

## **Rēzeknes tehnikums**

Izglītības programma Enerģētika un elektrotehnika  
Profesionālā kvalifikācija Elektrotehniķis

# **Darba burtnīca mācību priekšmetā Materiālzinības**

Autors: profesionālo mācību priekšmetu pedagogs Andris Stafeckis

Darba burtnīca aptver piecas svarīgākās tēmas mācību priekšmetā “elektrotehniskie un konstrukciju materiāli”: vadītāji materiāli, dielektriķi, magnētiskie materiāli, pusvadītāji, vadu un kabeļu izstrādājumi. Tajā ietverti dažādu veidu uzdevumi, kas ļauj nostiprināt teorētiskās zināšanas, attīsta prasmi strādāt ar informācijas materiāliem, analizēt un izdarīt secinājumus. Burtnīca ir izmantojama ar elektrotehniku saistītu specialitāšu audzēkņiem gan darbam stundās, gan patstāvīgajam darbam.

## Saturs

1. Vadītāji materiāli .....	
1.1. Vadītāju materiālu raksturlielumi .....	
1.1.1. Īpatnējā elektriskā pretestība .....	
1.1.2. Īpatnējās pretestības temperatūras koeficients .....	
1.1.3. Vadītāju materiālu stiprība stiepē.....	
1.1.4. vadītāju materiālu lineārā izplešanās.....	
1.2. Vadītāji materiāli ar mazu īpatnējo pretestību .....	
1.3. vadītāji materiāli ar lielu īpatnējo pretestību .....	
1.4. Karstumizturīgie vadītāji materiāli .....	
1.5. Kontaktu materiāli .....	
1.5.1. Pārtaucējkontakta materiāli.....	
1.5.2. Slīdkontaktu materiāli .....	
1.6. Kopsavilkums .....	
2. Dielektriskie materiāli .....	
2.1. Dielektriķu polarizācija.....	
2.2. Dielektriķu elektriskā stiprība.....	
2.3. Dielektriķu caursīšana.....	
2.4. Dielektriķu termiskās īpašības .....	
2.5. Gāzveida dielektriķi .....	
2.6. Šķidrie dielektriķi .....	
2.7. Cietie organiskie dielektriķi.....	
2.8. Cietie polimerizācijas dielektriķi .....	
2.9. Cietie polikondensācijas dielektriķi.....	
2.10. Plastmasas .....	
2.11. Slāņainie plasti.....	
2.12. Dielektriskās gumijas.....	
2.13. Lakas, emaljas, kompaundi.....	
2.14. Papīri, kartoni.....	
2.15. Vizlas materiāli .....	
2.16. Elektrokeramiskie materiāli .....	
2.17. Stikli.....	
2.18 Kopsavilkums .....	
3. Vadu un kabeļu izstrādājumi.....	
4. Magnētiskie materiāli .....	
4.1. Magnētisko materiālu raksturlielumi .....	
4.2. Magnētiski mīksti materiāli .....	
4.3. Magnētiski cietie materiāli.....	
4.4. Kopsavilkums.....	
5. Pusvadītāju materiāli .....	
6. Kopsavilkums par elektrotehniskajiem materiāliem .....	

# 1. Vadītāji materiāli

## 1.1. Vadītāju materiālu raksturlielumi

Izmanto grāmatu: N.Ņikulins „Elektrotehnisko materiālu mācība”, 1., 2., 3. nodaļa, 4.-7.lpp  
M.Dobelis „Elektrotehniskie materiāli”, 2.2. nodaļa, 10.-12.. lpp

### 1.1.1. Īpatnējā elektriskā pretestība

- Vadītāja īpatnējo elektrisko pretestību aprēķina pēc formulas  $\rho = R \frac{S}{l}$ . Uzrakstiet, kādi lielumi tiek apzīmēti ar šiem burtiem un kāda ir to mērvienība?
  - $\rho$  - ....., mērvienība - .....
  - R - ....., mērvienība - .....
  - S - ....., mērvienība - .....
  - L - ....., mērvienība - .....
- No iepriekšējā uzdevumā dotās īpatnējās elektriskās pretestības formulas izsakiet lielumus:  
R=  
S=  
l=
- Tehniskajā literatūrā īpatnējā elektriskā pretestība bieži vien tiek dota ļoti dažādās mērvienību sistēmās:  $\Omega m$ ,  $\mu\Omega \cdot m$ ,  $\Omega \frac{mm^2}{m}$ . Nosakiet, kāda sakarība pastāv starp šīm mērvienībām, pēdējās divas izsakot SI mērvienību sistēmā „ $\Omega \cdot m$ ”:
  - $\mu\Omega \cdot m =$
  - $\Omega \frac{mm^2}{m} =$
- Izsakiet doto vadītāju materiālu īpatnējās elektriskās pretestības mērvienībā  $\Omega \cdot m$  :
  - alumīnijam  $\rho = 0.028 \mu\Omega \cdot m =$
  - tēraudam  $\rho = 0,13 \mu\Omega \cdot m =$
  - manganīnam  $\rho = 0,42 \Omega \frac{mm^2}{m} =$
  - nihromam  $\rho = 1,06 \Omega \frac{mm^2}{m} =$
- Izsakiet dotās īpatnējās elektriskās pretestības mērvienībā  $\Omega \frac{mm^2}{m}$  :
  - Varam  $\rho = 0.017 \mu\Omega \cdot m =$
  - konstantānam  $\rho = 0,052 \mu\Omega \cdot m =$
  - sudrabam  $\rho = 1,65 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m =$
  - elektrotehniskajai oglei  $\rho$  ir robežās  $8-400 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m =$
- Kādās robežās ir vadītāju materiālu īpatnējā pretestība?  
.....

### 1.1.2. Īpatnējās pretestības temperatūras koeficients

1. Īpatnējās pretestības temperatūras koeficients  $\alpha_\rho$  ir raksturlielums, ar kuru var novērtēt materiāla īpatnējās elektriskās pretestības izmaiņas, mainoties temperatūrai.

To var aprēķināt pēc formulas  $\alpha_\rho = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1(t_2 - t_1)}$ . Uzrakstiet, ko raksturo katrs formulā

ietilpstošais burts:

- a.  $\alpha_\rho$  - .....
- b.  $t_1$  - .....
- c.  $t_2$  - .....
- d.  $\rho_1$  - .....
- e.  $\rho_2$  - .....

2. No iepriekšējā uzdevuma formulas var izteikt  $\rho_2 = \rho_1 + \rho_1 \alpha_\rho (t_2 - t_1)$

Īpatnējo pretestību  $\rho$  šeit var aizstāt ar pretestību R. Uzrakstiet šo formulu:

R<sub>2</sub>=

3. Vara temperatūras koeficients 0,0043. Aprēķiniet kāda ir tā īpatnējā pretestība 100°C temperatūrā, ja 20°C temperatūrā tā ir 0,0172.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. Vara vada pretestība 20°C temperatūrā tā ir 10 Ω. Aprēķināt šī vada pretestību 100°C temperatūrā.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. Aizpildiet tabulu.

Nr. p.k.	Materiāls	Īpatnējās pretestības temperatūras koeficients	Īpatnējā elektriskā pretestība 20°C temperatūrā $\mu\Omega \cdot m$	Īpatnējā elektriskā pretestība 100°C temperatūrā $\mu\Omega \cdot m$
1.	Varš Cu			
2.	Alumīnijs Al			
3.	Dzelzs Fe			
4.	Volframs W			
5.	Sudrabs Ag			

6. Pēc tabulas nosakiet:

- Kuram materiālam ir lielākais temperatūras koeficients?.....
- Kuram materiālam visstraujāk pieaug īpatnējā pretestība temperatūrai palielinoties?  
.....

### 1.1.3. Vadītāju materiālu stiprība stiepē

1. Materiāla stiprību stiepē aprēķina pēc formulas  $\delta = \frac{P_{stiepē}}{S} \left[ \frac{N}{m^2} \right]$  vai  $\left[ \frac{kg}{mm^2} \right]$ . Uzrakstiet,

ko raksturo katrs formulā ietilpstošais burts, un kādas ir to mērvienības:

- $\delta$  - .....
- $P_{stiepē}$  - .....
- $S$  - .....

2. No pirmā uzdevuma formulas izsakiet graužošās deformācijas spēku, materiālu stiepjot:

$$P_{stiepē} =$$

3. Vara vada stiprība stiepē ir  $25 \left[ \frac{kg}{mm^2} \right]$ . Aprēķināt, cik lielu slodzi, materiālu stiepjot, spēj izturēt vara vads, kura šķērsriezums  $50mm^2$ ? .....

.....  
 .....  
 .....  
 .....

4. Aizpildiet tabulu.

Nr. p.k.	Materiāls	Stiprība stiepē $\left[ \frac{kg}{mm^2} \right]$	Graujošās deformācijas spēks 4mm <sup>2</sup> šķērsriezuma vadam
1.	Varš Cu		
2.	Alumīnijs Al		
3.	Dzelzs Fe		
4.	Volframs W		
5.	Sudrabs Ag		

5. Aprēķiniet, cik lielu slodzi spēj izturēt vara vads, kura diametrs 3,6mm?

.....  
 .....  
 .....

#### 1.1.4. Vadītāju materiālu lineārā izplešanās

1. Lineārās izplešanās temperatūras koeficients  $\alpha_l$  ir raksturlielums, ar kuru var novērtēt materiāla lineārās izplešanās izmaiņas, mainoties temperatūrai. To var aprēķināt pēc formulas  $\alpha_l = \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)}$ . Uzrakstiet, ko raksturo katrs formulā ietilpstošais burts:

- a.  $\alpha_l$  - .....
- b.  $t_1$  - .....
- c.  $t_2$  - .....
- d.  $l_1$  - .....
- e.  $l_2$  - .....

2. No iepriekšējā uzdevuma formulas var izteikt  $l_2 = l_1 + l_1 \alpha_l (t_2 - t_1)$ . Aprēķināt vara vada garumu, ja tā garums ir 100m. Vara lineārās izplešanās temperatūras koeficients  $\alpha_l = 17.10 \frac{1}{K}$

.....  
 .....  
 .....  
 .....

3. Aprēķiniet iepriekšējā uzdevuma vada pagarinājumu  $\Delta l = l_2 - l_1$

.....  
 .....

4. Aizpildiet tabulu.

Nr. p.k.	Materiāls	Lineārās izplešanās temperatūras koeficients $\alpha_l \left(\frac{1}{K}\right)$	100m gara vada pagarinājums $\Delta l$ temperatūrai paaugstinoties 20°C līdz 100°C, (m)
1.	Varš Cu		
2.	Alumīnijs Al		
3.	Dzelzs Fe		
4.	Volframs W		
5.	Sudrabs Ag		

5. Pēc tabulas nosakiet:

- Kuram materiālam ir lielākais lineārās izplešanās temperatūras koeficients?.....
- Kuram materiālam visstraujāk pieaug pagarinājums temperatūrai palielinoties? .....

## 1.2. Vadītāji materiāli ar mazu īpatnējo pretestību.

**Izmanto grāmatu:** N.Ņikulins „Elektrotehnisko materiālu mācība” 30. nodaļa, 85.-89.lpp  
M. Dobelis „Elektrotehniskie materiāli”, 2.3. nodaļa, 12.-14. lpp

1. Raksturojiet **varu Cu**:

- krāsa - .....
- īpatnējā pretestība  $\rho_R =$  .....
- kušanas temperatūra  $t =$ .....
- blīvums  $\rho_V =$ .....
- izturība stiepē  $\delta =$ .....
- izmantošanas piemēri - .....
- Paskaidrojiet, kādas vara īpašības nosaka tā izmantošanu Jūsu nosauktajās jomās?.....  
.....  
.....  
.....

2. Raksturojiet **alumīniju Al**:

- krāsa - .....
- īpatnējā pretestība  $\rho_R =$  .....

- c. kušanas temperatūra  $t = \dots$
- d. blīvums  $\rho_V = \dots$
- e. izturība stiepē  $\delta = \dots$
- f. izmantošanas piemēri -  $\dots$
- g. Paskaidrojiet, kādas alumīnija īpašības nosaka tā izmantošanu Jūsu nosauktajās jomās?  $\dots$   
 $\dots$   
 $\dots$

3. Raksturojiet **sudrabu Ag**:

- a. krāsa -  $\dots$
- b. īpatnējā pretestība  $\rho_R = \dots$
- c. kušanas temperatūra  $t = \dots$
- d. blīvums  $\rho_V = \dots$
- e. izturība stiepē  $\delta = \dots$
- f. izmantošanas piemēri -  $\dots$
- g. Paskaidrojiet, kādas sudraba īpašības nosaka tā izmantošanu Jūsu nosauktajās jomās?  $\dots$   
 $\dots$   
 $\dots$

4. Raksturojiet **volframu W**:

- a. krāsa -  $\dots$
- b. īpatnējā pretestība  $\rho_R = \dots$
- c. kušanas temperatūra  $t = \dots$
- d. blīvums  $\rho_V = \dots$
- e. izturība stiepē  $\delta = \dots$
- f. izmantošanas piemēri -  $\dots$
- g. Paskaidrojiet, kādas volframa īpašības nosaka tā izmantošanu Jūsu nosauktajās jomās?  $\dots$   
 $\dots$   
 $\dots$

5. Raksturojiet **dzelzi Fe**:

- a. krāsa -  $\dots$
- b. īpatnējā pretestība  $\rho_R = \dots$
- c. kušanas temperatūra  $t = \dots$
- d. blīvums  $\rho_V = \dots$
- e. izturība stiepē  $\delta = \dots$
- f. izmantošanas piemēri -  $\dots$



.....  
g. Paskaidrojiet, kādas dzelzs īpašības nosaka tā izmantošanu Jūsu nosauktajās jomās?.....  
.....  
.....  
.....

6. Raksturojiet **bronzu**:

a. krāsa - .....  
b. īpatnējā pretestība  $\rho_R =$  .....  
c. kušanas temperatūra  $t =$ .....  
d. blīvums  $\rho_V =$ .....  
e. izturība stiepē  $\delta =$ .....  
f. izmantošanas piemēri - .....  
.....  
g. Paskaidrojiet, kādas bronzas īpašības nosaka tā izmantošanu Jūsu nosauktajās jomās?.....  
.....  
.....

7. Raksturojiet **misiņu**:

a. krāsa - .....  
b. īpatnējā pretestība  $\rho_R =$  .....  
c. kušanas temperatūra  $t =$ .....  
d. blīvums  
 $\rho_V =$ .....  
e. izturība stiepē  $\delta =$ .....  
f. izmantošanas piemēri - .....  
.....  
g. Paskaidrojiet, kādas misiņa īpašības nosaka tā izmantošanu Jūsu nosauktajās jomās?.....  
.....  
.....

8. Aizpildiet tabulu, tukšajās ailītēs ierakstot, kurā vietā (no 1. līdz 7.), vērtējot pēc attiecīgā raksturlieluma, atrodas konkrētais materiāls. Kārtas numuru „1.” piešķiriet, ja konkrētajam raksturlielumam ir vislielākā vērtība.

Nr. p.k.	Materiāls	Īpatnējā pretestība	Kušanas temperatūra	Blīvums	Izturība stiepē
1.	Varš Cu				
2.	Alumīnijs Al				
3.	Sudrabs Ag				
4.	Volframs W				
5.	Dzelzs Fe				
6.	Bronza				
7.	Misiņš				

9. Varš un alumīnijs ir divi populārākie vadītāji materiāli, no kuriem izgatavo vadu un kabeļu strāvu vadošās dzīslas. Salīdziniet, kuru no šiem materiāliem izmantot būtu ekonomiski izdevīgāk, ņemot vērā īpatnējo pretestību, blīvumu, cenu (pieņem, ka vara cena pasaules tirgū ir aptuveni 1,5 reizes lielāka)

.....  
 .....  
 .....

### 1.3. Vadītāji materiāli ar lielu īpatnējo pretestību.

**Izmanto grāmatu:** N.Ņikulins „Elektrotehnisko materiālu mācība” 31. nodaļa, 89.-91.lpp  
 M.Dobelis „Elektrotehniskie materiāli”, 2.5. nodaļa, 16.-17. lpp

1. Salīdziniet **manganīna** un **konstantāna** raksturlielumus

Raksturlielumi	Manganīns	Konstantāns
Ķīmiskais sastāvs		
Krāsa		
Īpatnējā pretestība $\rho_R$		
Kušanas temperatūra $t$		
Darba temperatūra $t$		
Blīvums $\rho_V$		
Izturība stiepē $\delta$		
Īpatnējās pretestības temperatūras koeficients		
Izmantošanas piemēri		

2. Kuri raksturlielumi ir praktiski vienādi?  
.....
3. Kuri no raksturlielumiem abiem sakausējumiem atšķiras visbūtiskāk?  
.....
4. Salīdziniet raksturlielumus vadītājiem ar mazu īpatnējo pretestību un vadītājiem ar lielu īpatnējo pretestību, piemēram, manganīnam un varam:
  - a. Cik reizes pretestība manganīnam ir lielāka nekā varam? .....
  - b. Cik reizes pretestības izmaiņa temperatūras iespaidā manganīnam būs mazāka nekā varam? .....
5. Kopsavilkums - manganīna un konstantāna svarīgākās īpašības ir:
  - a. ....
  - b. ....

### 1.4. Karstumizturīgie vadītāji materiāli

**Izmanto grāmatu:** N.Ņikulins „Elektrotehnisko materiālu mācība” 32. nodaļa, 91.lpp  
M.Dobelis „Elektrotehniskie materiāli”, 2.5. nodaļa, 16.-17. lpp

1. Salīdziniet triju karstumizturīgo vadītāju materiālu nihroma, fehrala un hromala raksturlielumus.

Nr. p.k.	Raksturlielums	Nihroms	Fehrals	Hromals
	Ķīmiskais sastāvs			
	Krāsa			
	Īpatnējā pretestība $\rho_R$			
	Darba temperatūra $t_{darba}$			
	Īpatnējās pretestības temperatūras koeficients			
	Izmantošanas piemēri			

2. Vai ir raksturlielumi, kas šiem trijiem sakausējumiem būtiski atšķiras?  
.....
3. Salīdziniet vadītāju materiālu ar lielu īpatnējo pretestību un karstumizturīgo vadītāju materiālu raksturlielumus (cik reizes lielāka, mazāka):
  - a īpatnējo pretestību - .....
  - b darba temperatūru - .....
  - c īpatnējās pretestības temperatūras koeficientu - .....

4. Karstumizturīgie vadītāji materiāli spēj ilgstoši strādāt temperatūrā pat virs 1000°C. Tajā pat laikā, volframs, kura kušanas temperatūra ir visaugstākā starp metāliem, 3380°C, nespēj ilgstoši strādāt temperatūrā augstākā par 400°C. Kāds tam ir iemesls?
- .....

## **1.5. Kontaktu materiāli**

**Izmanto grāmatu:** N.Ņikulins „Elektrotehnisko materiālu mācība” 33., 34. nodaļa, 92.-95.lpp  
M.Dobelis „Elektrotehniskie materiāli”, 2.6. nodaļa, 17.-19. lpp

### **1.5.1. Pārtraucējkontakta materiāli**

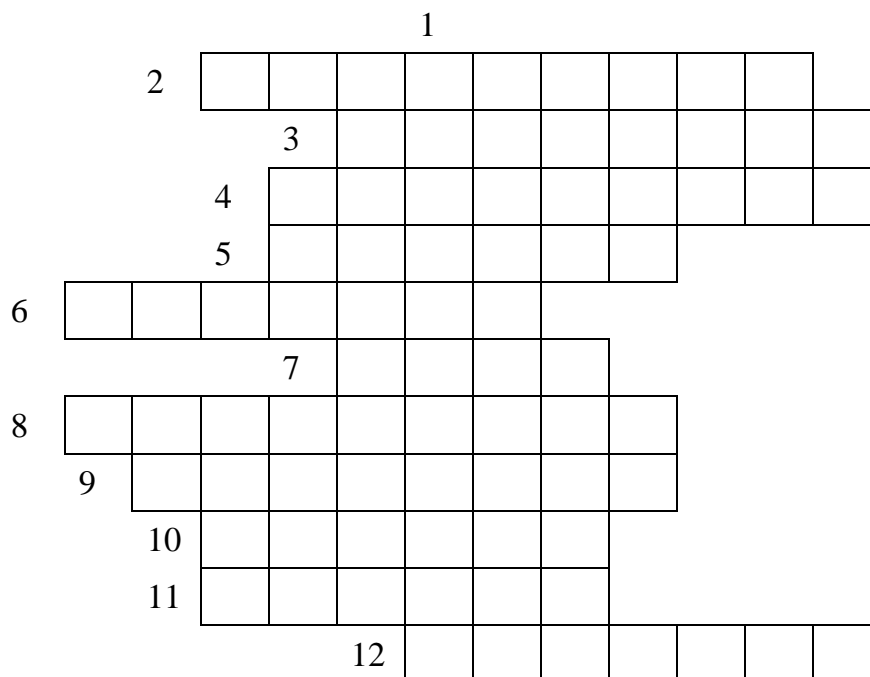
1. Kāpēc vājstrāvas kontaktiem pārsvarā tiek izmantoti cēlmetāli (platīnu, zeltu, sudrabu)  
.....
2. Stiprstrāvas kontaktiem izmanto cieto varu. Kā zināms, vara oksīda plēvītei piemīt liela elektriskā pretestība, kas pasliktina kontaktsavienojumus. Kā stiprstrāvas kontaktos tiek novērsts šis trūkums?  
.....
3. Metālkeramiskos kontaktu materiālus iegūst saķepinot sudraba, vara, volframa un citu metālu vai to oksīdu pulverus. Kāda ir šādu kontaktu priekšrocība salīdzinot ar tīru metālu kontaktiem?  
.....

### **1.5.2. Slīdkontaktu materiāli**

1. Kādas ir galvenās prasības slīdkontaktiem?  
.....  
.....
2. Viskvalitatīvākais slīdkontakts veidojas, ja no vienas puses ir elektrotehniskā ogle, bet no otras puses .....
3. Elektrotehnisko ogli izmanto elektromašīnu suku izgatavošanai, kuras pēc sastāva iedala grafitā, ogles-grafitā un metālgrafitā sukās. Kādas ir to atšķirīgās īpašības?  
.....

## 1.6. Kopsavilkums

### Atrisini krustvārdu mīklu



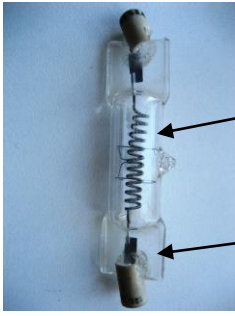
#### Vertikāli

1. Sakausējums, kuram salīdzinot ar citiem vadītājiem materiāliem ir salīdzinoši mazs īpatnējās pretestības temperatūras koeficients.

#### Horizontāli

2. Atoma daļiņas, kuras veido strāvu metālos.
3. Metāls, kuram kušanas temperatūra sasniedz 3380°C.
4. Sakausējums, kuram salīdzinot ar citiem vadītājiem materiāliem ir salīdzinoši mazs īpatnējās pretestības temperatūras koeficients (mainoties temperatūrai pretestība izmainās salīdzinoši maz).
5. Sakausējums uz vara bāzes, kuru var presēt aukstu.
6. Vadītājs materiāls, kuru izmanto elektrodzinēju suku izgatavošanai.
7. Viens no biežāk lietotajiem vadītājiem materiāliem kabeļu strāvu vadošo dzīslu izgatavošanai.
8. Vadītājs materiāls, no kura izgatavo elektropārvades līniju vadus.
9. Elektrotehnisko materiālu pamatgrupas ir dielektriķi, magnētiskie materiāli, pusvadītāji un .....
10. Ķīmisko elementu grupa Mendelejeva tabulā, kuriem visiem piemīt spēja pārvadīt strāvu.
11. Sakausējums uz vara bāzes, kuram salīdzinot ar varu ir nedaudz lielāka īpatnējā pretestība, taču ir daudz labākas mehāniskās īpašības (cietība, izturība stiepē). Vadītājs materiāls ar vismazāko īpatnējo pretestību.

**No kāda vadītāja materiāla varētu būt izgatavota ar bultiņu atzīmētā elektroierīces daļa?**



Kvēlspuldzes kvēldiegs

.....

Kvēlspuldzes kontaktpailes

.....



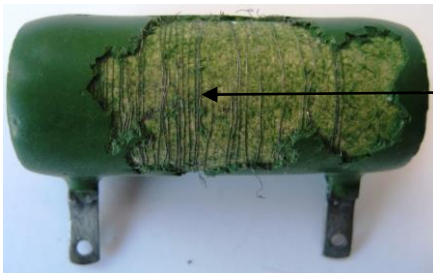
Diodes kontaktpailes

.....



Spoles tinumi

.....



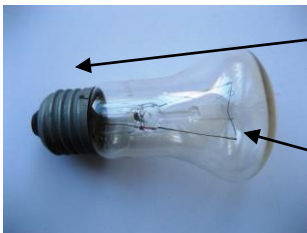
Rezistora stieple

.....



Pārsprieguma novadītāja dzirksteļspraugas diski

.....

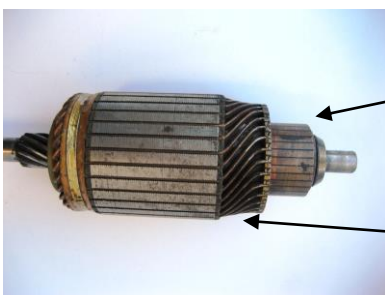


Kvēlspuldzes kontaktpailes

.....

Kvēlspuldzes kvēldiegs

.....

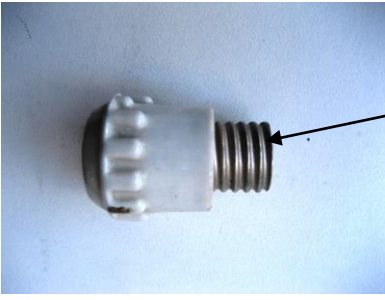


Elektrodzinēja kolektors

.....

Tinumi

.....



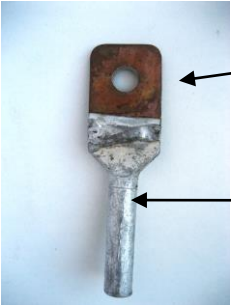
Drošinātāja vītne

.....



Drošinātāja kontaktpailes

.....

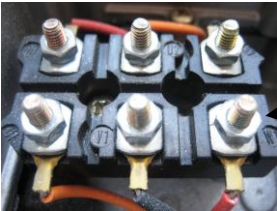


Pievienojuma spaiļes kontaktpailes

.....

Pamatne

.....



Kontaktpailes

.....



Savienotājspaiļes

.....

Skrūve ar uzgriezni

.....

## Atbildi uz jautājumiem

1. Kāds vadītājs materiāls (materiāli) atbilst sekojošam raksturojumam:
  - a Vismazākā īpatnējā pretestība, istabas temperatūrā gaisā neoksidējas .....
  - b Mainoties vadītāja temperatūrai pretestības izmaiņas ir salīdzinoši nelielas - .....
  - c Spēj ilgstoši strādāt skābekļa klātbūtnē (gaisā) temperatūrās pat virs 1000°C - .....
  - d Viens no vieglākajiem vadītājiem ( $2700\text{kg/m}^3$ ) un ļoti mazu īpatnējo pretestību - .....
  - e Visaugstākā kušanas temperatūra ( $3380^\circ\text{C}$ ) un blīvums ( $19300\text{ kg/m}^3$ ) - .....
  - f Pietiekoši liela stiprība stiepē, ciets, taču korozijneizturīgs - .....
  - g Pēc vadītspējas ieņem otro vietu pēc sudraba, oranži-brūna krāsa- .....
  - h Augsta slīdamība, lokizturība un nodilumizturība - .....
  - i Sakausējums, kuru iespējams presēt aukstu - .....
  - j Sakausējums, kura īpatnējā pretestība maz atšķiras no vara, taču ir daudz cietāks par to - .....
2. Uzrakstiet vadītāju materiālu vai vairākus vadītājus materiālus, kurus izmanto sekojošu elektroierīču izgatavošanai:
  - a Elektrodzinēju tinumi - .....
  - b Līdzstrāvas elektrodzinēju kolektors - .....
  - c Līdzstrāvas elektrodzinēju sukas - .....
  - d Gaisvadu līniju vadi - .....
  - e Kabeļu līniju vadi - .....
  - f Rezistoru stieples - .....
  - g Elektrosildītāja stieple - .....
  - h Stiprstrāvas kontaktoru kontakti - .....
  - i Releju kontakti - .....
  - j Zemējumu kontūri - .....
  - k Spuldžu kvēldiegi - .....
  - l Vadu savienošanas spaiļi - .....
  - m Pārsprieguma novadītāju dzirksteļspraugu diski - .....
  - n Kontaktsavienojumu skrūves un uzgriežņi - .....



## 2. Dielektriskie materiāli

### 2.1. Dielektriķu polarizācija

Izmanto grāmatu: N.Ņikulins „Elektrotehnisko materiālu mācība”, 1. nodaļa, 4.-14. lpp  
M.Dobelis „Elektrotehniskie materiāli”, 3.1. nodaļa, 20.-24. lpp

1. Kādus materiālus sauc par dielektriķiem?

.....

2. Kāda atšķirība ir starp jēdzieniem „dielektriskais materiāls” un „elektroizolācijas materiāls”?

.....

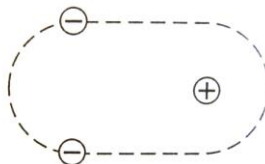
.....

3. Par **dielektriķa polarizāciju** sauc .....orbītas nobīdi attiecībā pret atoma ..... elektriskā lauka iespaidā.

4. Kurš no attēlotajiem dielektriķa atomiem ir polarizēts?



1. zīmējums



2. zīmējums

5. Polarizētie dielektriķa atomi veido savu elektrisko lauku. Kā vērsts šis elektriskais lauks attiecībā pret pamatlauku?

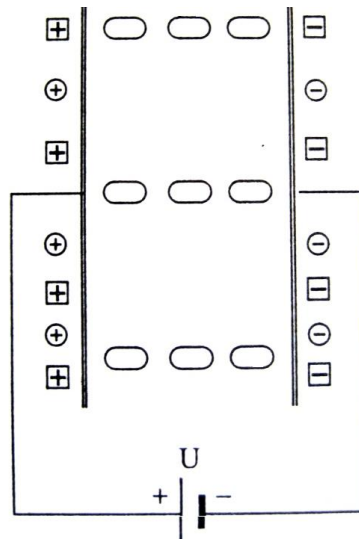
.....

6. Zīmējumā attēlotais dielektriķis ievietots elektriskajā laukā, ko veido pie līdzstrāvas pieslēgtas vadītāja materiāla plates, kā rezultātā dielektriķa atomi ir polarizējušies.

a. Dielektriķa atomiem ar „-” atzīmējiet virzienu, kurā nobīdās elektroni un ar „+” virzienu, kurā nobīdās atoma kodols.

b. Ar nepārtrauktas līnijas bultiņu norādiet elektriskā lauka virzienu, ko veido pie līdzstrāvas avota pieslēgtās plates.

c. Ar pārtrauktas līnijas bultiņu norādiet polarizēto dielektriķa atomu radītā elektriskā lauka virzienu.



3. zīmējums

7. Dielektriķa spēju polarizēties raksturo relatīvā dielektriskā caurlaidība  $\epsilon_r$ . Cik liela šī vērtība ir:
- gaisam – .....
  - kabeļei – .....
  - dimantam – .....
  - organiskajam stiklam - .....
  - segneta sālim – .....
  - sārma stiklam – .....
8. Izgatavojot kādas elektriskās ierīces ir svarīgi, lai tajās izmantotā dielektriķa dielektriskā caurlaidība  $\epsilon_r$  būtu pēc iespējas lielāka?
- .....

## 2.2. Dielektriķu elektriskā stiprība

Izmanto grāmatu: N.Ņikulins „Elektrotehnisko materiālu mācība” ,1. nodaļa, 4.-14. lpp  
 . M.Dobelis „Elektrotehniskie materiāli”, 3.4. nodaļa, 31.-32. lpp

- Ko raksturo dielektriķu elektriskā stiprība  $E_{caur}$ ?  
 .....
- Literatūrā atrodiet, cik liela elektriskā stiprība ir:
  - gaisam – .....
  - nepiesūcinātam papīram – .....
  - piesūcinātam papīram – .....
  - stiklam – .....
  - vizlai – .....
  - kokam – .....
  - plastmasai – .....
- Kāpēc gaisam, salīdzinoši ar citiem dielektriķiem, ir tik maza elektriskā stiprība?  
 .....
- Kāpēc ar eļļu piesūcinātam papīram elektriskā stiprība ir lielāka nekā nepiesūcinātam papīram?  
 .....
- Pārveidojiet mērvienības:
 

a. 20MV/m=	kV/m=	kV/mm
b. 7kV/mm=	kV/m=	MV/m
- Aprēķiniet, cik liela elektriskā stiprība ir 0,5mm biežam dielektriķim, ja to spēja caursist 10kV liels spriegums?  
 .....  
 .....
- Aprēķiniet, cik liels spriegums ir nepieciešams, lai caursistu 5mm lielu gaisa spraugu?  
 .....  
 .....

8. Aprēķiniet, cik liels spriegums ir nepieciešams, lai caursistu 5mm biezu piesūcinātu papīru?

.....  
.....

### 2.3. Dielektriķu caursišana

Izmanto grāmatu: N.Ņikulins „Elektrotehnisko materiālu mācība” ,1. nodaļa, 4.-14. lpp

M.Dobelis „Elektrotehniskie materiāli” ,3.4.1.-3.4.4. nodaļa, 32.-38. lpp

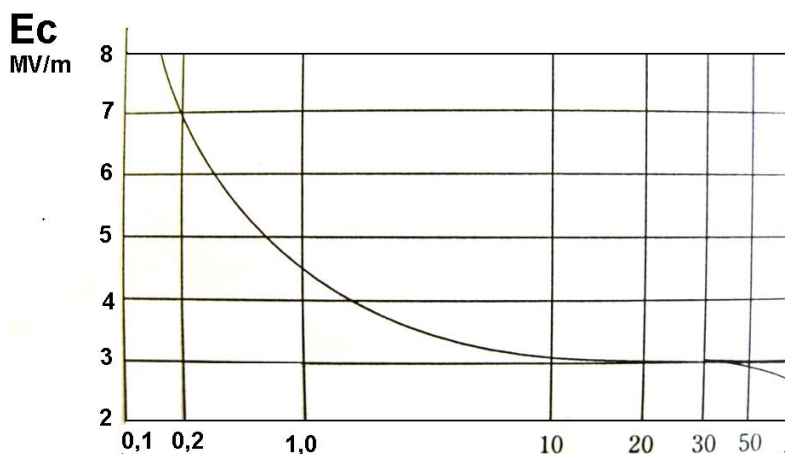
1. Īsi paskaidrojiet, kā notiek gāzveida dielektriķu caursišanas process?

.....  
.....

2. Kāpēc pieaugot gāzu spiedienam, vienlaicīgi pieaug arī gāzes elektriskā stiprība?

.....  
.....

3. Zīmējumā attēlots grafiks, kas raksturo gaisa elektriskās stiprības atkarību no attāluma starp elektrodiem.



4. zīmējums

a. Cik liela ir elektriskā stiprība, ja attālums starp elektrodiem ir 30mm? .....

b. Cik liela ir elektriskā stiprība, ja attālums starp elektrodiem ir 0,2mm? .....

c. Paskaidrojiet, kāpēc elektriskā stiprība kļūst lielāka, ja attālumu starp elektrodiem samazina?

.....

d. Nosakiet, kādam attālumu diapazonam starp elektrodiem ir patiesa literatūrā minētā elektriskā stiprība gaisam 3,2MV/m?

.....

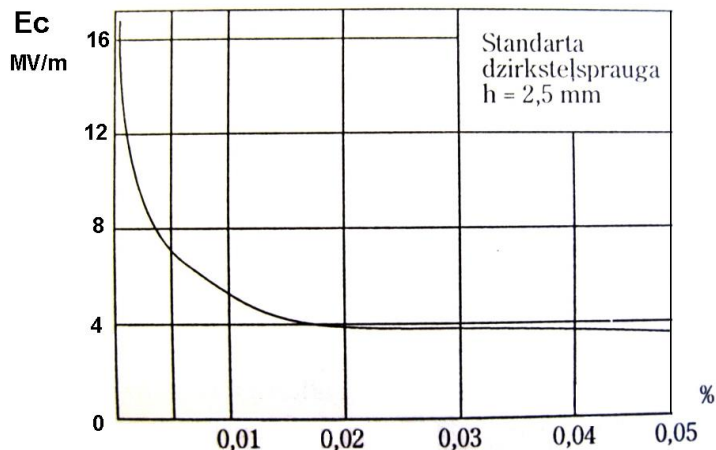
4. Kāpēc šķidrājiem dielektriķiem salīdzinot ar gāzveida dielektriķiem elektriskā stiprība ir ievērojami augstāka?

.....  
.....

5. Kā šķidro dielektriķu caursišanu iespaido to tīrība?

.....  
.....

6. Grafiks rāda, kā mainās transformatoru eļļas elektriskā stiprība atkarībā no ūdens satura tajā. ]



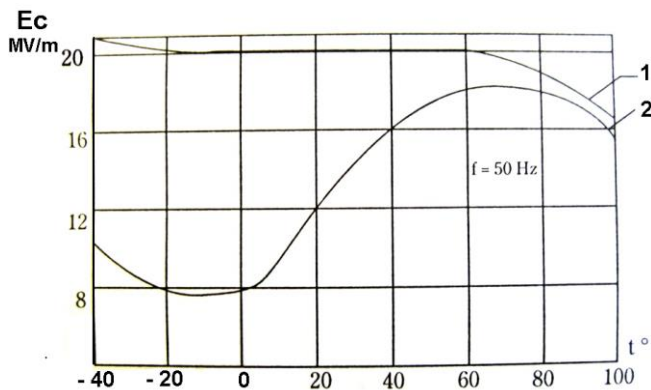
4. zīmējums

- a. Kā izmainās elektriskā stiprība pieaugot ūdens daudzumam eļļā?

- b. Cik liela elektriskā stiprība ir, ja ūdens saturs eļļā 0,01%?

- c. Aprēķiniet, cik daudz ūdens ir 100kg eļļas, ja tā saturs 0,01%?

7. Grafikā attēlota izžāvētas eļļas un ekspluatācijā esošas (nedaudz ūdeni saturošas) eļļas elektriskās stiprības atkarība no temperatūras.



5. zīmējums

1 - izžāvēta eļļa      2 - ekspluatācijā esoša eļļa (satur ūdeni)

- a. Kādai eļļai elektriskā stiprība ir lielāka? .....
- b. Cik liela elektriskā stiprība ir izžāvētai eļļai:  
 0 °C temperatūrā.....  
 70 °C temperatūrā - .....
- c. Cik liela elektriskā stiprība ir ekspluatācijā esošai eļļai  
 0 °C temperatūrā.....  
 70 °C temperatūrā - .....

d. Kādu temperatūru diapazonā izžāvētas eļļas elektriskā stiprība praktiski ir nemainīga?

.....

e. Pie kādas temperatūras izžāvētās eļļas elektriskā stiprība sāk strauji samazināties?

.....

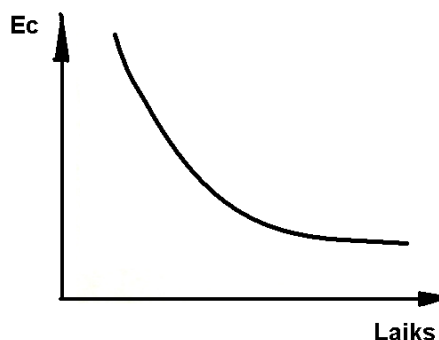
8. Ko saprot ar jēdzienu „cieto dielektriķu elektriskā novecošanās”?

.....

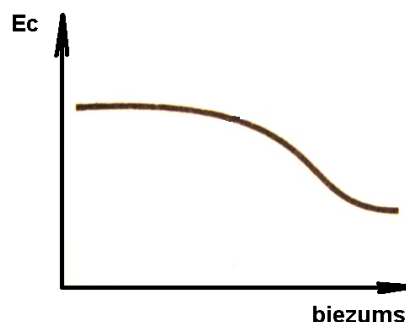
.....

9. Tālāk dotie grafiki attēlo elektriskās stiprības atkarību cietajiem dielektriķiem no:

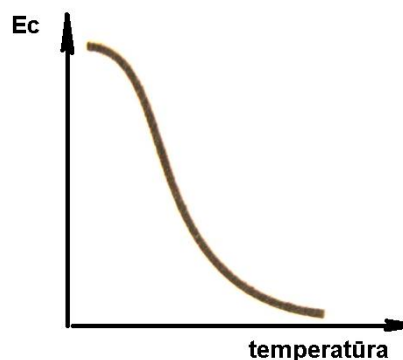
paraugam pieliktā sprieguma iedarbības ilguma



parauga biezuma;



parauga temperatūras.



Nosakiet:

a. Kā elektrisko stiprību iespaido sprieguma iedarbības ilgums?

.....

b. Kā elektrisko stiprību iespaido parauga biezums?

.....

c. Kā elektrisko stiprību iespaido parauga temperatūra?

.....

## 2.4. Dielektriķu termiskās īpašības

Izmanto grāmatu: N.Ņikulins „Elektrotehnisko materiālu mācība”, 1. nodaļa, 4.-14. lpp  
M.Dobelis „Elektrotehniskie materiāli”, 3.5.2. nodaļa, 40-42. lpp

1. Brīvajās ailītēs ieraksti, kurš no raksturlielumiem raksturo sekojošas dielektriķa īpašības?

Īpašības	raksturlielums	Raksturlielumu piemēri
Materiāla spēja izturēt zemas temperatūras iedarbību		Siltumietilpība Siltumvadītspēja
Materiāla noturība pret koroziju, skābes, sārmu, sāļu, eļļu iedarbību.		Mīksttapšanas temperatūra Kušanas temperatūra
Materiāla spēja ilgstoši izturēt paaugstinātu temperatūru, nepieļaujami pasliktinoties tā īpašībām		Termoizturība Aukstumizturība Ķīmiskā izturība
Šķidro dielektriķu iekšējās berzes koeficients, pārvietojoties tā daļiņām.		Viskozitāte Skābes skaitlis
Elektroizolācijas materiālu spēja pretoties augstai temperatūrai, krasām diennakts temperatūras maiņām, lielam gaisa relatīvajam mitrumam.		Tropiskā izturība Ūdensabsorbējamība
Materiāla spēja uzsūkt mitrumu		

2. Tabulā ierakstiet, pie kādas termoizturības klases pieder dotais dielektriķis un kāda ir tā maksimāli pieļaujamā darba temperatūra.

Materiāls	Getinaks s	Fluoroplasts-4	Piesūcināti papīri	Polivinil -hlorīds	Papīri	Elektro- keramik a	Vizla
Klases apzīmējums							
Maks. pieļaujamā temperatūra, °C							

3. Kādas izmaiņas notiek ar materiālu, ja tas ilgstoši tiek ekspluatēts temperatūrās, kas ir lielākas par tā termoizturības klasi?

.....

4. Kādas izmaiņas notiek ar materiālu, ja tas ilgstoši tiek ekspluatēts temperatūrās, kas ir zemākas par tā aukstumizturību?

.....

5. Atzīmējiet ar krustiņu, kurš no apgalvojumiem ir pareizs.

	jā	nē
Polivinilhlorīds, kura termoizturība 70°C tiek ekspluatēts 75°C temperatūrā:		
tas ir normāli, nekas ļauns nevar atgadīties;		
ar laiku kļūs trausls;		
kalpošanas ilgums samazināsies		
iespējams, ka izkusīs;		
kļūs mīkstāks		

6. Kādas izmaiņas notiek ar materiālu, ja tas tiek ekspluatēts ķīmiski agresīvā vidē (eļļās, skābēs)?

.....

7. Pasvītrojiet, kurš skaidrojums ir pareizs jēdzienam „liela viskozitāte” –

a. šķidrums ir biezs, tā daļiņas mazkustīgas;

b. šķidrums nav biezs, tā daļiņas kustīgas.

8. Ar kādas viskozitātes eļļu iespējams vieglāk piesūcināt šķiedrainos izolācijas materiālus (mazas viskozitātes vai lielas viskozitātes)?.....

## 2.5. Gāzveida dielektriķi

**Izmanto grāmatu:** N.Ņikulins „Elektrotehnisko materiālu mācība”, 6. nodaļa, 15-20. lpp

..... M.Dobelis „Elektrotehniskie materiāli”, 4.1. nodaļa, 44. lpp

1. Vispieejamākais gāzveida dielektriķis ir gaiss. Nosauciet, kādas gāzes ietilpst tā sastāvā.?

.....

2. Kāda ir galvenā gāzveida dielektriķu priekšrocība salīdzinot ar citiem dielektriķiem?

.....

3. Dota gāzveida dielektriķa raksturlīkne, kas sadalīta trīs posmos I, II, III.

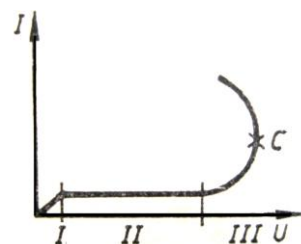
Pēc grafika nosakiet:

Kurš posms attēlo gāzes triecienjonizāciju (caursišanu)?

.....

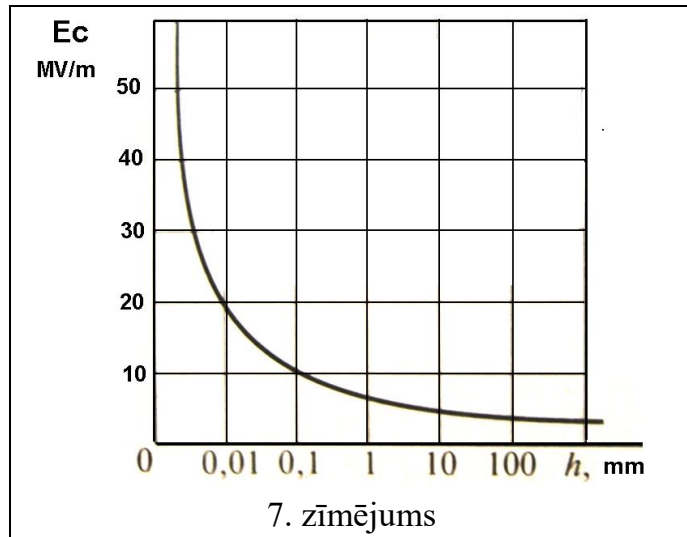
Kurā posmā strāva gāzē pieaug proporcionāli spriegumam?.....

Kurā posmā strāva nav atkarīga no pieliktā sprieguma?.....



6. zīmējums

4. Grafikā dota gaisa elektriskās stiprības  $E_c$  atkarība no attāluma  $h$  starp elektrodiem.



- a. Kā izmainās gaisa elektriskā stiprība palielinoties attālumam starp elektrodiem?  
.....
  - b. Aptuveni nosakiet, kādam attālumam starp elektrodiem atbilst literatūrā minētā gaisa elektriskā stiprība 3,0MV/m?  
.....
  - c. Paskaidrojiet, kāpēc samazinoties attālumam starp elektrodiem elektriskā stiprība strauji pieaug?  
.....  
.....
  - d. Nosakiet Elektriskās stiprības  $E_c$  vērtību, ja attālums starp elektrodiem ir 0,1mm?  
.....
  - e. Nosakiet, cik liels spriegums var caursist šo gaisa spraugu?  
.....
5. Miniet piemērus, kur elektroietaisēs gaiss tiek izmantots kā dielektriķis?  
.....
6. Arvien plašāk tiek izmantoti augstsprieguma slēdži, kuros gaiss ir aizvietots ar elegāzi. Kāda ir elegāzes būtiskākā priekšrocība salīdzinot ar gaisu?  
.....
7. Atzīmējiet ar krustiņu, kurš no apgalvojumiem ir pareizs.

	jā	nē
Gaisa elektroizolācijas spējas pasliktinās (samazinās elektriskā stiprība):		
palielinoties ūdens tvaiku daudzumam gaisā		
vējainā laikā		
palielinoties gaisa spiedienam		
lietus laikā		



sausā, saulainā laikā		
samazinoties attālumam starp elektrodiem		
palielinoties apgaismojuma intensitātei		

## 2.6. Šķidrie dielektriķi

**Izmanto grāmatu:** N.Ņikulins „Elektrotehnisko materiālu mācība”, 9.-12 nodaļa, 21-28. lpp  
 .... M.Dobelis „Elektrotehniskie materiāli”, 4.2. nodaļa, 45.-47. lpp

1. Nosauciet, kādas eļļas elektrotehniskajām vajadzībām tiek iegūtas no naftas:

- a. ....
- b. ....
- c. ....

2. Nosauciet dažas sintētiskās eļļas:

- a. ....
- b. ....
- c. ....
- d. ....

3. Transformatorā eļļa izolē tinumus gan savā starpā, gan no korpusa. Kāds vēl ir tās uzdevums?

.....

4. Ar eļļu pildītajos augstsprieguma jaudas slēdžos šķidrās dielektriķis ne vien izolē strāvu vadošās daļas, bet arī

.....

5. Kādas kabeļu īpašības tiek uzlabotas piesūcinot kabeļpapīru ar eļļu?

.....

6. Kabeļeļļai piesūcinot papīru mēdz pievienot kolofoniju. Kādā nolūkā tas tiek darīts?

.....

7. Aizpildiet tabulu

Šķidrā dielektriķa nosaukums	Elektriskā stiprība $E_c$ , MV/m	Dielektriskā caurlaidība, $\epsilon_r$	Tvaiku uzliesmošanas temperatūra, °C	Kur izmanto?
Transformatoru eļļā				
Kondensatoreļļā				
Kabeļeļļā				
Sovols				
Sovtols				

8. Kādi ir naftas eļļu būtiskākie trūkumi?

.....

9. Kādi ir sintētisko eļļu būtiskākie trūkumi?

.....

10. Eksploatācijas gaitā eļļa noveco, kas pasliktina tās izolējošās īpašības. Kādi faktori izsauc eļļas novecošanu?

.....

11. Kādi paņēmieni tiek lietoti, lai aizkavētu eļļas novecošanu?

.....

## 7. Cietie organiskie dielektriķi

**Izmanto grāmatu:** N.Ņikulins „Elektrotehnisko materiālu mācība”, 13 nodaļa, 29.-30. lpp  
... M.Dobelis „Elektrotehniskie materiāli”, 4.3.1. nodaļa, 47.-48. lpp.

1. Elektrotehnikā pielieto gan dabā iegūstamos organiskos dielektriķus, gan rūpnieciski sintezētus. Pēc kādas pazīmes organiskie cietie dielektriķi tiek nodalīti no citiem cietajiem dielektriķiem.

.....

2. Paskaidrojiet jēdzienus:

a. Polimerizācija - .....

.....

.....

b. Polimērs - .....

.....

c. Termoplastisks polimērs - .....

.....

d. Termostabils polimērs - .....

.....

e. Termoreaktīvs polimērs - .....

.....

### 2.8. Cietie polimerizācijas dielektriķi

**Izmanto grāmatu:** N.Ņikulins „Elektrotehnisko materiālu mācība”, 14 nodaļa, 30.-36. lpp  
M.Dobelis „Elektrotehniskie materiāli”, 4.3.3., 4.3.4. nodaļa, 50.-52. lpp.

1. Nosauciet elektrotehnikā biežāk lietotos polimerizācijas dielektriķus.

.....

## 2. Aizpildiet tabulu

Nosaukums	Elektriskā stiprība $E_c$ , MV/m	Dielektriskā caurlaidība, $\epsilon_r$	Termoizturība, °C	Kur izmanto?
Polietilēns				
Polivinilhlorīds				
Organiskais stikls				
Polistirols				
Kaprone				
Fluoroplasts -4				

## 3. Kuram no polimerizācijas dielektriķiem raksturīgas sekojošas īpašības (katrai īpašībai var atbilst vairāki materiāli):

- elektriskā loka iedarbībā strauji izdala lielu daudzumu gāzu - .....
- izplata degšanu - .....
- neizturīgi pret saules ultravioleto starojumu - .....
- deg atklātā liesmā, bet to neizplata - .....
- caurspīdīgs, laiž cauri 90% gaismas - .....
- trausls - .....
- termoplastisks - .....
- pie augstas temperatūras sadalās, izdalot toksisku gāzi - .....
- izturīgs pret skābēm un sārmu - .....
- mehāniski viegli apstrādājams (griežot, urbnot) - .....
- iegūst polimerizējot gāzi - .....
- ļoti augsta termoizturība, līdz 250°C - .....

## 4. Kuru no cietajiem polimerizācijas dielektriķiem lieto:

- vadu un kabeļu izolācijai - .....
- par pamatu lakaudumiem - .....
- spoļu karkasu izgatavošanai - .....
- caurspīdīgo korpusu izgatavošanai relejiem un mēraparātiem - .....
- slodzes slēdžu loka dzēšanas kameru izgatavošanai - .....
- termoizturīgu vadu izolācijai - .....
- elektroizolācijas laku pamatsastāvā - .....

## 2.9. Cietie polikondensācijas dielektriķi

Izmanto grāmatu: N.Ņikulins „Elektrotehnisko materiālu mācība”, 15 nodaļa, 37.-40. lpp  
M.Dobelis „Elektrotehniskie materiāli”, 4.3.5. nodaļa, 53.-56. lpp.

1. Kādu ķīmisku procesu sauc par polikondensāciju?

.....  
.....

2. Nosauciet elektrotehnikā biežāk lietotos polikondensācijas dielektriķus.

.....

3. Aizpildiet tabulu

Nosaukums	Elektriskā stiprība $E_c$ , MV/m	Termoizturība, °C	Krāsa	Kur izmanto?
Novolaksveķi				
Rezolsveķi (bakeļtsveķi)				
Gliftālsveķi				
Epoksīdsveķi				
Silīcijorganiskie sveķi				
Poliimīdi				

4. Kuram no polimerizācijas dielektriķiem raksturīgas sekojošas īpašības (katrai īpašībai var atbilst vairāki materiāli):

- ir termoplastiski arī pēc sacietēšanas - .....
- ir termoreaktīvi - .....
- sacietējot mazs tilpuma rukums (0,6...1,0%) - .....
- augsta termoizturība, lielāka par 200 °C - .....
- ļoti liela aukstuizturība, līdz -269 °C - .....

5. Ielieciet tabulā „+” zīmi tiem cietajiem polikondensācijas dielektriķiem, kuri ietilpst atbilstošu elektroizolācijas izstrādājumu sastāvā:

Pielietojums	Novola sveķi	Rezolsveķi (bakeītsveķi)	Glifālsveķi	Epoksīd- sveķi	Silīcij organiskie	Polimīdi
Saistviela getinaksam un tekstolītam						
Saistviela stikla tekstolītam						
Līmējošās lakas						
Piesūcināšanas lakas						
Līmes						
Termoplastiskas plastmasas (slēdžu pamatnes)						
Elektroizolācijas aizliešanas kompaundi						
Termoizturīgas vadu emaljās						

## 2.10. Plastmasas

Izmanto grāmatu: N.Ņikulins „Elektrotehnisko materiālu mācība”, 22 nodaļa, 60.-63. lpp  
M.Dobelis „Elektrotehniskie materiāli”, 4.3.6. nodaļa, 56.-57. lpp.

### Ievieto tekstā iztrūkstošos vārdus.

Plastmasas ir daudzkomponentu materiāli, kas sastāv no .....,  
....., .....  
....., .....

Saistvielas var būt: .....,  
..... Atkarībā no izmantotās saistvielas plastmasas var būt gan ar  
termoplastiskām īpašībām, gan ..... īpašībām. Termoplastiskās  
plastmasas sasilstot līdz noteiktai temperatūrai kļūst .....,  
turpretī ..... plastmasas arī sildot saglabā cietību.

Pildvielu uzdevums ir palielināt plastmasu ..... īpašības. Par  
pildvielām tiek izmantoti ....., .....  
..... un citas vielas.

Plastifikatoru uzdevums ir samazināt plastmasu .....

Stabilizatoru uzdevums ir palēnināt plastmasu .....

Cietinātāju uzdevums paātrināt plastmasu .....

Krāsvielas piešķir plastmasām ....., kā arī palielina izturību pret .....

Salīdzinot ar tīriem polimēriem (piemēram, polietilēnu, polivinilhlorīdu u.c.), kuras veidotas uz šo materiālu bāzes, elektroizolācijas īpašības ir nedaudz ....., piemēram, polietilēnam elektriskā stiprība ir ....., bet plastmasām elektriskā stiprība ir robežās ..... Tas saistīts ar ..... pievienošanu polimēriem.

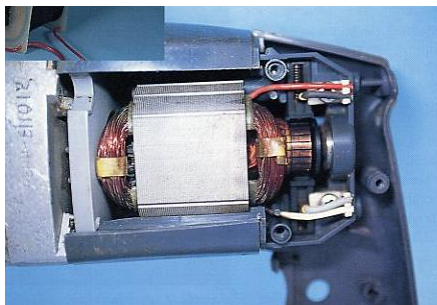
### Atbildi uz jautājumiem

1. Kādas ir galvenās plastmasu sastāvdaļas?
  - 1.1. ....
  - 1.2. ....
  - 1.3. ....
  - 1.4. ....
  - 1.5. ....
  - 1.6. ....
  - 1.7. ....
  - 1.8. ....
2. Kāds ir saistvielu uzdevums? .....
3. Kādas saistvielas izmanto, lai iegūtā plastmasa būtu termoplastiska?.....  
.....
4. Kāds ir pildvielu uzdevums?.....
5. Kādus materiālus izmanto par pildvielām?.....
6. Kāds ir plastifikatoru uzdevums?.....
7. Kādas plastmasu īpašības uzlabo stabilizatori?.....
8. Kādam nolūkam plastmasu izgatavošanas procesā tiek izmantoti eļļotāji?.....  
.....
9. Kādam nolūkam izmanto cietinātājus?.....
10. Kādas plastmasas īpašības uzlabo krāsvielas?.....
11. Kādās robežās ir plastmasu elektriskā stiprība  $E_c$ ?.....
12. Kāpēc plastmasām salīdzinot ar tīriem polimēriem, piemēram, plastmasai, kas izgatavota uz polivinilhlorīda bāzes salīdzinājumā ar polivinilhlorīdu ir sliktāka elektriskā stiprība?  
.....
13. Kādās robežās ir plastmasu termoizturība?.....
14. Kādas saistvielas un pildvielas tiek izmantotas, lai iegūtu lielāku termoizturību?  
.....
15. Kādas ir plastmasu priekšrocības salīdzinājumā ar citiem cietajiem organiskajiem dielektriķiem, piemēram, polivinilhlorīdu?  
.....
16. Kādi ir plastmasu trūkumi?  
.....

17. Nosauciet 5 piemērus, kur varētu izmantot plastmasas izolācijas materiālus?

- 17.1. ....
- 17.2. ....
- 17.3. ....
- 17.4. ....
- 17.5. ....

18. Kuros attēlos un kādas elektroierīču sastāvdaļas varētu tikt izgatavotas no plastmasas?



1. attēls

.....



3. attēls

.....



6. attēls

.....

4. attēls

.....

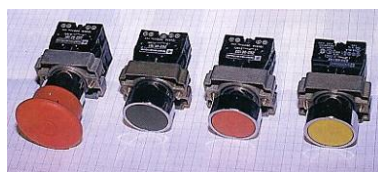
5. attēls

.....



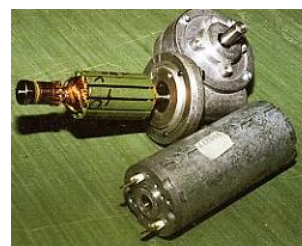
7. attēls

.....



8. attēls

.....



9. attēls

.....

