

Vispārizglītojošā e-fizika (VeF) vidējā profesionālajā izglītībā

Ievads

Makropasaules fizika (mehānika, elektrība, starojumi)

Mikropasaules fizika

Megapasaules fizika

Nobeigums

ELEKTRĪBA

Ievads : pasaule un cilvēks, telpa un laiks, spēks un enerģija

PASAULE ir daudzveidīgu parādību jeb mainīgu ķermeņu kopums, kurā cilvēks ir viens no šiem mainīgajiem ķermeņiem jeb parādībām. CILVĒKS ir garīga jeb vārdiski domājoša dzīvā būtne, kuras apziņā īstenojas noteikts sajūtamas jeb konkrētās pasaules atveids.

Cilvēks apzina pasaules parādības laikā un telpā, raksturojot parādības kā mainīgos ķermeņus ar to atbilstošajiem stāvokļiem. T e l p a - ķermeņu savstarpējo novietojumu raksturojošo stāvokļu kopums. L a i k s - ķermeņu mainību raksturojošo secīgo stāvokļu kopums. Pasaule telpā - *visuma apzinātā daļa*, pasaule laikā - *mūžības apzinātā daļa*.

Cilvēks apzina pasauli ne tikai faktoloģiski, noskaidrojot kas, kad, kur un kā notiek. Viņš apzina arī pasaules parādību cēlonību jeb cēloņseku sakarības, cenšoties noskaidrot arī to, kāpēc tas, tad, tur un tā notiek. S p ē k s un e n e r ģ i j a ir jēdzieni, kas radīti un sekmīgi kalpo visdažādāko pasaules ķermeņu mijiedarbību aprakstam. Cēlonības problēmu risināšanas panatā ir vispārīgā atziņa, ka *visa cēlonis ir visa kopsaistība*.

Ķermeņi un to kustība - f i z i k a .

Katrs pasaules mainīgais ķermenis ir noteikts ar savu iekšējo un ārējo vidi, kuras var tikt apzinātas kā diskrētas vai nepārtrauktas, viendabīgas vai neviendabīgas, izotropas vai anizotropas vides. Ikviena vide ir noteiktu ķermeņu kopums, bet ikviens ķermenis ir ārēji noformēta šo ķermeņu veidojošā vide. Viss pastāv kopsaistībā - vieni ķermeņi un vides veido citus ķermeņus un vides.

FIZIKA ir fundamentāla zinātniska teorija (cilvēces uzkrāta specifiska dzīves pieredze) par materiālās pasaules ķermeņu telpisko stāvokļu mainību laikā un telpā jeb *k u s t ī b u* pasaules makro, mikro un mega līmeņos. Fizikas pamatjēdzieni : ķermeņi un kustība, stāvokļi, telpa, laiks un mijiedarbības, spēks, enerģija. FIZIKU ir radījuši cilvēki cilvēkiem, FIZIKA ir materiālās pasaules ķermeņu kustības zinātniskais ATVEIDS CILVĒKA APZIŅĀ .

ELEKTRĪBA

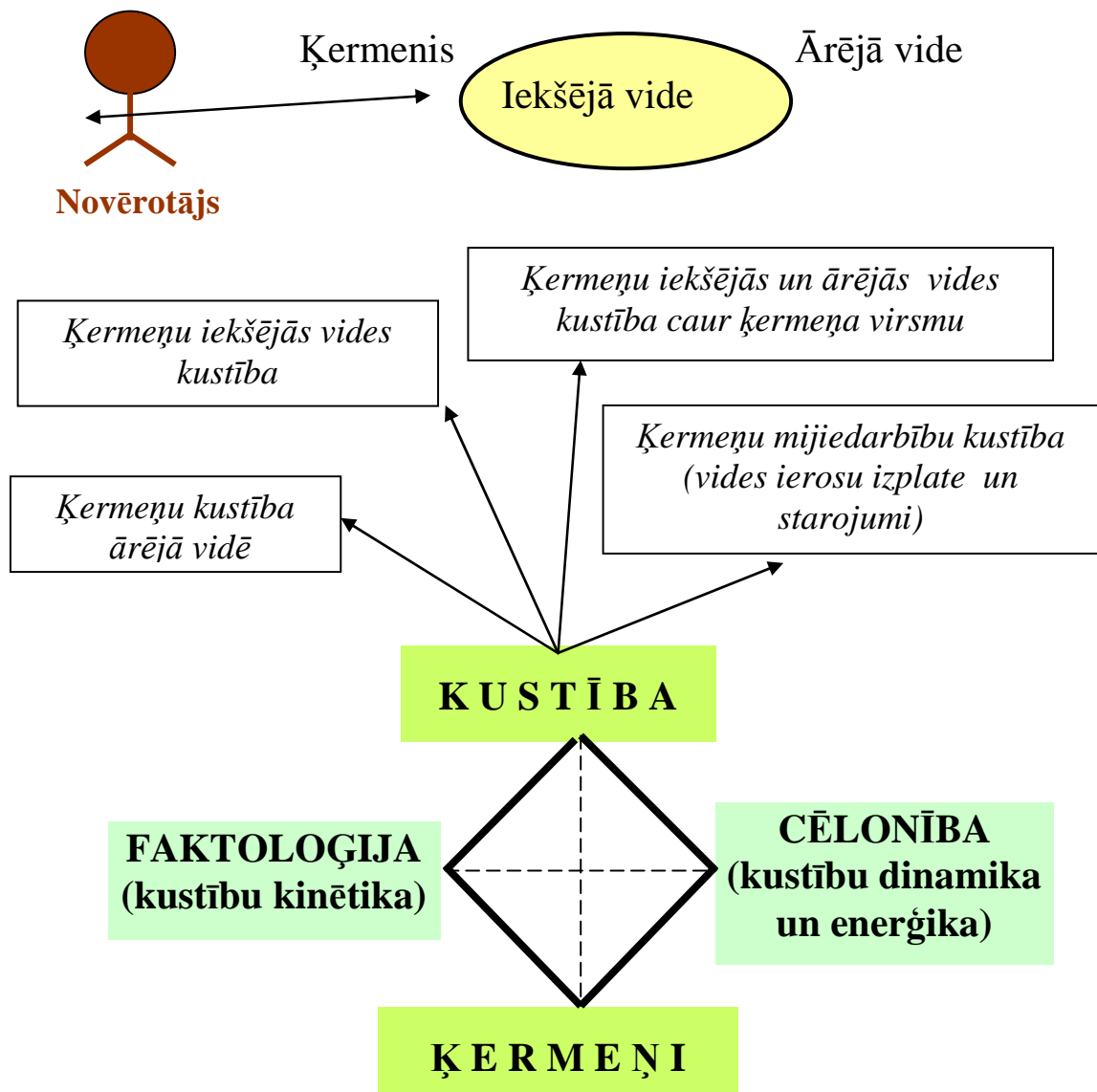
Elektrība ir praktiski ļoti nozīmīga fizikas daļa - *teorija par elektrisku ķermeņu k u s t ī b u* , atbilstoši ietverot gan faktoloģijas, gan cēlonības aspektus. Elektriskie ķermeņi ir īpaši ar tos raksturojošo elektrisko lādiņu un tajos plūstošo elektrisko strāvu. Elektrība jeb elektromagnētisms faktiski ir savdabīga elektrisko ķermeņu mehānika.

Vispārizglītojošā fizika

Pasaule – daudzveidīgu mainīgu ķermeņu kopums
Cilvēks apzina pasauli pa daļām, tās savstarpēji salīdzinot
un kopsaistot (analizējot un sintezējot)

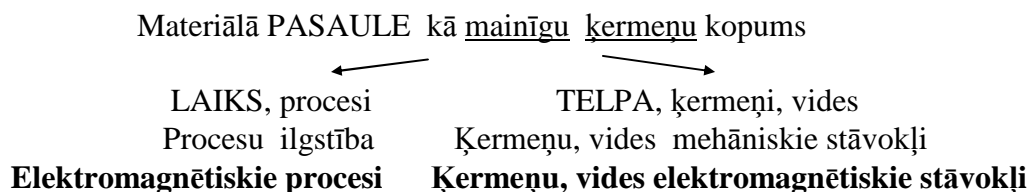
FIZIKA - fundamentāla zinātniska TEORIJA
par materiālās pasaules ķermeņu kustību, kas raksturo
fizikālo parādību atveidu **CILVĒKU APZIŅĀ**

Fizikas pamatjēdzieni
materiālās pasaules apzināšanai makro, mikro, mega līmeņos :
ķermeņi, kustība - stāvokļi, telpa, laiks un
mijiedarbības, spēks, darbs, enerģija



Elektrība (elektromagnētisms)

(materiālās pasaules elektromagnētiskie *ķermeņi un vides, to kustība*)



1. ĶERMENŪ ELEKTROMAGNĒTISMS

(ķermeņu elektriskās, magnētiskās īpašības un elektromagnetomehānika).

1.1. Makropasaules ķermeņu elektromagnētisms (elektrizācija, elektrovadāmība, elektriskā un magnētiskā polarizācija, elektromagnetomehānika).

1.1.1. **Elektriskie ķermeņi:**

- ķermeņu *elektrizācija* (elektriskā uzlāde-izlāde, elektriskā strāva);
- ķermeņu *elektrovadāmība* - elektriskās strāvas avoti un patērētāji, līdzstrāvas elektriskās ķēdes, to pamatelementi (rezistori, kondensātori, spoles) un atbilstošie raksturlielumi (pretestība, kapacitāte, induktivitāte).
- ķermeņu inducētā un spontānā *elektriskā polarizācija* (klasiskie dielektriķi, pjezoelektriķi, piroelektriķi, ferroelektriķi);

1.1.2. **Magnētiskie ķermeņi:**

- ķermeņu spontānā un inducētā *magnētiskā polarizācija jeb magnetizācija* (diamagnētiķi, paramagnētiķi, ferromagnētiķi);
- līdzstrāva - statiskā magnētiskā lauka avots, mākslīgie magnētiskie ķermeņu (līdzstrāvas kontūri, spoles, elektromagnēti).

1.1.3. **Elektromagnetomehānika:**

- punktveida ķermeņu elektromagnētiskās mijiedarbības;
- nepunktveida ķermeņu elektromagnētiskās mijiedarbības : strāvas vadu kustība magnētiskajā laikā (elektromotori), elektromagnētiskās indukcijas parādība (elektroģenerātori),

1.1.4. **Maiņstrāva** : maiņstrāvas elektriskās ķēdes, to pamatelementi (rezistori, kondensātori, spoles) un atbilstošie raksturlielumi (aktīvā, kapacitātīvā un induktīvā reaktīvā pretestība), rūpnieciskā un augstfrekvences maiņstrāva, elektriskie impulsi..

2. VIDES ELEKTROMAGNĒTISMS

(elektromagnētiskas vides, vides elektromagnētiskās ierosas)

2.1. Vielu elektromagnētiskās īpašības.

- 2.1.1. **Vielu elektrovadītspēja:** gāzu, šķidrumu, cietvielu *elektrovadītspēja* - izolātori, pusvadītāji, vadītāji;
- mūsdienu pusvadītāju mikroelektronikas ierīču darbības fizikālie pamati.
- 2.1.2. **Vielu elektriskā polarizācija:** gāzu, šķidrumu, cietvielu dielektriķi kā elektriski polarizēto elementu (dipolu) sistēmas, dipolu elektriskā mijiedarbība vielā, vielu dielektriskā uzņēmības mikroteorijas, dielektriskā spektroskopija.:
- 2.1.3. **Vielu magnētiskā polarizācija:** gāzu, šķidrumu, cietvielu *magnetizācija*, magnētiskie dipola momenti, vielu magnētiskā uzņēmības mikroteorijas, magnētiskā spektroskopija.

2.2. Mūsdienu elektromagnētiskās tehnovides (informātikas un energoapgādes sistēmas). Galveno elektromagnētisko ierīču darbības fizikālie pamati.

Elektromagnētisma parādību zinātniskā apzināšana

Elektromagnētisma parādību apzināšana īstenojas atbilstoši vispārīgajai parādību zinātniskās izziņas struktūrai, kurā izdalām parādību faktoloģisko un cēlonības, statikas un kinētikas, dinamikas un enerģētikas, makro un mikro aprakstus [skat. A.Broks PARĀDĪBU ZINĀTNISKĀ IZZIŅA. - "Skolotājs", Nr.5, 1998 (12.- 20.lpp.)].

	Līdzsvara jeb nemainīgi stāvokļi STATIKA <i>NEMAINĪBA</i>	Nelīdzsvara jeb mainīgi stāvokļi KINĒTIKA <i>MAINĪBA</i>	
FAKTOLOĢIJA (Kas, kad, kur, kā?)	Tas, tad, tur tā bija, ir	Tas, tad, tur tā notika, notiek!	Makroizpēte
			Mikroizpēte
CĒLONĪBA (DINAMIKA, ENERĢĒTIKA) (Kāpēc tas, tā, tur, tad?)	Tas, tad, tur tā bija, ir, būs tāpēc, ka ...	Tas, tad, tur tā notika, notiek, notiks tāpēc, ka ...	Makroizpēte (Horizontālā cēlonība)
			Mikroizpēte (Vertikālā cēlonība)

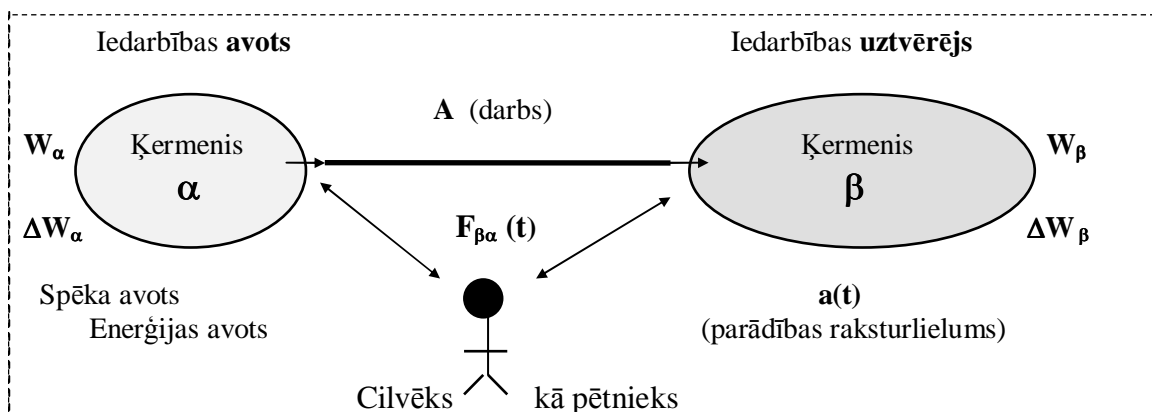
STATIKA – laikā nemainīgas parādības faktoloģija.

KINĒTIKA - laikā mainīgas parādības faktoloģija.

DINAMIKA - mācība par parādību cēlonību, ķermeņu mijiedarbības aprakstam izmantojot spēka (F) jēdzienu. Saka, ka ķermeņi viens uz otru iedarbojas ar spēku, kas dinamikā nozīmē šo ķermeņu savstarpējo iedarbību. Ikviens ķermenis var tikt aplūkots gan kā spēka avots, gan kā spēka uztvērējs.

ENERĢIKA - mācība par parādību cēlonību, ķermeņu mijiedarbības aprakstam izmantojot enerģijas (W) jēdzienu. Saka, ka ķermeņi var saņemt un atdot enerģiju, kas enerģētikā nozīmē šo ķermeņu savstarpējo iedarbību. Ikviens ķermenis var tikt aplūkots gan kā enerģijas avots, gan kā enerģijas uztvērējs.

Fizikālo parādību dinamiku un enerģētiku kopsaista darba jēdziens. **DARBS** (A) - ikviena procesa apjoma raksturlielums (vienmēr pozitīvs lielums). Procesā apjoms - darbs dinamikā un enerģijas izmaiņa enerģētikā : $\Delta W_{\alpha} = - A = - \Delta W_{\beta}$



Ā
R
Ē
J
Ā
V
I
D
E

1. ĶERMEŅU ELEKTROMAGNĒTISMS

1.1. MAKROPASAULES ĶERMEŅU ELEKTROMAGNĒTISMS

(ķermeņu elektrizācija, elektrovadāmība, elektriskā polarizācija, magnētiskā polarizācija (magnetizācija), elektromagnētisko ķermeņu *mehānika*.)

↓ PARĀDĪBAS APRAKSTU veidi →	FAKTOLOĢIJA Kas, kad, kur un kā ? <i>Statika Kinētika</i>		CĒLONĪBA Kāpēc tas, tad, tur un tā? <i>Dinamika Enerģētika</i>	
	Ķermeņu elektrizācija: elektriskā uzlāde un izlāde kā tieša un netieša ķermeņu kontaktparādība – elektriskā strāva kā vides pārnese parādība.	*	*	*
Ķermeņu elektrovadāmība: elektrovadāmības enerģētika, Oma likums, ķermeņi (R,L,C) līdzstrāvas un maiņstrāvas ķēdes.	*	*		*
Ķermeņu elektriskā polarizācija: elektriskais dipola moments, dielektriķi, inducētā un spontānā elektriskā polarizācija..	*	*	*	*
Ķermeņu magnētiskā polarizācija jeb magnetizācija: (magnētiskais dipola moments, magnētiķi, spontānā un inducētā magnetizācija.	*	*	*	*
Elektriski lādētu, elektriski polarizētu, magnetizētu ķermeņu mehānika: <ul style="list-style-type: none"> • punktveida ķermeņi; • noteiktu formu un izmēru ķermeņi; • elektromagnētiskā indukcija (elektroģenerātori un elektromotori) 	*	*	*	*

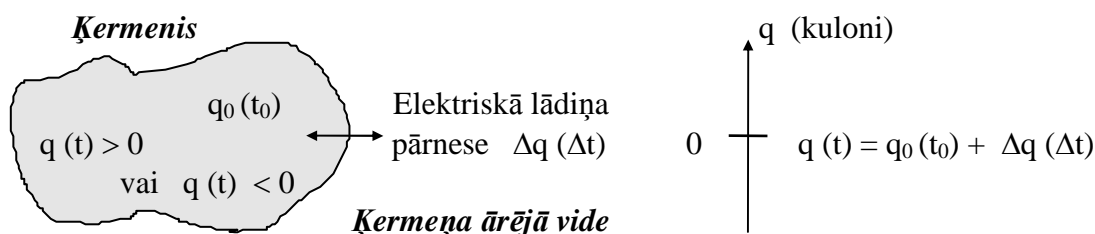
Uzsākot elektrisko un magnētisko parādību apskatu, var rasties jautājums : **kāpēc elektromagnētisms tiek aplūkots visciešākā saistībā ar mehāniku ?** Vispirms jau tāpēc, ka ķermeņu elektrizācijas, elektriskās un magnētiskās polarizācijas jeb magnetizācijas parādības ir novērojamas tiešā saistībā ar šo ķermeņu mehāniku (attiecīgo ķermeņu raksturīga savstarpējā tuvošanās, attālināšanās, pagriešanās). Otrkārt, attiecīgo elektromagnētisma parādību praktiskā izmantošana ļoti bieži saistās ar atbilstošo ķermeņu stāvokļa izmaiņu telpā, izmantojot ķermeņu elektromagnētiskās mijiedarbības. Visbeidzot, tas tikai lieku reizi atgādina to, ka **mehānika ir fizikas centrālā daļa un visas pārējās fizikas nozares atrodas principiālā saistībā ar mehānikas parādībām.** Tādēļ, uzsākot ķermeņu elektromagnētisma iepazīšanu, jau ir nepieciešams atbilstoši pārzināt elektromagnētiski neitrālo ķermeņu mehāniku. Turpmāk šī, mums jau pazīstamā mehānika, tiks attīstīta tālāk, tagad jau elektromagnētiskiem (elektriski lādētiem, elektriski polarizētiem, magnetizētiem) ķermeņiem. Ejot no vienkāršā uz sarežģīto, Jūsu līdz šim labi apgūtie mehānikas pamati tagad ļoti jūtami palīdzēs mums jauno fizikālo parādību iepazīšanā un izpratnē.

1.1.1. ELEKTRISKIE ĶERMEŅI

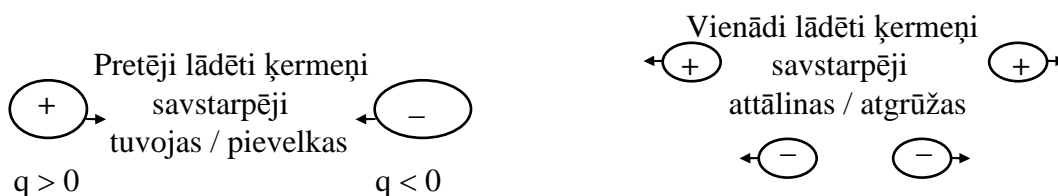
• Ķermeņu elektrizācija jeb elektriskā uzlāde

Elektrizācija ir fizikāla parādība, kurā ķermenis maina savu elektrisko stāvokli, kuru raksturo tā elektriskais lādiņš. Proti, ķermenis no elektroneitrāla stāvokļa pāriet elektriski lādētā stāvoklī.

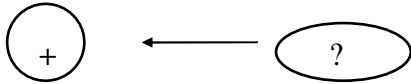
Elektrizācija īstenojas caur ķermeņa virsmu kā **atbilstošas vides pārnese parādība** - nepieciešamība, process un rezultāts. Sakām, ka ķermenis saņem vai atdod elektrisko lādiņu - caur ķermeņa virsmu notiek elektriskā lādiņa nesēju pārnese. Ļoti svarīgi ir ņemt vērā, ka pārnesta tiek noteikta vide, kuru veido elektriski lādēti ķermeņi - elektriskā lādiņa pārnese īstenojas kā elektriskas vides pārnese (līdzīgi kā masas pārnese tiek pārnesta vide, kuru veido ar noteiktām masām raksturojošies ķermeņi). Parasti elektrizācija īstenojas kā divu ķermeņu kontaktparādība (tieša vai netieša), taču ķermeņi var elektrizēties arī elektrisko lādiņu pārnesoša starojuma absorbcijas rezultātā. Ikvienu ķermeņa elektrizācijas pakāpi jeb stāvokli izvēlētajā laika momentā t raksturo šī ķermeņa elektriskais lādiņš $q(t)$. No matemātiskā viedokļa elektriskais lādiņš ir skalārs lielums, bet tā fizikālā mērvienība ir kulons (C).



Tiek novērotas divu veidu elektrizācijas, kuru raksturošanai ievieš pozitīvā un negatīvā elektriskā lādiņa jēdzienus un runā par pozitīvi un negatīvi elektriski lādētiem ķermeņiem. Tam pamatā ir novērojums, ka elektrizēti ķermeņi savstarpēji tuvojās *v a i* attālinās. Aprakstot šīs parādības, **saka**, ka ķermeņi tuvojoties *pievelkas un tad šiem ķermeņiem ir pretēju zīmju elektriskie lādiņi*. Ja elektriski lādēti ķermeņi savstarpēji attālinās, tad saka, ka tie atgrūžas un *šiem ķermeņiem ir vienādas zīmes elektriskie lādiņi*. Tātad IKVIENA ĶERMEŅA ELEKTRISKAIS LĀDIŅŠ RAKSTUROJAS AR TĀ LIELUMU UN ZĪMI. Elektriskā lādiņa lielumam palielinoties, runājam par ķermeņa elektrisko uzlādi, bet pretējā gadījumā - par ķermeņa elektrisko izlādi. Atkarībā no tā, kādas zīmes elektrisko lādiņu ķermenis saņem vai atdod, viens un tas pats ķermenis var būt pozitīvi vai negatīvi lādēts.



To, kurš no ķermeņiem ir pozitīvi (+) elektrizēts (lādēts), bet kurš negatīvi (-), mēs vienkārši norunājam - svarīgi ir atšķirt divus elektrisko lādiņu veidus, kamēr to izvēlētajiem nosaukumiem nav būtiskas nozīmes. Izvēloties vienu elektrizēto ķermeni par atskaites ķermeni un, piemēram, nosaucot tā elektrisko lādiņu par pozitīvu, citu ķermeņu elektriskā lādiņa zīme jau tiek noteikta atkarībā no tā, vai atskaites ķermenis tos pievelk (tad tie mūsu gadījumā būs negatīvi lādēti) vai arī atgrūž (tad tie mūsu gadījumā būs pozitīvi lādēti).



Ja sākotnēji nezināmas zīmes elektriski lādēts ķermenis *tuvojas* pozitīvi lādētam ķermenim, **tad** šis būs elektriski *negatīvi lādēts* ķermenis, **jo** ir noruna par dažādu zīmju lādēto ķermeņu savstarpēju tuvošanos - pievilkšanos.

Lūk, atkal kārtējais cilvēku radošās garīgās darbības piemērs, kas parāda to, kā tiek veidots - rodas novērojamo parādību vārdiskais apraksts. Šajā sakarā sastopam vienu no cilvēku garīgās darbības izpratnes pamatatziņām : **vārdu nozīmes cilvēki norunā un, ja viņi grib savā starpā sazināties (bez kā cilvēki nebūtu cilvēki), šīs norunas ir jāzin un jāievēro.** Lai arī par to īpaši domā un runā valodniecībā, vārdu nozīmju rašanās ir jāizprot arī fizikā, šobrīd - elektromagnētismā. Nepārzinot fizikā lietoto vārdu nozīmes, no fizikas neko nesapratīsim. **Fizika ir pasaules fizikālo parādību atveids cilvēku apziņā, šajā atveidā lietojot cilvēku pašu radītos vārdus.** Un vēl: pasaule ir viss, ko mēs par tādu saucam. Reālās pasaules vārdi apzīmē novērojamās lietas un procesus, bet nereālās pasaules vārdi - iedomātās lietas un procesus. Pozitīvais (negatīvais) elektriskais lādiņš fizikā - reālās jeb novērojamās pasaules lietas un procesus raksturojošie vārdi, reālās abstrakcijas.

Elektrizācijas parādības faktoloģija

Līdzīgi kā kustību mehānikā, arī elektrizācijas procesu ķermeņu elektromagnētismā var aprakstīt gan kopumā - integrālā, gan pa daļām - diferenciālā formā. Interesējošā ķermeņa atbilstošo stāvokļu un stāvokļu izmaiņu aprakstam atliek tikai konkretizēt vispārīgā gadījumā aplūkotos raksturlielumus. Ķermeņa *determiniskas elektrizācijas izpētē* tiek lietoti sekojoši raksturlielumi:

- q** - ķermeņa elektriskā lādiņa stāvokļa raksturlielums - **ķermeņa elektriskais lādiņš**;
- t** - laika stāvokļa raksturlielums - **laika stāvoklis** jeb moments;
- q(t)** - ķermeņa elektriskais lādiņš **q** stāvoklis laika stāvoklī jeb momentā **t** ;
- Δq** - elektriskā lādiņa **izmaiņas lielums**;
- Δt** - elektriskā lādiņa **izmaiņas ilgums**;
- Δq (Δt)** - elektriskā lādiņa izmaiņa **Δq** - pārnese caur ķermeņa virsmu laika intervalā **Δt** ;
- I = Δq / Δt** - elektriskā lādiņa pārnese procesa **ātrums** atbilstošajā laika intervalā **Δt** - saukts „elektriskās strāvas stiprums“;
- ΔI** - elektrizācijas procesa **ātruma** jeb elektriskās strāvas stipruma **izmaiņa**.

Ķermeņa elektriskā lādiņa raksturlielums **q** un atbilstošais laika raksturlielums **t** ir attiecīgās mainības pamata raksturlielumi, bet pārējie jau ir atbilstoši atvasinātie raksturlielumi.

Determiniskas elektrizācijas gadījumā ir spēkā sekojoša funkcionāla izteiksme - interesējošās kustības apraksta vispārīgs matemātiskais modelis:

$$\boxed{q(t) = q_0(t_0) + \Delta q(\Delta t)}$$

kur **q₀(t₀)** ir ķermeņa stāvoklis **q₀** laika atskaites sākuma stāvoklī jeb momentā **t₀** , **Δq = q - q₀** un **Δt = t - t₀** .

Dotā izteiksme ir ķermeņa elektrizācijas integrālā apraksta pamatā. Ar to visciešākā kopsaistībā pastāv arī ķermeņa elektrizācijas diferenciālais apraksts, kurš nodrošina integrālās izmaiņas **Δq (Δt)** salikšanu no to veidojošajām diferenciālām izmaiņām **Δq_i (Δt_i)** :

$$\boxed{\Delta q(\Delta t) = \sum \Delta q_i(\Delta t_i) = \sum I_i \Delta t_i}$$

Gadījumā, kad $\Delta q = 0$, $\Delta t \neq 0$ jeb $q(t) = \text{const}$, $I = 0$, ķermenis atrodas elektriskā līdzsvarā un runājam par ķermeņa statiku jeb elektriskā lādiņa nemainību laikā. Visos citos gadījumos tiek pētīta ķermeņa elektriskā lādiņa mainība laikā, kuru raksturo atbilstošā procesa noteikta veida **k i n ē t i k a**: vienmērīga vai nevienmērīga elektrizācija, bet nevienmērīgas elektrizācijas gadījumā - vienmērīgi vai nevienmērīgi mainīga elektrizācija.

Elektrizāciju kā vides pārnese procesu raksturo arī jau mehānikā iepazītie šo procesu vispārīgie raksturlielumi. Pārnesi īstenojoties perpendikulāri plakanai virsmai, kuras laukums ir S un caur kuru laika intervālā Δt tiek pārnesti lādiņš Δq , to apraksta šādi lielumi:

q - pārnese raksturlielums (elektriskais lādiņš)

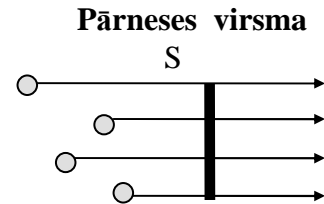
$\Delta q (\Delta t) = q(t) - q_0(t_0)$ - **pārnese lielums** jeb pārnese

$\Delta t = t - t_0$ - **pārnese ilgums**

$I = P_q = \Delta q / \Delta t$ - **pārnese ātrums** jeb plūsma - strāvas stiprums laika intervālā Δt

$B_q = \Delta q / S$ - **pārnese blīvums**

$j = I_q = \Delta q / (S \times \Delta t) = I / S$ - **pārnese intensitāte** jeb plūsmas blīvums jeb strāvas blīvums



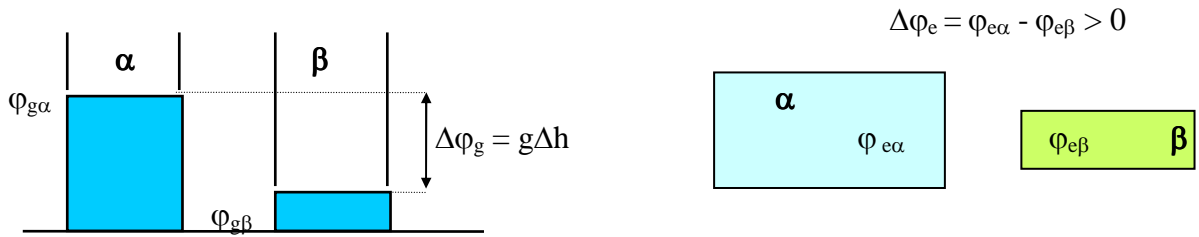
Līdzīgi kā jau aplūkotā interesējošā ķermeņa elektriskā lādiņa mainība, tā arī atbilstošais pārnese process var tikt aprakstīts kopumā - integrālā un pa daļām (soļiem) diferenciālā formā.

$$\Delta q (\Delta t) = \Sigma \Delta q_i (\Delta t_i) = \Sigma I_i \Delta t_i = \Sigma j_i S \Delta t_i$$

Elektrizācija - vides pārnese parādība:
līdzība ar šķidrums pārnese savienoto trauku gadījumā.

Vides pārnese īstenojas kā divu ķermeņu līdzsvara stāvokļu maiņa, šiem ķermeņiem nonākot savstarpējā kontaktā.

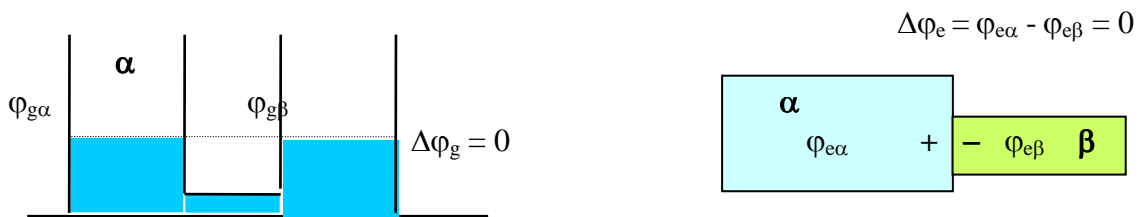
SĀKOTNĒJAIS līdzsvara STĀVOKLIS ķermeņiem neatrodies kontaktā



Šķidruma augšējiem slāņiem ķermeņos jeb traukos α un β ir **atšķirīga gravitācijas potenciālā enerģija W_g un potenciāls φ_g** : $\Delta\varphi_g = \varphi_{g\alpha} - \varphi_{g\beta} > 0$. Šī atšķirība $\Delta\varphi$ ir cēlonis šo slāņu augstuma - potenciāla izlīdzināšanās parādībai, daļai šķidruma no trauka α **pārejot** uz trauku β , ja abus traukus

Brīvajām elektiskās vides daļiņām ķermeņos α un β ir **atšķirīgas to vidējā elektriskā potenciālā enerģija W_e un potenciāls φ_e** : $\Delta\varphi_e = \varphi_{e\alpha} - \varphi_{e\beta} > 0$. Šī atšķirība $\Delta\varphi$ ir cēlonis šo daļiņu vidējā potenciāla izlīdzināšanās parādībai, daļai no tām **pārejot** no ķermeņa α uz ķermeni β , ja abus ķermeņus savieno.

BEIGU līdzsvara STĀVOKLIS ķermeņiem atrodies kontaktā



Abos gadījumos ķermeņi α un β ir izmainījuši savu stāvokli : ir īstenojies atbilstošais pārnese process, kā rezultātā attiecīgie ķermeņi ir pārgājuši no viena līdzsvara stāvokļa otrā līdzsvara stāvoklī. Attiecīgie starpstāvokļi raksturo notikušo pārejas procesu - pārnese kinētiku. Abos gadījumos tiek pārnests vide, kuru raksturo noteikta masa , bet otrajā gadījumā arī noteikts elektriskais lādiņš. Katru konkrēto pārejas procesu no viena līdzsvara stāvokļa otrā raksturo arī šī procesa ilgums, kuru ļoti bieži sauc par dotā procesa relaksācijas laiku un apzīmē ar grieķu alfabēta burtu τ (tau).

$$m(t) = m_0(t_0) + \Delta m(\Delta t) = m_0(t_0) + \sum \Delta m_i(\Delta t_i) = m_0(t_0) + \sum P_{mi}(\Delta t_i) \times \Delta t_i$$

(plūsma jeb pārnese ātrums $P_{mi}(\Delta t_i)$ laika intervalā Δt_i nozīmē vidējo plūsmu šajā laika intervalā)

$$q(t) = q_0(t_0) + \Delta q(\Delta t) = q_0(t_0) + \sum \Delta q_i(\Delta t_i) = q_0(t_0) + \sum I_i(\Delta t_i) \times \Delta t_i$$

(strāvas stiprums $I_i(\Delta t_i)$ laika intervalā Δt_i nozīmē vidējo strāvas stiprumu šajā laika intervalā)

Elektriskā lādiņa pārnese $q(t)$ aprēķins,

ja noteikta elektriskās strāvas stipruma kinētika $I(t)$

(Soļu metode – dotos laika intervalos īstenotā pārnese saskaitīšana jeb integrācija)

Laikā sarežģīti mainīgas strāvas gadījumā aprēķinu precizitātei nepieciešami pēc iespējas biežāk izdarīti strāvas mērījumi – mazāki Δt .

Visvienkāršākie gadījumi: laikā nemainīga strāva un laikā vienmērīgi mainīga strāva, kad elektriskā lādiņa pārnese kinētiku apraksta šādas pēc struktūras līdzīgas ķermeņu kustības aprakstam formulas mehānikā:

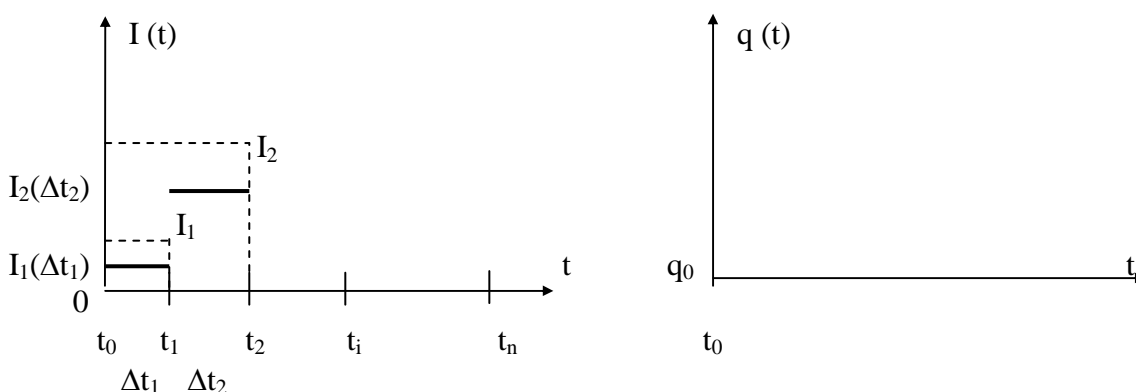
$$q(t) = q_0(t_0) + I \times (t - t_0) \quad - \text{laikā nemainīgas strāvas gadījums;}$$

$$q(t) = q_0(t_0) + \Delta I / \Delta t \times (t - t_0)^2 \quad - \text{laikā vienmērīgi mainīgas } (\Delta I / \Delta t = \text{const}) \text{ strāvas gadījums.}$$

Praksē ir izplatīta gan augoša, gan dilstoša strāvas eksponenciāla mainība laikā, attiecīgajai apraksta formulai saturot $\exp [+k \times (t - t_0)]$ vai $\exp [-k \times (t - t_0)]$.

Aprēķinu tabula

I, A	t, s	Δt , s	$I_{\text{vid}}(\Delta t)$, A	Δq , C	$q(t)$, C
0	t_0			-	q_0
I_1	t_1	Δt_1	$I_1(\Delta t_1) = (I_1 - 0)/2$	$\Delta q_1 = I_1(\Delta t_1) \times \Delta t_1$	$q_1 = q_0 + \Delta q_1$
I_2	t_2	Δt_2	$I_2(\Delta t_2) = (I_2 - I_1)/2$	$\Delta q_2 = I_2(\Delta t_2) \times \Delta t_2$	
...
I_i	t_i	Δt_i		Δq_i	q_i
...
I_n	t_n	Δt_n		Δq_n	q_n



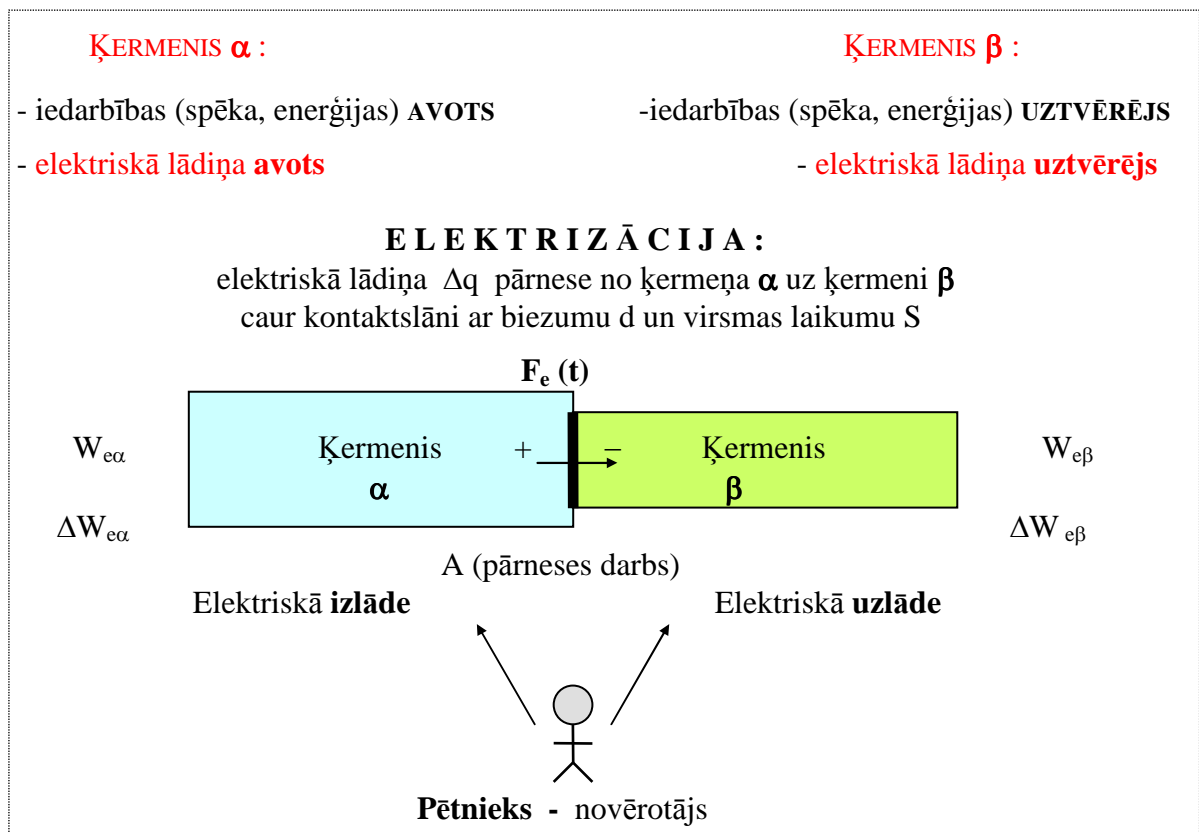
Elektrizācijas parādības cēlonība

Ķermeņa elektrizācijas CĒLONĪBAS APRAKSTS atsedz elektrizācijas izpētē noskaidrotās cēloņseku sakarības, kas pēc savas būtības ir dažādu ķermeņu kopsaistības - vienkāršākajā gadījumā pāra mijiedarbības raksturojums.

Cēloņseku sakarību noskaidrošanā vienkāršākajā gadījumā īstenojas **pāra mijiedarbība** - ir tikai divi pētnieka interešu subjekti: iedarbības avots (cēloņdarbības nesējs) un iedarbības uztvērējs (uztvērējdarbības nesējs) un tiek novērota ķermeņa α iedarbība uz ķermeņi β . Nekādā gadījumā nedrīkst aizmirst, ka abu ķermeņu un pētnieka sastādīto trijotni aptver tās ārējā vide.

Kā to jau noskaidrojām mehānikā, par vides pārnese procesu cēloni uzlūko noteiktas atšķirības, kas raksturo pārnesamo vidi vienā un otrā pusē attiecīgo ķermeņu virsmai. Proti, **par pārnese procesu cēloni uzlūko vides potenciālās enerģijas atšķirību ΔW vienā un otrā pusē pārnese virsmai, šo virsmu uzlūkojot kā kontaktslāni ar biezumu $\Delta x = d$** . Ja neīstenojas īpašas ārējas iedarbes uz vidēm abpus robežvirsmas (piemēram, vides piespiedu pārnese no puses ar zemāku potenciālo enerģiju uz pusi ar lielāku potenciālo enerģiju), tad pārnese notiek no puses ar lielāku potenciālo enerģiju un to pusi, kur videi šī enerģija būs mazāka.

Citiem vārdiem, elektrizācijas procesā elektriskā lādiņa avots samazina savu enerģiju, bet elektriskā lādiņa uztvērējs palielina savu enerģiju par lielumu, kas vienāds ar darbu A (Δt) - līdztekus elektriskā lādiņa pārnesei varam runāt arī par atbilstošās enerģijas pārnesei.



Ā R Ē J Ā V I D E

A (Δt) - laika intervālā Δt īstenošanās ķermeņu mijiedarbības apjoma raksturlielums - **d a r b s** un saka, ka laika intervālā Δt veikts darbs, pārnesot elektrisko lādiņu Δq no ķermeņa α caur kontaktslāni ar biezumu Δx uz ķermeni β :

$$A(\Delta t) = F_{ex}(\Delta t) \times \Delta x(\Delta t)$$

$W_e(t)$ - ķermeņa iedarbības spējas uz citiem ķermeņiem raksturlielums - **ķermeņa elektriskā enerģija** jeb enerģētiskā stāvokļa raksturlielums laika momentā t ;

$\Delta W_e (\Delta t)$ - laika intervālā Δt īstenotās **ķermeņa elektriskās enerģijas izmaiņas lielums**, kas raksturojas ar šajā laika intervālā īstenotās ķermeņu mijiedarbības apjomu - darbu $A (\Delta t)$.

$$\Delta W_{e\alpha} (\Delta t) = - \Delta W_{e\beta} (\Delta t) = - A (\Delta t)$$

Dažādu vides raksturlielumu telpisko izmaiņu aprakstam izmanto gradienta jēdzienu. Elektrizācijas parādības aprakstā mēs varam runāt par vidi veidojošo elektrisko ķermeņu potenciālās enerģijas gradientu $\Delta W_e / \Delta x = \text{grad}_x W_e$ saistībā ar vides pārnesei rosinošo elektrisko spēku F_{ex} , kas nosaka šīs vides pārnesei caur kontaktslāni atbilstošo darbu A laika intervālā Δt x-ass pozitīvajā virzienā:

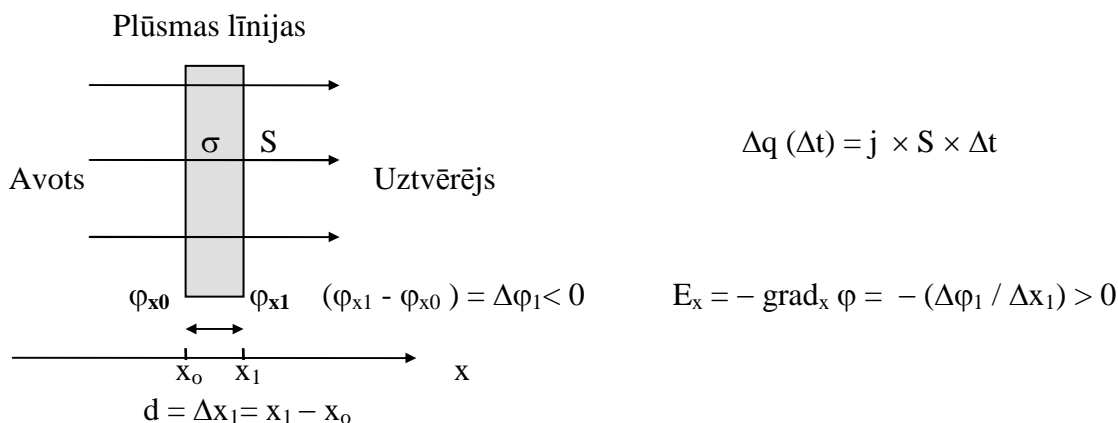
$$A = - \Delta W_e = F_{ex} \times \Delta x \quad F_{ex} = - \Delta W_e / \Delta x = - \text{grad}_x W_e \quad E_x = - \Delta \phi_e / \Delta x = - \text{grad}_x \phi_e$$

$E_x = F_{ex} / \Delta q$ - elektriskā spēka intensitāte, kas raksturo pārnesei tās dinamiskajā aspektā;

$\Delta \phi_e = \Delta W_e / \Delta q$ - elektriskā potenciāla starpība, kas raksturo vienas elektriskā lādiņa vienības (1 kulona) pārnesei tās enerģētiskajā aspektā;

$A_v = A / \Delta q = - \Delta \phi_e = U$ - vienas elektriskā lādiņa vienības (1 kulona) pārnesei darbs.

Elektriskā lādiņa pārnese caur plakanparalelu slāni – **Oma likums**



Pārnesei īstenojoties potenciāla samazināšanās [$\phi_{x0} > \phi_{x1}$, $\Delta \phi_1 = (\phi_{x1} - \phi_{x0}) < 0$] - koordinātass x virzienā [$d = \Delta x_1 = x_1 - x_0 > 0$] - šajā virzienā darbojas arī doto pārnesei raksturojošais spēks [$F_{ex} > 0$]. Pārnesei procesa cēlonis - potenciālu starpība $\Delta \phi_e$, kas raksturo pārnesei vienas vienības (1 C liela elektriskā lādiņa) dažādās enerģijas vērtības vienā un otrā kontaktslāņa pusē un ir skaitliski vienāda ar vienu vienību liela elektriskā lādiņa pārnesei darbu – spriegumu U. Pārnesei procesu raksturojošā elektriskā spēka intensitāte E_x - potenciālu starpība uz vienu pārnesei attāluma vienību.

Izdarot pieņēmumu, ka pārnesei intensitāte (sekas) ir proporcionāla to nosakošai elektriskā spēka intensitātei (cēlonis) [domu gaita ir analoga kā 2. Ņūtona likuma formulēšanā, kur kustības ātruma izmaiņa (sekas) eksperimentāli pamatoti tiek pieņemta kā proporcionāla spēkam (cēlonim)] $j = \sigma \times E_x$, seko, ka

$$\Delta q (\Delta t) = j \times S \times \Delta t = \sigma \times \mathbf{E}_x \times S \times \Delta t = \sigma \times [-(\Delta \phi_1 / \Delta x_1)] \times S \times \Delta t =$$

$$= \sigma \times [A_v / d] \times S \times \Delta t = (\sigma \times S / d) \times U \times \Delta t = G \times U \times \Delta t = (U \times \Delta t) / R$$

un $\Delta q (\Delta t) / \Delta t = \mathbf{I} = \mathbf{U} / \mathbf{R}$, kas ir Oma likums elektriskā lādiņa pārnesei,

kur $R = 1 / G = d / (\sigma \times S) = \rho \times d / S$

σ - slāņa vides elektrovadītspēja, bet $\rho = 1 / \sigma$ - slāņa vides elektropretestība

G – slāņa elektriskā vadāmība, bet R - slāņa elektriskā pretestība

• Ķermeņu **elektrovadāmība**.

Pārneses process - vides tiecība uz līdzsvaru, uz atšķirību likvidēšanu abās slāņa pusēs. Uzturot šo atšķirību - potenciālu starpību resp. pārneses spēku, īstenojas nepārtraukts pārneses process. **Elektriski lādēto daļiņu pārnese – elektriskā strāva. Aplūkojot šo elektrisko strāvu caur ķermeņiem, runā par šo ķermeņu elektrovadāmību.** Lai uzturētu elektrisko strāvu, ir nepieciešama noslēgta elektriskā ķēde, kurā ieslēgts īpašs ķermenis - elektriskās strāvas avots. Vispārīgajā gadījumā strāva ir laikā mainīga – gan pēc lieluma, gan virziena.

Ja pārneses ātrums – strāvas stiprums ir laikā nemainīgs lielums un nemainās arī pārneses virziens, tad saka, ka caur ķermeni plūst **līdzstrāva**. Vienkāršākie, taču principiāli atšķirīgie līdzstrāvas elektrisko ķēžu elementi ir elektriskās strāvas avoti un patērētāji - rezistori, kondensātori, spoles.

• Ķermeņu elektriskā **polarizācija**.

Ķermeņu inducētā un spontānā **elektriskā polarizācija** (klasiskie dielektriķi, pjezoelektriķi, piroelektriķi, ferroelektriķi);

1.1.2. MAGNĒTISKIE ĶERMEŅI.

• **Ķermeņu spontānā un inducētā magnētiskā polarizācija** *jeb magnetizācija* (diamagnētiķi, paramagnētiķi, ferromagnētiķi);

• **Elektriskā strāva – ķermeņu magnētisma cēlonis.** Līdzstrāva - statiskā magnētiskā lauka avots, mākslīgie magnētiskie ķermeņi (līdzstrāvas kontūri, spoles, **elektromagnēti**).

Ķermeņu termo-elektro-magneto mehāniskās īpašības.

(elektrisko un magnētisko ķermeņu īpašību *saistība*
ar ķermeņu mehāniskajām īpašībām)

ĶERMEŅU ĪPAŠĪBAS	ELEKTRIZĀCIJA	ELEKTRISKĀ POLARIZĀCIJA	MAGNĒTISKĀ POLARIZĀCIJA
Ķermeņu deformācija		Pjezoelektriskais efekts Elektrostrikcijas efekts	Pjezomagnētiskais efekts Magnetostrikcijas efekts
Ķermeņu sasilšana	Strāvas radītais siltums	Dielektrisko zudumu efekts	Enerģijas zudumi magnetizācijas procesā

Fizikālās parādības - **ķermeņu fizikālās īpašības pastāv kopsaistībā**, starp tām ir noteiktas sakarības: ierosinot vienu parādību, līdztekus ierosinas arī citas, ar doto parādību (īpašību) saistītās parādības. Praksē ļoti svarīgi zināt, kādas un cik nozīmīgas jeb vērā ņemamas dotajā situācijā ir šīs kopsaistības.

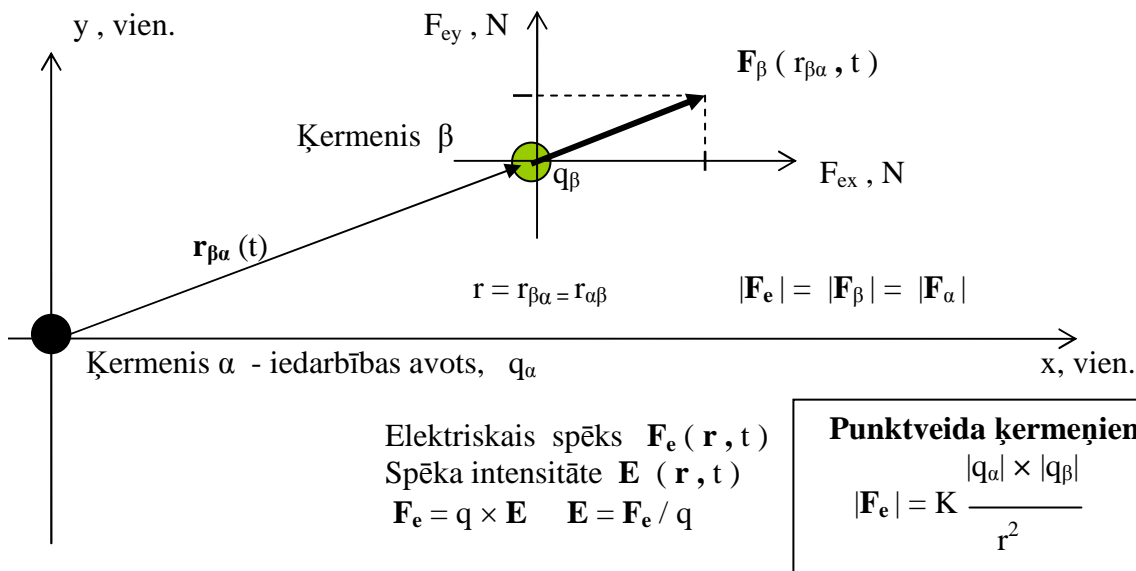
1.1.3. ELEKTROMAGNETOMEHĀNIKA

- **Elektrizētu jeb elektriski lādētu punktveida ķermeņu mijiedarbība** (savstarpējā pievilkšanās vai atgrūšanās)

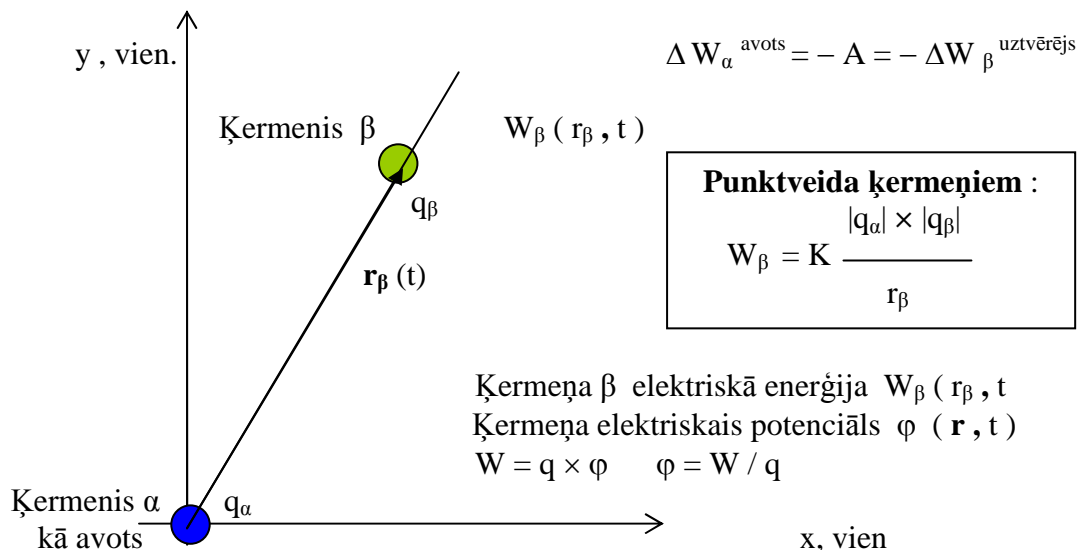
Līdzīgi kā punktveida ķermeņu gravitācijas mijiedarbībā, ap ikvienu punktveida elektriski lādētu ķermeni pastāv centrāls spēka un enerģijas lauki.

Centrālais elektriskā spēka lauks - telpa kā ķermeņu iespējamo atrašanās vietu kopums, kurā uz šiem ķermeņiem novērojama kāda cita ķermeņa - spēka avota iedarbība. Divu ķermeņu mijiedarbībā vienu no tiem uzlūko kā iedarbības jeb spēka avotu, bet otru – par šīs iedarbības jeb spēka uztvērēju.

$$\mathbf{F}_\beta (r_{\beta\alpha}, t) = -\mathbf{F}_\alpha (r_{\alpha\beta}, t)$$



Centrālais elektriskās enerģijas lauks - telpa kā ķermeņu iespējamo atrašanās vietu kopums, kurā atrodosies ķermeņi tiek raksturoti ar noteiktām to enerģijas vērtībām. Divu ķermeņu mijiedarbības enerģiju saista ar vienu no šiem ķermeņi, uzskatot, ka mijiedarbībā viens no ķermeņiem ir enerģijas avots, bet otrs – uztvērējs.



- elektriski vai magnētiski polarizētu punkveida ķermeņu mijiedarbība

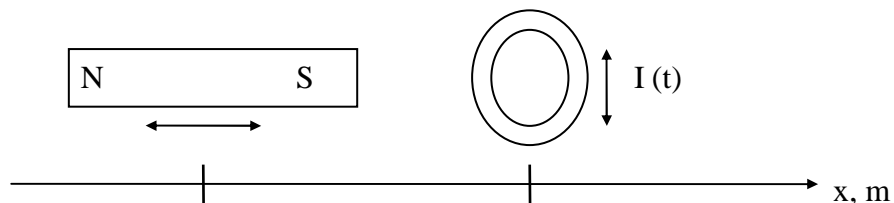
•
Elektromagnētisko punkveida ķermeņu mijiedarbība

Statiskās un kvazistatiskās elektromagnētiskās mijiedarbības	Lādiņš q	Elektriskais dipols \mathbf{m}_E	Magnētiskais dipols \mathbf{m}_M
Lādiņš q	$q \leftrightarrow q$	$q \leftrightarrow \mathbf{m}_E$	
Elektriskais dipols \mathbf{m}_E	$\mathbf{m}_E \leftrightarrow q$	$\mathbf{m}_E \leftrightarrow \mathbf{m}_E$	
Magnētiskais dipols \mathbf{m}_M			$\mathbf{m}_M \leftrightarrow \mathbf{m}_M$

- **Noteiktu formu un izmēru (nepunktveida) elektromagnētisko ķermeņu mijiedarbības**

Ķermeņi – viendabīga magnētiskā lauka avoti, magnētadatas kustība viendabīgā magnētiskā laukā, strāvas vadu kustība viendabīgā magnētiskā laukā, strāvas vada taisnsturveida rāmīša kustība viendabīgā magnētiskā laukā – līdzstrāvas elektromotors.

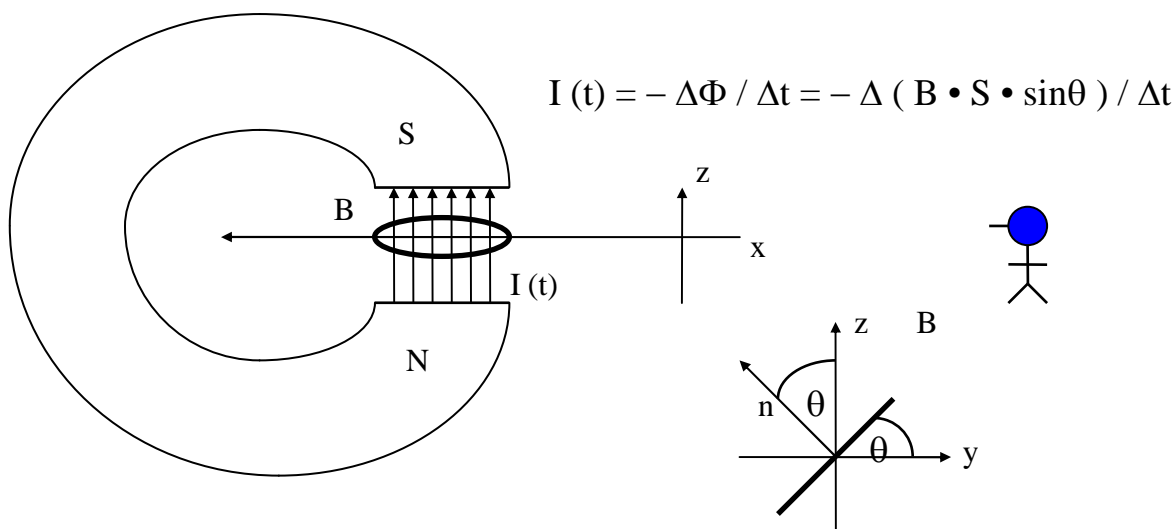
Ķermeņu pāra elektromagnētiskā mijiedarbība, kad abu ķermeņu savstarpējās kustības rezultātā magnētiskais ķermenis izraisa elektrisko strāvu otrā ķermenī.



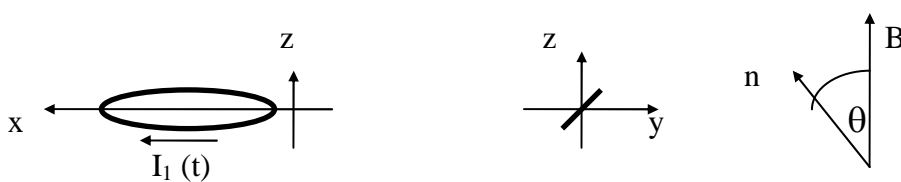
Praksē visnozīmīgākā ir situācija, kad plakni veidojošs vadītāja gredzens kā strāvu uzrādošais ķermenis (profesionāli saukts par vadītāja kontūru) tiek griezts ap šajā plaknē atrodošos asi, kas ir perpendikulāra magnētiskā ķermeņa magnētiskā spēka lauka līnijām.

Strāvas vada rāmīša (kontūra) griešana viendabīgā magnētiskā laukā vai viendabīga magnētiskā lauka griešana ap strāvas vada rāmīti (kontūru) :

Elektromagnētiskā indukcija - maiņstrāva ģenerators.



Dotajā situācijā viendabīga (homogēna) un laikā nemainīga magnētiskā spēka lauka līnijas vērstas atskaites sistēmas z ass virzienā, bet apļveida vadītāja kontūrs tiek vienmērīgi griezts ap diametrāli izvietotu x asi pretēji pulksteņa rādītāja virzienam, novērotājam raugoties uz kontūru x ass virzienā plaknē zy . Izvēloties par kontūra griešanas sākuma stāvokli situāciju, kurā magnētiskā spēka (B), saukta par magnētisko indukciju, virziens sakrīt ar kontura virsmas normāles (n) virzienu ($\theta = 0$), pirmajā pagriešana solī tiek īstenota magnētiskās plūsmas izmaiņa caur doto kontūru $\Delta \Phi_1 = B \times S \times \sin \Delta \theta_1$ un laika intervalā Δt_1 vadītājā novērota tajā radusies - inducētā elektriskā strāva $I_1(t_1)$. Atbilstoši izvēlētajam ķermeņu savstarpējam novietojumam - magnētiskā spēka virzienam, virsmas normāles virzienam un kontūra griešanas virzienam radusies elektriskā strāva ir negatīva, kas nozīmē tās virzienu kontūrā, kas pretējs pulksteņa rādītāja virzienam, raugoties uz kontūru virsmas normāles virzienā.

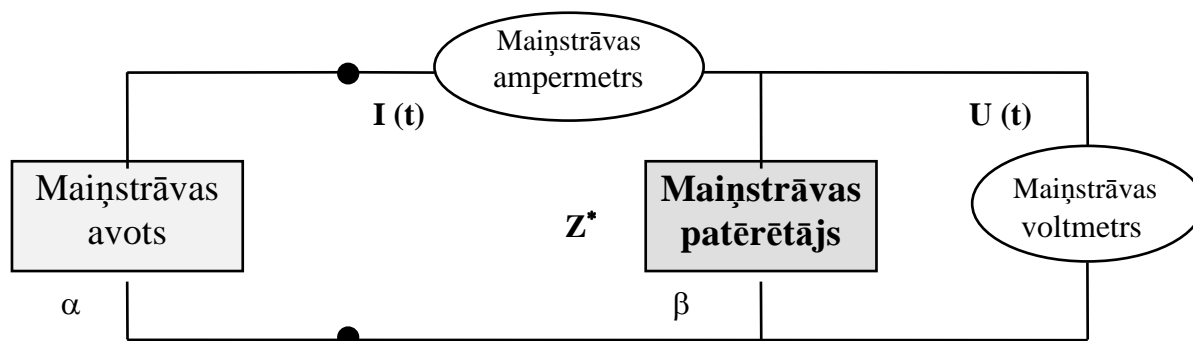


1.1.4. MAINSTRĀVA

(maiņstrāvas elektriskās ķēdes)

Mainstrāvas patērētāju elektriskās īpašības.

Mainstrāvas līnārās ķēdes: harmoniski mainīgas strāvas un sprieguma fāzu nobīde, spriegumu un pretestību attēlojums kompleksajā plaknē, maiņstrāvas elektrisko ķēžu līnārās aktīvās un reaktīvās pretestības, spriegumu, pretestību un jaudas trijstūri, maiņstrāvas patērētāja aktīvās un reaktīvās jaudas, jaudas koeficients ($\cos\varphi$), patērētāja pretestības kā ideālu rezistoru, spoļu un kondensātoru (RLC) virknes slēguma reprezentācija;



Harmoniski mainīgas elektriskās strāvas ķēdēs jeb parasti runājot saīsināti - **maiņstrāvas ķēdēs** caur patērētāju plūstošā strāva pēc fāzes nesakrīt ar atbilstošās potenciālu starpības - sprieguma fāzi un saka, ka strāva un spriegums raksturojas ar noteiktu fāzu nobīdi.

$$I(t) = I_a \sin(\omega t + \varphi_0) ; \quad U(t) = U_a \sin(\omega t + \varphi_0 + \varphi)$$

Tādējādi maiņstrāvas **patērētāja elektriskā pretestība** kā sprieguma un strāvas attiecība raksturojas ar to amplitūdu attiecību un vēl arī ar noteiktu sprieguma un strāvas fāzu starpību. Šādas pretestības, kā arī fāzē nobīdītas strāvas un sprieguma matemātiskam aprakstam-modelēšanai noder attiecīgo fizikālo lielumu apraksts ar kompleksajiem skaitļiem. Proti, ja maiņstrāva $I(t)$ un atbilstošais maiņspriegums $U(t)$ tiek aprakstīti kā kompleksi lielumi $\mathbf{I}^*(t) = I_a \exp(i\theta_I)$ un $\mathbf{U}^*(t) = U_a \exp(i\theta_U)$, kur $\theta_I(t) = \omega t + \varphi_0$ un $\theta_U(t) = \omega t + \varphi_0 + \varphi$, tad arī to attiecība ir komplekss lielums $\mathbf{Z}^* = Z \exp(i\varphi)$, kur $Z = U_a / I_a$.

$$\begin{aligned} \mathbf{Z}^* &= \mathbf{U}^*(t) / \mathbf{I}^*(t) = U_a \exp(i\theta_U) / I_a \exp(i\theta_I) = Z \exp[i(\theta_U - \theta_I)] = \\ &= Z \exp[i\Delta\theta] = \mathbf{Z} \exp(i\varphi) = Z e^{i\varphi} = Z \cos\varphi + i \sin\varphi = \mathbf{R} + i \mathbf{X}, \text{ kur} \end{aligned}$$

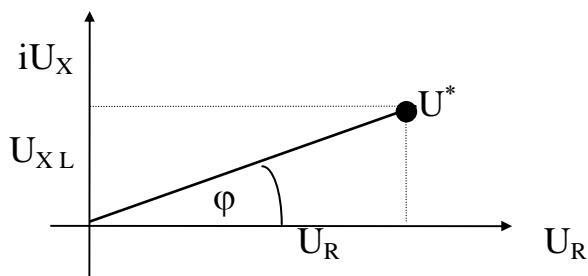
$\varphi = \Delta\theta = \theta_U(t) - \theta_I(t)$ - visos laika momentos pastāvošā, dotajam maiņstrāvas patērētājam raksturīgā **sprieguma fāzes nobīde attiecībā pret strāvas fāzi**;

\mathbf{Z} - dotā maiņstrāvas patērētāja **kompleksās jeb pilnās pretestības modulis**;

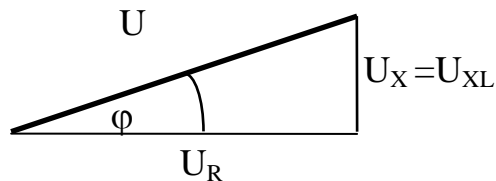
\mathbf{R} - dotā maiņstrāvas patērētāja **aktīvā pretestība**;

\mathbf{X} - dotā maiņstrāvas patērētāja **reaktīvā pretestība**;

Maiņsprieguma un maiņstrāvas pretestības attēlojums komplekso skaitļu plaknē



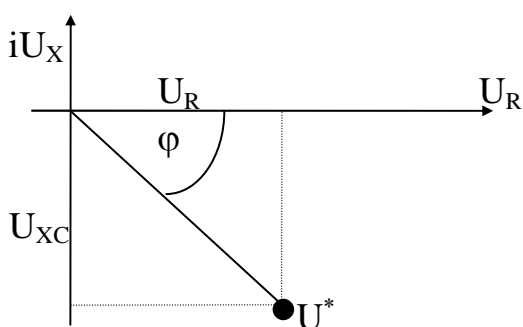
Induktīvs
patērētājs
 $\varphi > 0$



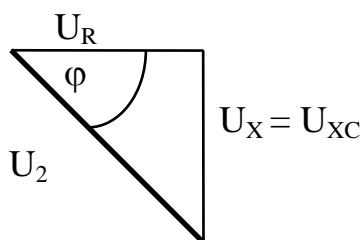
$$U^2 = U_R^2 + U_{XL}^2$$

U - pilnais spriegums (kompleksā sprieguma modulis)
 $U_X = U_{XL} - U_{XC}$ - reaktīvais spriegums
 U_R - aktīvais spriegums

Spriegumu trijstūri

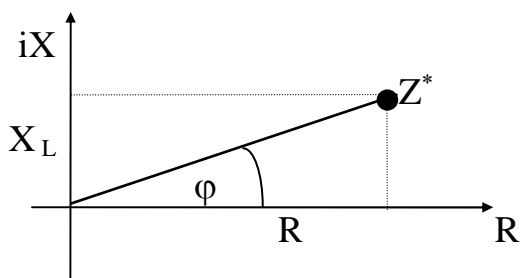
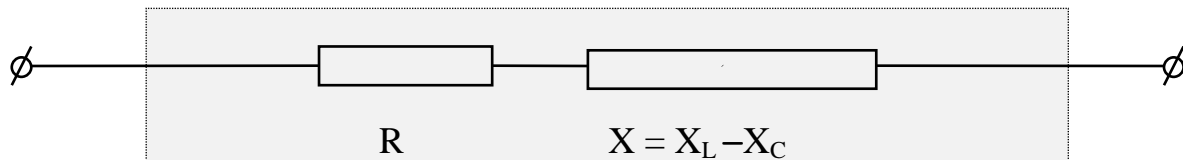


Kapacitatīvs
patērētājs
 $\varphi < 0$

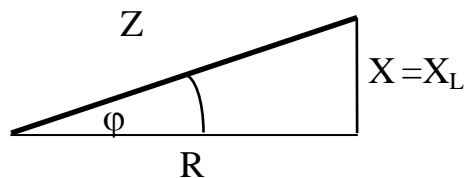


$$U^2 = U_R^2 + U_{XC}^2$$

$$Z^* = U^* / I^* = Z e^{i\varphi} = Z \cos\varphi + i Z \sin\varphi = R + i X = R + i (X_L - X_C)$$



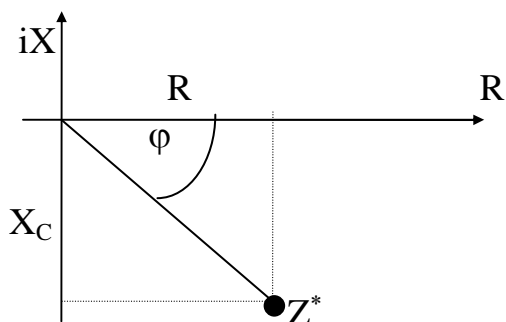
Induktīvs
patērētājs
 $\varphi > 0$



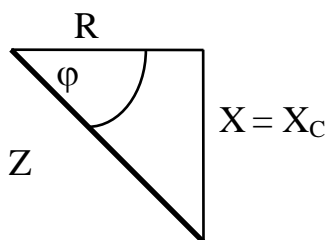
$$Z^2 = R^2 + X_L^2$$

Z - pilnā pretestība (kompleksās pretestības modulis)
 $X = X_L - X_C$ - reaktīvā pretestība
 R - aktīvā pretestība

Pretestību trijstūri

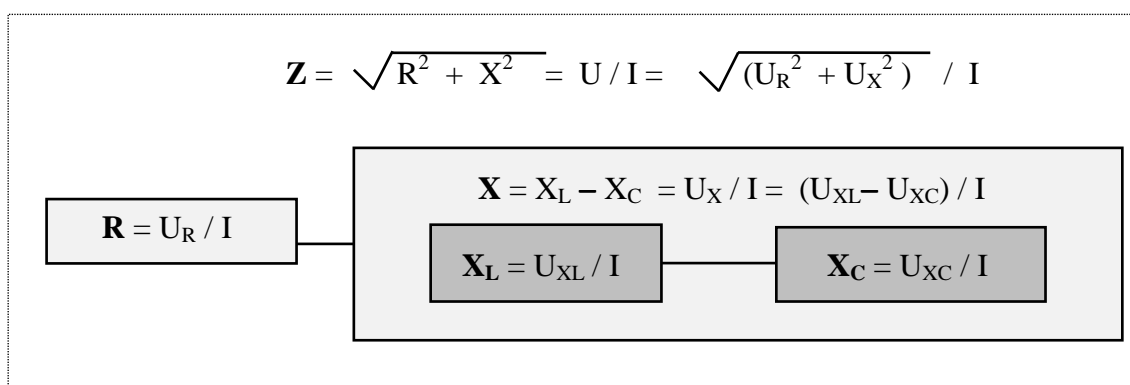
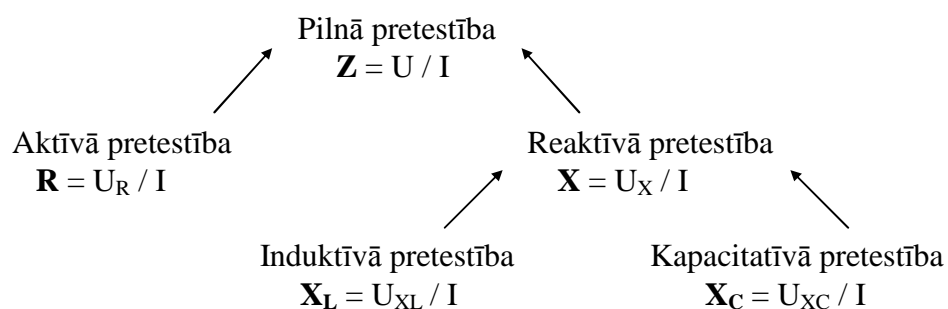


Kapacitatīvs
patērētājs
 $\varphi < 0$

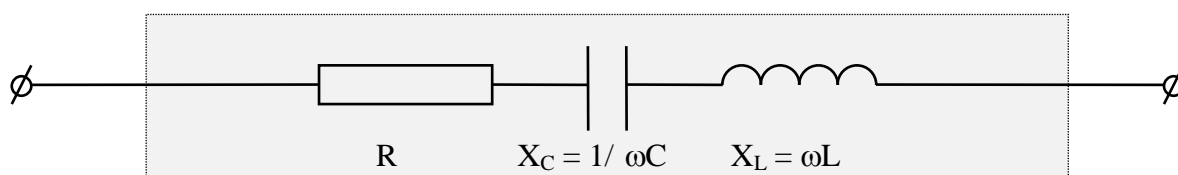


$$Z^2 = R^2 + X_C^2$$

Mainstrāvas patērētāja pretestības, to kopsaistība



Mainstrāvas patērētāja pretestības modelēšana ar RLC elementu virknes slēgumu



$$Z^* = Z e^{i\varphi} = R + iX = R + i(X_L - X_C) = R + i(\omega L - 1/\omega C)$$

$$X_L = \omega L \quad X_C = 1/\omega C$$

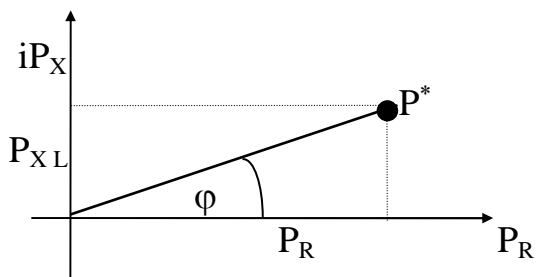
$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$$

Praksē ir svarīgi, lai pie dotā sprieguma U caur patērētāju plūstu maksimālā strāva $I = U / Z$, kas veic lietderīgu darbu un atrodas saistībā ar aktīvo spriegumu $U_R = I \times R$. Reaktīvā pretestība X strāvu samazina, tādējādi ierobežojot strāvas lietderīgo darbu, kuru raksturo aktīvais spriegums U_R . Tāpēc iespēju robežās vienmēr cenšas samazināt patērētāja reaktīvo pretestību $X = X_L - X_C$, atbilstoši variējot patērētāja induktivitāti L un kapacitāti C .

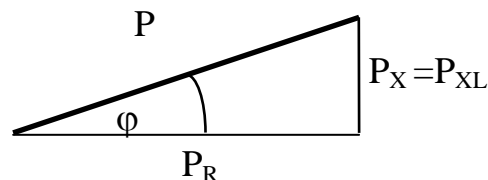
Patērētāja reaktīvo pretestību var samazināt līdz nullei, arī piemeklējot atbilstošu maiņstrāvas frekvenci. Šajā gadījumā runā par maiņstrāvas virknes rezonanses parādību.

Mainstrāvas patērētāja aktīvā un reaktīvā jauda.

Atbilstoši attiecīgajiem spriegumu un pretestību trijstūriem pastāv arī patērētāja jaudu trijstūris, kuru iegūst, pareizinot visas spriegumu trijstūra malas ar strāvas stiprumu I vai pretestību trijstūra malas ar I^2 .



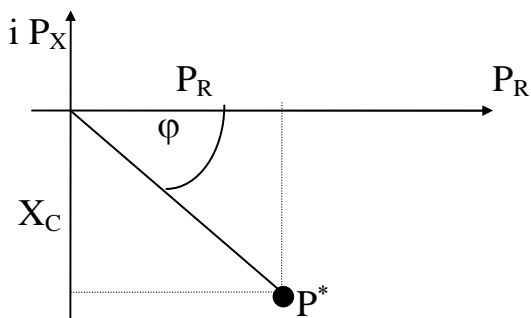
Induktīvs
patērētājs
 $\varphi > 0$



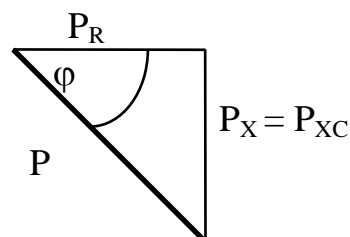
$$P^2 = P_R^2 + P_{XL}^2$$

Jaudu trijstūri

P - pilnā jauda (kompleksās jaudas modulis)
 $P_X = P_{XL} - P_{XC}$ - reaktīvā jauda
 P_R - aktīvā jauda



Kapacitatīvs
patērētājs
 $\varphi < 0$



$$P^2 = P_R^2 + P_{XC}^2$$

Mainstrāvas patērētāja elektrisko raksturojumu kopsavilkums

$I = U / Z$ - strāvas stiprums - kompleksās strāvas I^* modulis;

$U = I \times Z$ - pilnais *spriegums* - kompleksā sprieguma U^* modulis;

$U_R = I \times R$ - aktīvais spriegums - kompleksā sprieguma reālā komponente ;

$U_X = I \times X$ - reaktīvais spriegums - kompleksā sprieguma imaginārā komponente ;

$$U^2 = U_R^2 + U_X^2 \quad U^* = U_R + i U_X$$

$Z = U / I$ - pilnā *pretestība* - kompleksās pretestības Z^* modulis;

$R = U_R / I$ - patērētāja aktīvā pretestība - kompleksās pretestības Z^* reālā komponente ;

$X = X_L - X_C = U_X / I$ - patērētāja reaktīvā pretestība - kompleksās pretestības Z^* imaginārā komponente ;

$$Z^2 = R^2 + X^2 \quad Z^* = R + i X$$

$P = I \times U$ - pilnā *jauda* - kompleksās jaudas P^* modulis;

$P_R = I \times U_R = I \times I \times R = I^2 \times R$ - aktīvā jauda - kompleksās jaudas P^* reālā komponente;

$P_X = I \times U_X = I \times I \times X = I^2 \times X$ - reaktīvā jauda - kompleksās jaudas P^* imaginārā komponente.

$$P^2 = P_R^2 + P_X^2 \quad P^* = P_R + i P_X$$

2. VIDES ELEKTROMAGNĒTISMS

Elektromagnētiskas vides un to ierosas

2.1. Vielu elektromagnētiskās īpašības

↓ Galvenās elektromagnētiskās PARĀDĪBAS APRAKSTU veidi →	FAKTOLOĢIJA Kas, kad, kur un kā ?		CĒLONĪBA Kāpēc tas, tad, tur un tā?	
	<i>Statika</i>	<i>Kinētika</i>	<i>Dinamika</i>	<i>Enerģētika</i>
Elektromagnētiskas vides kustība caur ķermeņa virsmu • vides pārnese - LĪDZSTRĀVA • elektromagnētisku mikrodaļiņu emisija un absorbcija		*	*	*
Vides elektromagnētiskās ierosas un to izplate ķermeņos un caur ķermeņu virsmu • ELEKTROMAGNĒTISKĀ INDUKCIJA • elektromagnētiskās impulsveida ierosas • elektromagnētiskās svārstības un viļņi (rūpnieciskā un augstfrekvences MAIŅSTRĀVA)		*	*	*

• Vielu elektrovadītspēja [σ]

Elektrovadāmības izotropija un anizotropija. Vielu elektrovadītspējas tenzors.

VIĒLU VEIDI	Vadītāji	Pusvadītāji	Nevadītāji jeb izolātori
Gāzes	*	*	*
Šķidrums	*	*	*
Cietvielas	*	*	*

• Vielu dielektriskās [ϵ] un magnētiskās [μ] īpašības

Dielektriskā un magnētiskā spektroskopija

2.2. Mūsdienu elektromagnētiskās tehnoloģijas

(elektroapgādes tīkli, elektrosakaru tīkli, mikroelektroniskās sistēmas)