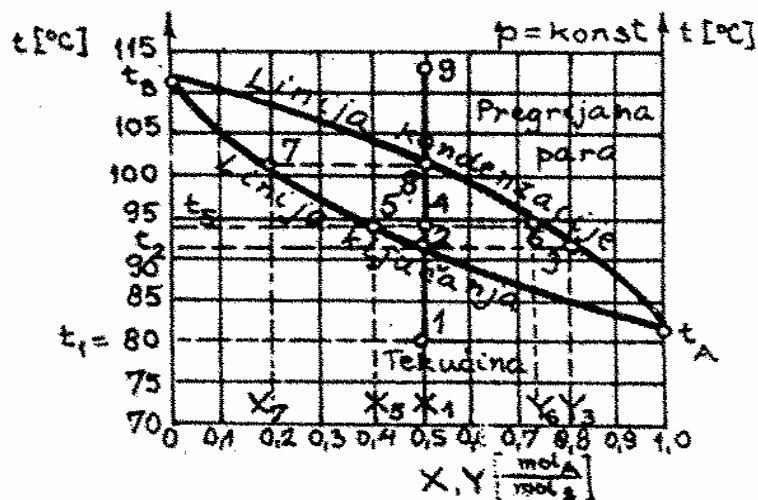


## DESTILACIJA

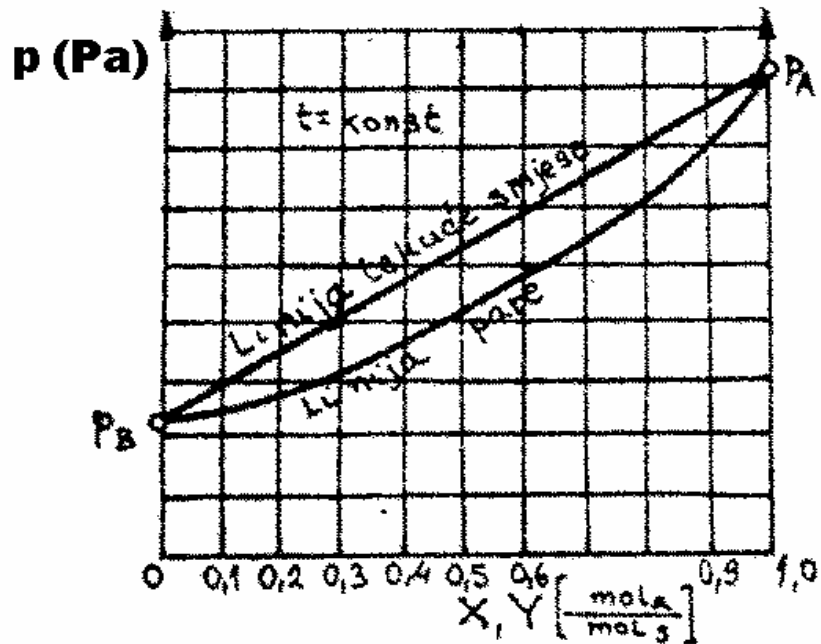
- ↓ Je tehnološka operacija kojom se tekuća smjesa hlapivih komponenata isparavanjem i naknadnim ukapljivanjem para razdvaja na relativno čiste komponente
- ↓ Destilacija se zasniva na različitoj hlapivosti komponenata smjese kod iste temperature
- ↓ Radi toga se u u parnoj fazi nalaze sve komponente tekuće smjese
- ↓ Udio je para lakše hlapive komponente u pari uvijek (osim kod azeotropnih smjesa) VEĆI nego u tekućoj smjesi

- ↓ Isparavanje se dvojne tekuće smjese bitno razlikuje od isparavanja čiste tekućine
- ↓ Pregledno se isparavanje dvojne tekuće smjese može pratiti na  $t,XY$ -dijagramu
- ↓ Na tom dijagramu se daje ovisnost temperature ključanja (kondenzacije) o sastavu tekuće smjese (ili pare) kod konst. tlaka
- ↓ Na osi ordinata nanosi se temp. ključanja tekuće smjese različitog sastava, a na osi apscisa molni udio lakše hlapive komponente u tekućoj smjesi  $X$  i pari  $Y$ .

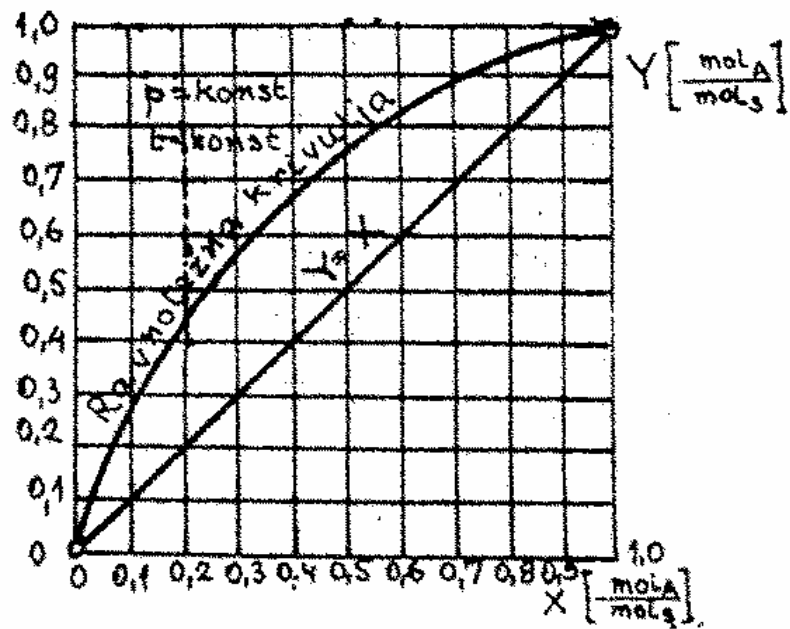
- ↓ Tako se dobivaju linije kondenzacije i linije ključanja tekuće smjese



- ↓ Još je pregledniji  $p,XY$ -dijagram na kojemu se ucrtavaju linije ukupnog tlaka pare (linija tekuće smjese)
- ↓ Ona predstavlja ovisnost tlaka pare tekuće smjese o sastavu tekuće smjese pri temp. ključanja ( $t = \text{konst.}$ ) i linija pare
- ↓ Iz ovog dijagrama se može odrediti sastav tekuće smjese i pare kod određenog tlaka i konst. temp. ili sastav pare ako je poznat sastav tekuće smjese



- Na  $X, Y$  dijagramu se na os ordinata nanose molni udjeli lakše hlapive komponente u pari, a na os apscisa molni udjeli lakše hlapive komponente u tekućoj fazi pri konst tlaku i temp. ključanja
- Ovdje se ucrtava ravnotežna krivulja koja prikazuje ovisnost sastava pare o sastavu tekuće smjese kod određenog tlaka
- Ravnotežna krivulja i dijagonala kvadrata na  $X, Y$  dijagramu omeđuje postojanja dviju faza
- Ispupčenost ove krivulje u odnosu na dijagonalu kvadrata kod određenog tlaka ovisi o omjeru toplina isparavanja komponenta



- U stvarnosti idealnih tekućih smjesa – NEMA
- Međutim mnoge su tekuće smjese koje se destilacijom razdvajaju manje ili više slične idealnim tekućim smjesama

## PODJELA DVOJNIH TEKUĆIH SMJESA

- ↓ *Dijele se na tekuće smjese:*
  1. Čije se komponente međusobno miješaju u svim omjerima, tvoreći homogenu tekuću smjesu
  2. Čije se komponente međusobno djelomično miješaju
  3. Čije se komponente međusobno ne miješaju
- ↓ *Tekuće smjese čije se komponente miješaju u svim omjerima dijele na IDEALNE I REALNE*

## PODJELA DVOJNIH TEKUĆIH SMJESA

- ↓ *Realne se tekuće smjese dijele na realne tekuće smjese s:*
  1. S pozitivnim  $i$
  2. Negativnim odstupanjem od Raoult-ovog zakona

## IDEALNE TEKUĆE SMJESE

- ↓ *Za idealne je tekuće smjese valjan RAOULT-ov zakon*
- ↓ *Prema tom zakonu je parcijalni tlak pare bilo koje komponente  $p_{pK}$  jednak produktu molnog udjela komponente u tekućoj smjesi  $X_K$  i tlaka pare čiste komponente  $p_K$  pri istoj temp.*

$$p_{pA} = p_A \cdot X_A [Pa]$$

- ↓ *Parcijalni tlak komponente A (isto vrijedi i za B)*

## IDEALNE TEKUĆE SMJESE

- ↓ *U općem se obliku Raoult-ov zakon se može formulirati pomoću pojma HLAPIVOSTI koju je uveo LEWIS*
- ↓ *PARCIJALNA je HLAPIVOST bilo koje komponente idealne tekuće smjese  $\alpha_{pK}$  jednaka produktu hlapivosti čiste komponente kod temp. tekuće smjese  $\alpha_K$  i molnog udjela komponente u tekućoj smjesi  $X_K$ :*

$$\alpha_{pA} = \alpha_A X_A [Pa]$$

## IDEALNE TEKUĆE SMJESE

- ↓ Omjer je parcijalne hlapivosti komponente  $\alpha_{pK}$  i hlapivosti komponente kod temperature smjese  $\alpha_K$  jednak AKTIVITETU komponente  $a_K$  u tekućoj smjesi:

$$a_K = \frac{\alpha_{pA}}{\alpha_A}$$

## IDEALNE TEKUĆE SMJESE

- ↓ Za idealnu je plinsku fazu valjan DALTON-ov zakon
- ↓ Prema jemu je parcijalni tlak bilo koje komponente u pari  $p_{pK}$  jednak produktu molnog udjela komponente u pari  $Y_K$  i ukupnog tlaka pare  $p$ :

$$p_{pA} = Y_A p [Pa]$$

## IDEALNE TEKUĆE SMJESE

- ↓ Omjer između tlaka pare čistih komponenata  $p_A$  i  $p_B$  kod iste temperature je RELATIVNA HLAPIVOST komponenata  $\alpha_{AB}$

$$\frac{Y_A}{X_A} : \frac{Y_B}{X_B} = \frac{p_A}{p_B} = \alpha_{AB}$$

- ↓ Relativna je hlapivost komponenata  $\alpha_{AB}$  u realnoj tekućoj smjesi jednaka:

$$\alpha_{AB} = \frac{Y_A}{X_A} : \frac{Y_B}{X_B} = \frac{\gamma_A p_A}{\gamma_B p_B}$$

- ↓ Koeficijent aktiviteta  $\gamma_A$  i  $\gamma_B$  ovisi o molnom udjelu komponenata u tekućoj smjesi  $X_A$  i  $X_B$  i donekle o temperaturi

- ↓ Azeotropne tekućine mogu imati jednu ili dvije tekuće faze
- ↓ Azeotropna tekuća smjesa se s jednom tekućom fazom zovu **HOMOGENI** azeotropi, a s dvije tekuće faze **HETEROGENI** azeotropi
- ↓ Azeotropna tekuća smjesa može nastati samo ako je omjer tlakova para čistih komponenata kod iste temperature jedan 1
- ↓ Za azeotropne smjese karakteristično je da su izoterme tekuće smjese u  $i,XY$  –dijagramu s temperaturnim minimumom ispupčene prema **GORE**, a s temperaturnim maksimumom prema **DOLJE**
- ↓ Izoterme kod vlažne pare u točki azeotropnog sustava paralelne su s ordinatom, jer je za te točke  $X=Y$

## **TOPLINSKE POJAVE KOD MIJEŠANJA**

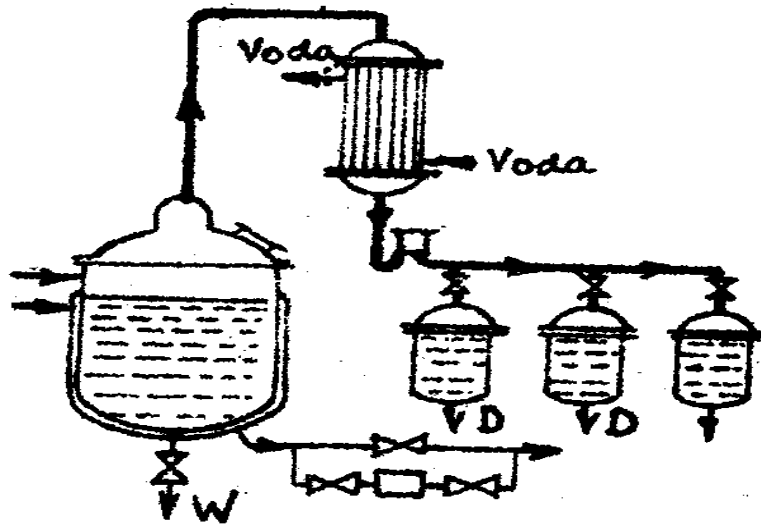
- ↓ Pomiješaju li se dvije tekućine iste temperature, nastala smjesa ima različitu temperaturu od temperature tekućina prije miješanja
- ↓ Ovisno o tekućinama koje se miješaju i temperaturi tekućina kao i omjerima u kojima se tekućine miješaju – temperatura nastale smjese je **VEĆA** ili **MANJA** (rashladne smjese) od temp. tekućina koje se miješaju
- ↓ U vezi s tim uveden je pojam **TOPLINA MIJEŠANJA**

## **JEDNOSTAVNA DESTILACIJA**

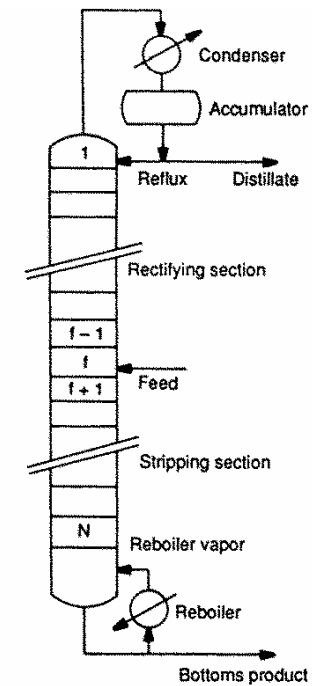
- ↓ kod jednostavne (diferencijalne) se destilacije određena količina polazne smjese unosi u destilacioni kotao i grije do temperature ključanja
- ↓ para koja se izdvaja iz tekuće smjese se neprekidno ukapljuje u kondenzatoru i kao destilat se odvodi van postrojenja
- ↓ u prvim trenucima destilacije ima najviše lakše hlapive komponente, a kasnije se ta količina smanjuje

- ↓ kada je sastav destilata postao jednak potrebnom molnom udjelu lakše hlapive komponente u destilatu, prestaje destilacija
- ↓ radi toga ostatak u destilacionom kotlu nakon provedene destilacije nije u ravnoteži s čitavom količinom destilata nego samo s onim dijelom pare koja tog trenutka napušta destilacioni kotao

## JEDNOSTAVNA DESTILACIJA



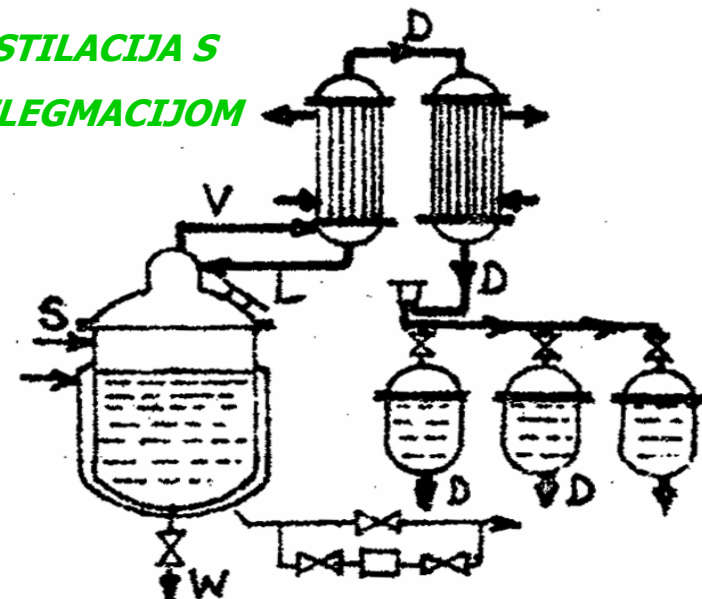
## Jednostavna destilacija



## DESTILACIJA S DEFLEGMACIJOM

- ↓ destilacija se može provoditi i tako da se jedan dio pare koji napušta destilacioni kotao u deflegmatoru kondenzira
- ↓ kondenzat se vraća u destilacioni kotao, a preostali se dio pare uvodi u kondenzator gdje se kondenzira i kao destilat izvodi iz postrojenja
- ↓ kod destilacije s deflegmatorom može se odrediti stupanj kondenzacije kao omjer broja molova flegme koja se vraća kao kondenzat u destilacioni kotao i broja molova pare koja se podiže iz destilacionog kotla

## DESTILACIJA S DEFLEGMACIJOM

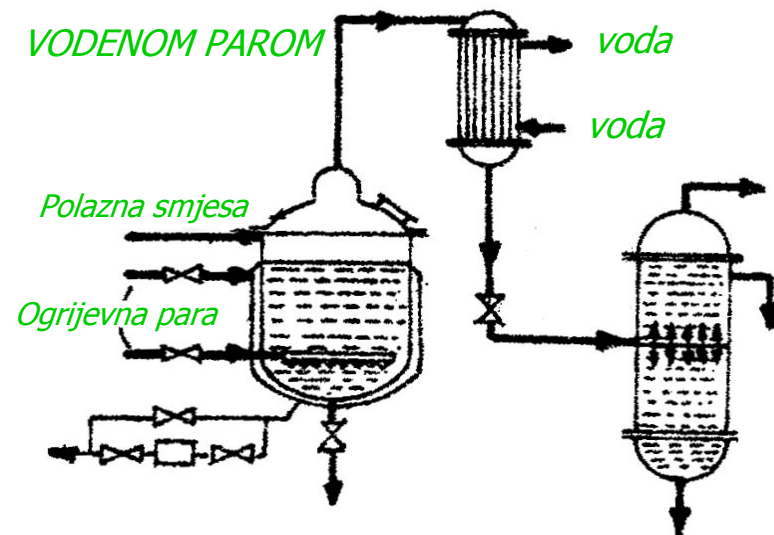


## DESTILACIJA S VODENOM PAROM

- ↓ ova destilacija primjenjuje se za odjeljivanje hlapive komponente od nehlapive kod čega je uvjet da se hlapiva komponenta ne miješa s vodom
- ↓ princip se sastoji u direktnom uvođenju pregrijane vodene pare u destilacioni kotao pri čemu se destilacija provodi kod niže temperature nego što je temperatura ključanja komponente koja se odjeljuje

- ↓ komponente dobivene destilacijom s vodenom parom se ne miješaju
- ↓ destilat se sastoji iz dva sloja: vodeni sloj i sloj komponente koji se odjeljuje
- ↓ pomoću dekantacije se može odijeliti jedan sloj od drugoga
- ↓ ukupni tlak pare kod ove destilacije je jednak zbroju parcijalnog tlaka vodene pare i parcijalnog tlaka komponente koja se odjeljuje

## DESTILACIJA S VODENOM PAROM



## MOLEKULARNA DESTILACIJA

- & Tvari osjetljive na povišene temperature kao npr. vitamini, ne mogu se destilacijom ili rektifikacijom pri atmosferskom tlaku odijeliti iz tekuće smjese
- & destilacijom se kod sniženog tlaka smanjuje temperatura ključanja tekuće smjese
- & tekućine prelaze u parovito stanje kod temperature znatno manje od vrelišta što je ISHLAPLJIVANJE (ima manji intenzitet prelaza tekućine u paru nego kao kod temperature ključanja)

& također je poznato da je broj molekula koje s površine tekućine prelaze u parovito stanje u jedinici vremena i kod relativno niske temperature veoma velik

& veći se dio molekula pare ponovo ukapljuje zbog sudara s molekulama zraka ili pare koje se nalaze nad površinom tekućine

& koliko se molekula ponovo ukapljivi ovisi ne samo o promjeni tlaka i temperature nego i o putu molekule pare od površine ishlapljivanja do površine ukapljivanja

& u industriji se učin postrojenja može povećati ako se tekuća smjesa miješa i na taj način izjednačava sastav po čitavom volumenu tekućine

& molekularnom destilacijom moguće je odijeliti komponente iz azeotropnim smjesa

### POSTROJENJA ZA MOLEKULARNU DESTILACIJU

& dijele se na:

1. Postrojenja s padajućim filmom (slojem)
2. Postrojenja s rotirajućim filmom

↓ glavni je dio postrojenja uređaj za otplinjavanje, destilacioni kotao i uređaj za održavanje niskog tlaka

↓ u uređaju za otplinjavanje se iz polazne smjese uz grijanje izdvaja otopljeni plin

↓ destilacioni kotao ima promjer 0,5 m, visine je 2 do 10 m

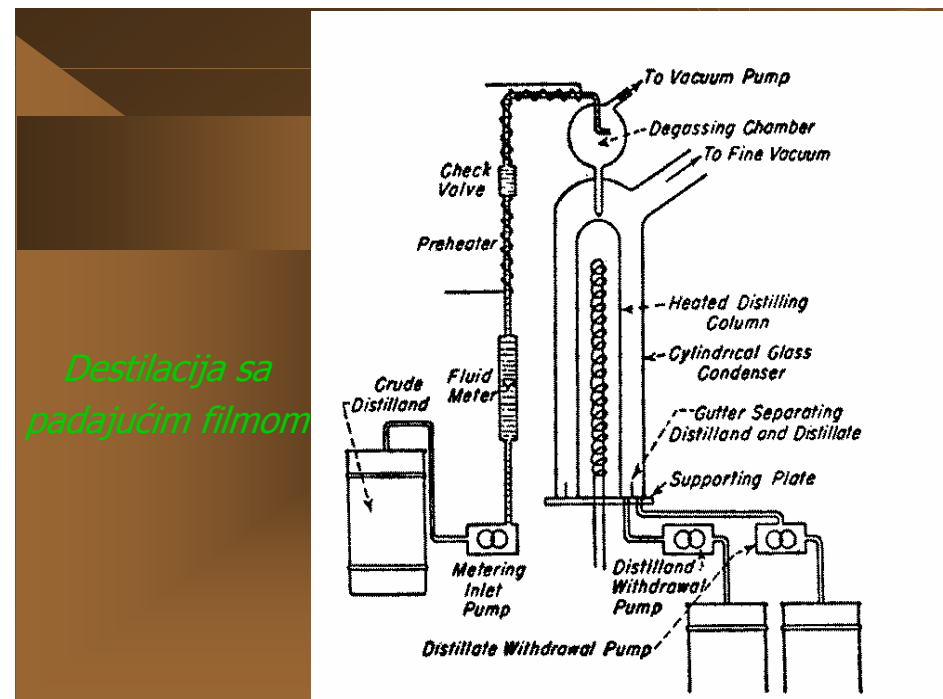
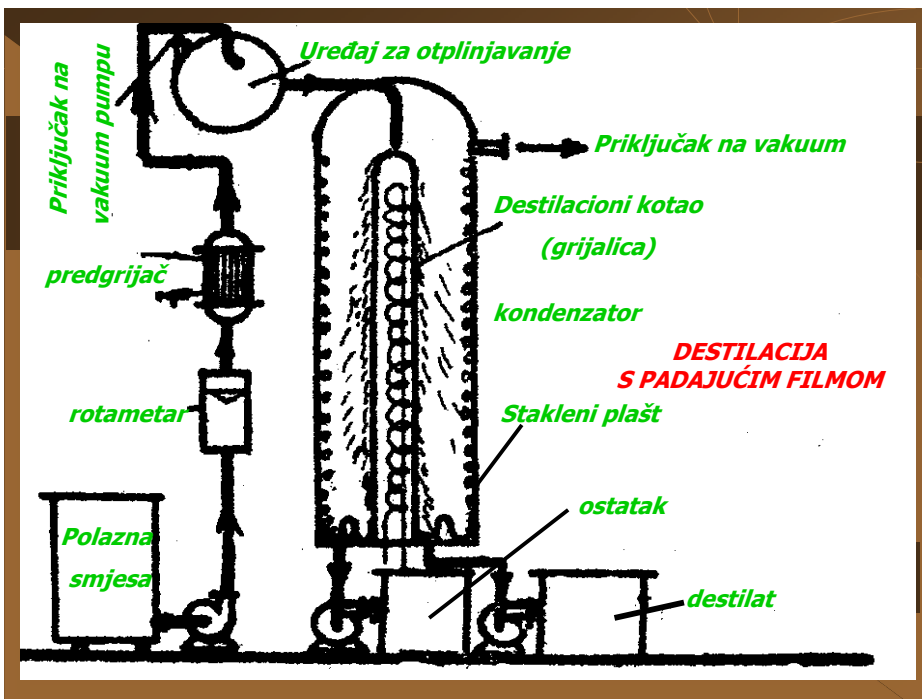
↓ polazna tekuća smjesa se preko uređaja za doziranje uvodi na poliranu grijalicu destilacionog kotla po kojoj se giba u obliku tankog sloja

↓ grijalica se nalazi u staklenom plaštu na čijim se površinama ukapljuje para

↓ u međuprostoru se između grijalice i staklenog plašta (kondenzatora) održava niski tlak vakuum pumpom

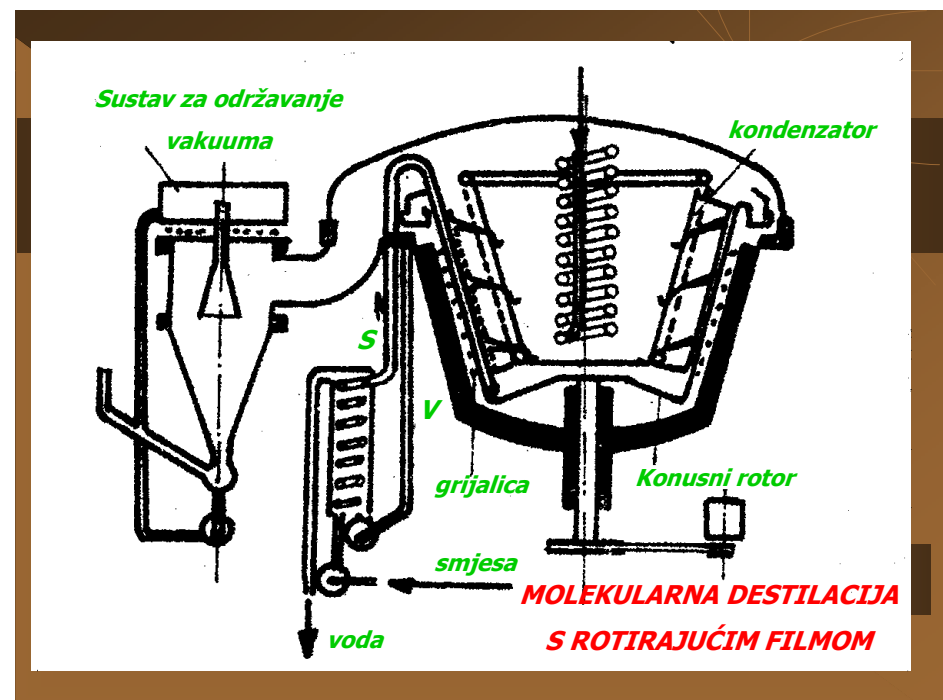
↓ pri dnu se destilacionog kotla posebnim pumpama odvodi dio neisparene tekuće smjese i dio destilata koji pada po stijenkama staklenog plašta

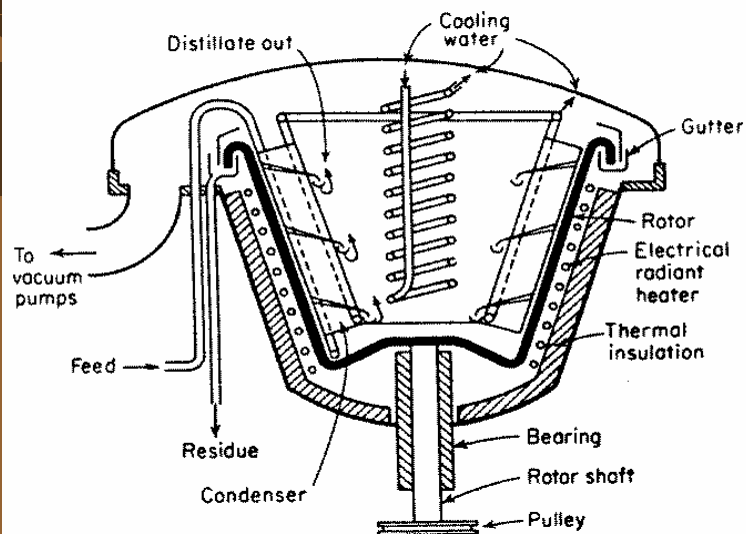




## MOLEKULARNA DESTILACIJA S ROTIRAJUĆIM FILMOM

- ↓ ovo postrojenje se sastoji od konusnog rotora po kome se uslijed centrifugalne sile inercije giba prema gore tanki sloj polazne tekuće smjese
- ↓ površina rotora se grije električnom strujom
- ↓ para koja nastaje ukapljuje se na površini rotora, na način da se vodom hladi površina nepokretnog kondenzatora
- ↓ destilat se preko žljebova i odvodne cijevi odvodi izvan uređaja
- ↓ niski se tlak održava pomoću u seriji spojenih vakuum pumpi





*Molekularna destilacija s padajućim filmom*

## **RAVNOTEŽNA DESTILACIJA**

- ↓ koristi se u naftnoj industriji za prethodno (prije rektifikacije) razdvajanje polazne tekuće smjese
- ↓ polazna se smjesa provodi kroz cijevnu grijalicu, te uz grijanje se tekuća smjesa i para nalaze u neprekidnom kontaktu
- ↓ nakon toga se odvede u separator gdje se odjeljuje para od tekuće smjese
- ↓ produkti dobiveni u separatoru se odvede u rektifikacionu kolonu i tamo se u potpunosti vrši razdvajanje smjese

### **UREĐAJ ZA RAVNOTEŽNU DESTILACIJU**

