

PREDMETNI PROFESORI: ALEKSANDAR MILIĆ *mejl:* [aleksandar.milic.tspupin@gmail.com](mailto:aleksandar.milic.tspupin@gmail.com)  
MIODRAG BOROVIĆ *mejl:* [borovic.miodrag1@gmail.com](mailto:borovic.miodrag1@gmail.com)

---

**NAZIV VJEŽBE:** RASHLADNI UREĐAJI (princip rada)

**Rashladni uređaji** svoj rad zasnivaju na prirodnoj osobini plina, ta osobina je da se gas grije kada se sabija (prelazi iz gasovitog u tečno agregatno stanje), a hladi kada se širi (prelazi iz tečnog u gasovito agregatno stanje).

Rashladni uređaji su projektovani i proizvedeni da garantuju maksimalan kvalitet u hlađenju različitih vrsta proizvoda u režimu rada od +10 do -30°C, za različite temperaturne režime a prema zahtevima tehnologije hlađenja proizvoda. Pored standardnih rashladnih sistema proizvode se i rashladni sistemi za specijalne namjene.

Rashladni uređaji, osim za skladištenje hrane i pića, koriste i za čuvanje lijekova, hemikalija itd. Niža temperatura usporava hemijske reakcije i biološke procese koji dovode, na primjer, do pokvarene (i tako nejestive) hrane i neupotrebljivih hemikalija.

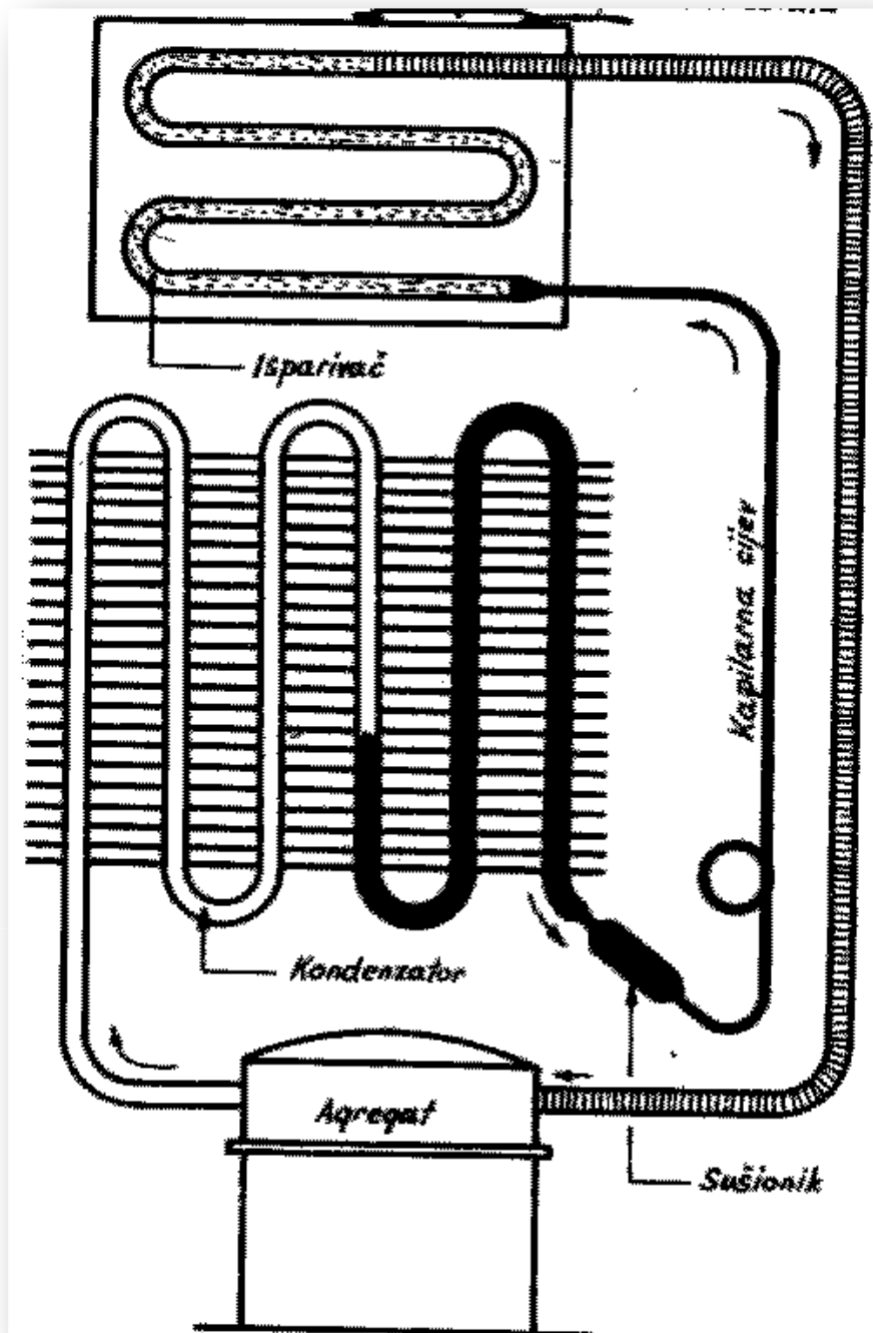
**Rashladni uređaji se koriste u:**

- Domaćinstvima
- Prehrambenoj industriji
- Trgovačkim objektima
- Ugostiteljskim objektima
- Industriji lijekova
- Hemijskim industrijama
- Klima uređaji kao specijalna vrsta rashladnih uređaja se koristi za klimatizaciju prostora. Klimatizacija je proces pripreme vazduha u svrhu stvaranja odgovarajućeg stepena ugodnog za boravak ljudi, ali i drugih živih bida.

**Princip rada rashladnog uređaja**

Proces hlađenja se odvija na slededi način: Kompresor sabija rashladni fluid (freon) iz prostora nižeg pritiska u prostor višeg pritiska, odnosno uzima fluid iz isparivača i sabija ga u kondenzator. Prilikom sabijanja rashladni fluid, njegov pritisak se povećava a samim ti dolazi do zagrijavanja fluida. Tako zagrijan gas prolazi kroz sušač-filtar, koji upija vlagu i sakuplja nečistoće iz fluida. Nakon što prođe kroz filter-sušač rashladni fluid prolazi kroz kapilarnu cijev ili ekspanzivni ventil (zavisno od izvedbe i rashladnog kapaciteta rashladnog uređaja). Nakon toga fluid ulazi u veliki prostor isparivača, gdje njegov pritisak naglo pada i dolazi do hlađenja okolnog prostora, odnosno dolazi do oduzimanja toplote okolnom prostoru. Rashladni fluid nakon što izvrši proces hlađenja u isparivaču, ponovo odlazi u kompresor gdje se nastavlja proces cirkulisanja fluida u rashladnom uređaju.

Slika 1 - Izgled rashladnog ciklusa



### Dijelovi rashladnog uređaja

Rashladne instalacije su smještene u metalno (limeno) kućište koje je obloženo stiroporom ili pur pjenom (poliuretanskom pjenom). Dijelovi rashladnog uređaja složeni su prema redosledu funkcionisanja:

**Kompresor** ili elektromotor (ili neki drugi pogon) sa mogućnošću cirkulisanja plina u sistemu. **Kondenzator** ili sistem cijevi (sličan hladnjaku automobila) u kojem se plinu povećava pritisak, i plin se (kondenzuje) pretvara u tečno stanje (pri ovom procesu plin se grije). **Sušać plina i filtra** – tečan plin prolazi kroz sušać plina. Sušać je ispunjen silikagelom i ima funkciju upijanja vlage iz freona.

**Ekspanzijoni ventil ili kapilara** – sprečavaju naglo širenje plina, tako da plin dođe do isparivača u tečnom stanju.

Isparivač – nakon što plin prođe kroz uzak kapilar, dolazi do prostora isparivača gdje njegov pritisak naglo pada, pri čemu se hladi i njegov okolni prostor. Uređaji za regulisanje i upravljanje – presostat, termostat, higrostat.

### **Kompresor**

Kompresor je glavni dio svakog rashladnog uređaja. Pod pojmom kompresor podrazumijevamo takve mašine u kojima se troši mehanički rad da se obavi proces sabijanja gasa. Kompresor sabija gas iz prostora nižeg pritiska u prostor višeg pritiska. Zahvaljujući njemu rashladno sredstvo cirkuliše i mijenja agregatno stanje.

Po svojoj konstrukciji kompresori mogu biti :

- klipni kompresor,
- rotacioni kompresor,
- vijčani kompresor,
- centrifugalni (turbo) kompresor.

Svaki od njih ima prednosti i mane, a iskustvo u radu sa njima im je odredilo oblast primjene. Najrazličitije konstrukcije i veličine kompresora nalaze se u rashladnom postrojenju, gde je on najbitni, najskuplji i najkomplicovaniji uređaj. Rashladni kapacitet kompresora može da bude:

- Mali – do 50 kW,
- Srednji – od 50 do 500 kW,
- Veliki – veći od 500 kW.

Uloga kompresora koga pokreće motor u rashladnom sistemu je da sabija gas (paru rashladnog fluida) na viši pritisak. Takav gas odlazi u kondenzator gdje se odvija proces hlađenja nekim sekundarnim sredstvom. Sabijeni gas se hladni i kondenzuje na taj način da se odvodi toplota.

### **Kondenzator**

Kondenzatori su izmjenjivači toplote u kojima se kondenzuje para rashladnog fluida, koju sabija kompresor. U kondenzatoru, dok se sabija para rashladnog fluida dolazi do procesa oduzimanja toplote od rashladnog fluida.

Proces oduzimanja toplote od rashladnog fluida možemo podijeliti u tri faze:

- prva faza predstavlja hlađenje pare do temperature kondenzacije, to jest do temperature pri kojoj se može izvršiti kondenzacija; za ovaj proces je potrebno 3% površine kondenzatora.
- drugu fazu čini sam proces kondenzacije; za ovaj proces je potrebno oko 77% površine kondenzatora.
- treću fazu procesa predstavlja podhlađivanje tečnog rashladnog fluida, to jest sniziti temperaturu tečnog rashladnog fluida ispod temperature kondenzacije.

U zavisnosti od načina odvođenja toplote od kondenzatora, odnosno od toga da li se hladi vodom ili vazduhom, postoje:

- vodom hlađeni kondenzator
- vazduhom hlađeni kondenzator
- vodom i vazduhom hlađeni kondenzator

### **Vodom hlađen kondenzator**

Kondenzator sa vodenim hlađenjem primjenjuje se u rashladnim postrojenjima većih kapaciteta (od 1 kW pa naviše) i u uslovima koji obezbjeđuju dovoljnu količinu jeftine, čiste i nezagađene vode (bunarska, riječna ili jezerska voda), čije dovođenje odnosno odvođenje nije skupo.

### **Vazduhom hlađen kondenzator**

Ovi kondenzatori se najčešće primjenjuju. Primjenjuju se u rashladnim uređajima od najmanjeg kapaciteta, pa do industrijskih rashladnih sistema. Zbog svoje praktičnosti mogu da se primjene na svakom mjestu. Za manje rashladne uređaje ovakvi kondenzatori su najjeftiniji. U zavisnosti od kapaciteta rashladnog uređaja, ovi kondenzatori mogu biti: sa prirodnim strujanje vazduha (kod manjih rashladnih uređaja), sa prinudnim strujanjem vazduha, uz pomod ventilatora (kod vedih rashladnih uređaja).

### **Vodom i vazduhom hlađeni kondenzatori**

Ovi kondenzatori se primjenjuju u rashladnim sistemima gdje nema dovoljnog dotoka svježe vode ili je voda veoma skupa. Voda se sliva preko cijevi kondenzatora i hladi ih. Slivena voda se pumpom vrada i sakuplja, što omogućava njeno ponovno korištenje.

U ove kondenzatore spadaju:

- atmosferski kondenzator (ako vazduh struji oko kondenzatorskih cijevi prirodno),
- evaporativni kondenzator (ako vazduh struji oko kondenzatorskih cijevi prinudno uz pomod ventilatora).

### **Sušač plina i filter**

Sušač plina i filter su najčešće jedna komponenta u rashladnom sistemu koja je konstruisana tako da vrši dvije radnje istovremeno:

- upija vodu iz rashladnog fluida
- filtrira rashladni fluid.

Tako da, kada govorimo o sušaču plina odnosno filtru, moramo govoriti kao da su to dvije nezavisne komponente.

Sušač plina uklanja vodu iz instalacije, a postavlja se u tečne vodove (vodove kroz koje teče rashladni fluid) između kondenzatora i ekspanzionog ventila (kapilare). Ispunjava se nekim higroskopskim materijalom (materijalima koji mogu da upiju vodu), kao npr: silikagel, alumogel, molekularna sita, itd. Materijal za apsorbovanje vode ima sposobnost regeneracije koja se postiže zagrijavanjem, iako je to ponekad otežano zbog prisustva ulja. Na tijelu sušača nalaze se priključci za ulaz i izlaz tečnog rashladnog fluida.

Filtar služi da onemogući protok čvrstih čestica (pijeska, rđe) u komponente rashladnog uređaja, posebno u radni prostor kompresora i ekspanzionog ventila (kapilare), jer može doći do taloženja tih sitnih čestica i blokiranja rada određenih komponenti u rashladnom uređaju. Filtri se postavljaju tako da rashladni fluid teče kroz njih, a čestice iz rashladnog fluida se mehanički zaustavljaju, najčešće višeslojnim mrežicama i sitima od sitnih metala (azbestne tkanine ili drugih materijala, zavisno od vrste rashladnog fluida). Kod većih rashladnih filtara mrežice i sita se lako mijenjaju, dok je kod manjih filtara to nepraktično i neisplativo. Dijelovi sušača plina i filtra:

- ulazni priključak
- mrežice i sita od sitnih materijala
- hidroskopski materijal (silikagel)
- kućište (oklop)

- izlazni priključak
- Ekspanzioni ventil

**Ekspanzivni ventil** je veoma važan element rashladne instalacije. On zatvara ili usporava protok rashladnog fluida, i proporcijonalno ga reguliše kroz isparivač u zavisnosti od toplotnog opterećenja isparivača, održavajući približno konstantan protok fluida. Promjenljivost protoka rashladnog fluida povećava iskorišćenost isparivača, zbog bolje okvašenosti unutrašnje površine, čime se omogućava pravilan i bezbjedan rad rashladnog uređaja. Ovaj element se koristi u rashladnim postrojenjima sa klipnim kompresorom i sa suvim isparivačem kao i u postrojenjima sa više isparivača, pri temperaturama od  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Dijelovi ekspanzionog ventila:

- termostatski element
- kućište ventila
- vreteno za podešavanje
- cijev za spoljšnje izjednačenje pritiska
- odvojena izlazna prigušnica
- komplet prigušnica
- osjetljivi element
- kapilarna cijev.

### **Kapilarna cijev**

Kapilarna cijev se koristi na manjim rashladnim uređajima (maksimalno do 10 kW pogonske snage). Ima funkciju usporavanja rashladnog fluida (freona), odnosno sprečava naglo širenje rashladnog fluida. Kapilarna cijev je konstruisana tako da sprečava naglo širenje fluida (freona) (bez određenog mehanizma koji to radi). Kapilarne cijevi su najjednostavniji prigušnici i regulacioni elementi. Najčešće se prave od bakarnih cijevi sa unutrašnjim prečnikom od 0,4 do 2 mm, i dužine do 2 m. Dužina cijevi za svaki rashladni uređaj treba pojedinačno da se utvrdi.

Kapilarna cijev se nalazi između kondenzatora i isparivača.

### **Isparivač**

Isparivač je element rashladnih instalacija u kome isparava tečni rashladni fluid, oduzimajući toplotu mediju koji treba da se hladi (vodi ili vazduhu), što je i svrha kompletnog rashladnog sistema. U isparivaču rashladnom fluidu pritisak naglo pada, i on počinje da hladi odnosno da oduzima toplotu drugom mediju. Isparavanje se vrši u cijevima ili preko cijevi isparivača.

U isparivaču se odvija nekoliko procesa:

- strujanje fluida
- isparavanje fluida
- prelazak toplote

Isparivače možemo podijeliti po raznim kategorijama:

- Prema mediju koji hlade dijelimo ih na:
  - isparivače za hlađenje vode
  - isparivače za hlađenje vazduha
- U zavisnosti od načina strujanja fluida dijelimo ih na:
  - isparivače sa prirodnim strujanjem
  - isparivače sa prinudnim strujanjem (pumpa pogoni rashladno sredstvo)

- Prema vrsti izvedbe dijelimo ih na:
    - cijevne isparivače
    - isparivači sa rebrastom cijevi
    - isparivači sa snopom cijevi
    - isparivači sa vertikalnim cevima
    - plčasti isparivači
    - dobošasti isparivači
    - koaksijalni isparivači
  
  - Po načinu isparavanja dijelimo ih na
    - „suve“, za minus (-) režim rada (minus režim rada je kada rashladni uređaj hladi ispod 0 °C
    - „preplavljene“, za plus (+) režim rada (plus režim rada je kada rashladni uređaj hladi do 0 °C
  
  - Po načinu ugradnje dijelimo ih na:
    - zidne isparivače
    - viseće isparivače
- Ipak isparivače najčešće dijelimo prema mediju koji hlade.

### **Isparivač za hlađenje vode**

Ovi isparivači se izrađuju kao potopljeni isparivači koji se potapaju u rezervoar ili bazen u kome se nalazi hladna tečnost i izrađuju se kao dobošasti isparivači kroz koje struji hladna tečnost. Dobošasti isparivači za hlađenje vode mogu biti sa suvim i preplavljenim isparenjem. Kod isparivača sa suvim isparenjem rashladno sredstvo isparava u cijevima. Za manje kapacitete koriste se koaksijalni isparivači, koji se sastoje od jedne ili više unutrašnjih cijevi i jedne spoljašnje (omotača). U unutrašnjim cijevima isparava rashladno sredstvo, dok voda teče u suprotnom smjeru kroz omotač cijevi.

### **Isparivač za hlađenje vazduha**

Isparivači za hlađenje vazduha uglavnom su predviđeni za suvo isparavanje i to takozvano, mirno hlađenje (bez prinudnog strujanja vazduha), a mogu se koristiti i za dinamičko hlađenje (sa prinudnim strujanjem vazduha). Uglavnom se izrađuju od orebranih bakarnih cijevi. Rebra se obično prave od aluminijuma a njihov razmak zavisi od temperature isparavanja (od 2 do 30 mm). Postoje različiti načini orebravanja a kod nas najčešće se koriste spiralna i lamelasta rebera. Isparivači za mirno hlađenje najčešće se postavljaju u manjim komorama za hlađenje ili zamrzavanje. Sklop koji se sastoji od isparivača, kućišta, ventilatora, posude za skupljanje vode od otapanja inja, naziva se vazdušni hladnjak.

### **Uređaji za regulisanje i upravljanje**

Imamo 3 osnovna uređaja za regulisanje i upravljanje, presostat, termostat i higrostat.

**Presostati** su električni prekidači koji u zavisnosti od pritiska zatvaraju ili otvaraju strujno kolo, a postavljaju se kao elementi za regulisanje i zaštitu. U zavisnosti od veličine pritiska, razlikujemo presostat niskog i presostat visokog pritiska, kao i diferencijalni presostat.

Električni kontakti su postavljeni tako da pri određenom pritisku ili razlici pritiska strujno kolo prekida ili zatvara. Presostat koji obavlja funkciju zaštite proizvodi se sa dodatnim kontaktom za ponovno uključanje (engl. reset).

**Termostat** je električni prekidač koji u zavisnosti od temperature prekida ili zatvara strujno kolo. Termostat reguliše rad mnogih uređaja u rashladnoj postrojenju, kao što su: elektromotor, kompresor, magnetni ventil, ventilator. Termostat je konstruisan tako da je njegov mehanizam preko kapilarne cijevi spojen sa davačem (osjetljivim elementom) koji je izveden kao mali rezervoar u kome se nalazi tečnost ili gas. Davač je pričvršćen uz objekat kojem mjeri temperaturu, u zavisnosti da li temperatura raste ili opada fluid u davaču će se širiti ili skupljati. Te promjene preko kapilarne cijevi će pokrenuti mehanizam koji će otvoriti ili zatvoriti strujno kolo.

**Higrostat** je električni prekidač koji prekida i zatvara strujno kolo u zavisnosti od relativne vlažnosti vazduha. Princip rada im se zasniva na upotrebi soli i rastvora od čije vlažnosti zavisi električna provodnost, odnosno, količina vlage u vazduhu menja vrijednost električnog otpora. Povećanjem vlažnosti se povećava struja koja zagrijava rastvor soli, čauru i otpornički termostat, koji je redno povezan sa promjenjivim otpornikom u jednoj grani Vitstnovog mosta u kućištu higrostata, preko koga se podešava odgovarajuća vlažnost. Dobijeni impuls preko pojačavača i releja aktivira kontaktni mehanizam koji zatvara strujno kolo nekog elementa, od čijeg rada zavisi relativna vlažnost u komori gdje je higrostat postavljen.

### **Rashladni fluidi**

Ešer Ves je 1913. godine po prvi put upotrebljava monohlorometan kao radnu materiju u rashladnom uređaju. Dvadesetih godina prošlog vijeka započinje serijska proizvodnja rashladnih uređaja sa monohlorometanom ili sumpor–dioksidom kao radnom materijom. Freon 1945. godine postaje najznačajnija radna materija u rashladnoj tehnici, i zadržava se do danas.

Rashladni fluid je radna materija koja cirkuliše u postrojenju za hlađenje i od čije promjene agregatnog stanja direktno zavisi proces hlađenja. Da bi rashladni uređaj imao što veći efekat, fluid mora da ispuni određene termičke, fizičke i hemijske uslove. Rashladni fluid treba da ima sledeće osobine:

- veliku toplotu isparavanja
- specifična toplota tečnosti treba da bude što manja
- potreban rad sabijene pare fluida treba da bude što manji
- kritična temperatura fluida treba da bude veća od maksimalne temperature kondenzacije
- ako je specifična zapreminska rashladna sposobnost veća, manje su dimenzije cijelog sistema
- ako je koeficijent provođenja toplote kroz fluid i koeficijent prelaza toplote između fluida i metalnih zidova kondenzatora veći, smanjuje se dimenzija kondenzatora
- temperatura smrzavanja treba da bude niža od najniže temperature koja može da nastane u mašini
- pritisci kondenzacije i isparavanja treba da budu pogodni, pritisak kondenzacije što niži pritisak isparavanja što viši
- da nije zapaljiv
- da nije otrovan
- kontrola isticanja fluida treba da bude laka i jeftina
- da se fluid lako mješa sa uljima za podmazivanje
- da ima stabilan hemijski sastav
- da ima što manju viskoznost

- da nema korozivno dejstvo na metale i zaptive metale, kao ni štetno dejstvo na namirnice u slučaju da dođe do isticanja
- da nije skup

Vrste rashladnih fluida:

**Amonijak (NH<sub>3</sub>)** je bezbojan gas oštrog mirisa. Veće količine amonijaka štetno djeluju na zdravlje. Hemijski je stabilan do temperatura 150–200 °C. Zapaljiv je i ako ga ima u vazduhu u većim količinama (16–26%) može da eksplodira. Pritisci su, pri normalnim uslovima rada, povoljni i kreću se od 3 do 12 bara. Danas se koristi u rijetkim slučajevima.

**Ugljen-dioksid (CO<sub>2</sub>)** je gas bez boje i mirisa. Nije otrovan ni zapaljiv. Ima visoke pritiske isparavanja i kondenzacije (20–75 bara) što uz nisku kritičnu temperaturu od 31 °C predstavlja glavne nedostatke. Zbog svoje neotrovnosti i nezapaljivosti koristi se u prostorijama za klimatizaciju i u uređajima za hlađenje u prehrambenoj industriji. Danas se koristi u rijetkim slučajevima.

**Sumpor-dioksid (SO<sub>2</sub>)** je otrovan gas, bez boje, oštrog mirisa. Nije zapaljiv, sa vodom stvara sumpornu kiselinu, što stvara niz tehničkih problema. Isparivač i kondenzator su kod uređaja sa SO<sub>2</sub> obično izrađeni od bakra.

**Metilhlorid (CH<sub>3</sub>Cl)** se uprkos odličnim termodinamičkim osobinama i jednostavnoj i jeftinoj proizvodnji rijetko upotrebljava, prvenstveno zbog svoje velike toksičnosti i zapaljivosti pri većim količinama.

**Freoni** su rashladni fluidi dobijeni hlorisanjem ili fluorisanjem uglavnom zasićenih ugljovnodonika. Osnovne sirovine za proizvodnju freona su: metan, etan, propan i butan. Postoje različite vrste freona – R12, R134, R22, R407, R404, R410.

**Izobutan (CH<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)** – njegova oznaka je R600. Koristi se u uređajima nove generacije zbog male količine, niske cijene i ekološki je prihvatljiv. Međutim, u većim količinama, i izobutan je zapaljiv.

---

#### Domaći zadatak:

1. U dnevnik rada ili svesku A4 formata sa nacrtanim zaglavljem kao u dnevniku rada nacrtati sliku broj 1, izgled rashladnog ciklusa.
2. Nabroj koji su dijelovi rashladnog uređaja?
3. Šta su to kondenzatori i kako se dijele po načinu odvođenja toplote?
4. Šta je termostat i koja je njegova funkcija?

**POŠTO SE UGLAVNOM JAVLJAJU JEDNI TE ISTI UČENICI, OVE SEMICE SU SVI UČENICI DUŽNI DA POŠALJU FOTOGRAFIJE URAĐENOG DOMAĆEG ZADATKA ZA OVU I PROŠLU SEMICU, NAJKASNIJE DO PETKA 16.04.2021. GODINE DO 21h.**

---

Za sve nedoumice, pitanja i konsultacije koristite mejl adresu predmetnog profesora.

Kontakt mejl: ALEKSANDAR MILIĆ    *mejl:* [aleksandar.milic.tspupin@gmail.com](mailto:aleksandar.milic.tspupin@gmail.com)  
MIODRAG BOROVIĆ    *mejl:* [borovic.miodrag1@gmail.com](mailto:borovic.miodrag1@gmail.com)