

Kapitulli 11: Fusha elektrike

Rezultatet e të nxënit

Duhet të jeni në gjendje të:

- përkufizoni intensitetin e fushës elektrike;
- vizatoni vijat e fushës elektrike;
- formuloni dhe përdorni ligjin e Kulonit;
- llogarisni intensitetin e fushës elektrike të njëtrajtshme;
- llogarisni intensitetin dhe potencialin e fushës së një ngarkese pikësore;
- përkufizoni potencialin e fushës elektrike dhe të lidhni intensitetin e fushës me gradientin e potencialit;
- krahasoni fushën elektrike me atë të rëndësës.

Elektriciteti në natyrë

Sipërfaqja e poshtme e reve zakonisht ka ngarkesë negative. Kur bie rrufeja (figura 11.1), nëpër ajër dhe në tokën poshtë resë kalon një rrymë shumë e madhe elektrike. Në fakt rrufetë zakonisht konsistojnë në 4 ose 5 goditje në intervale prej rreth 50 milisekondash. Në këtë kapitull do të mësojmë si krijohet fusha elektrike dhe forcat elektrike, si edhe do të përshkruajmë metodat matematike të llogaritjes së forcave dhe fushave elektrostatike.



Figura 11.1 Rrufeja, një shembull i fushave elektrostatike në natyrë.

Fusha elektrostatike

Elektriciteti statik është i rëndësishëm në jetën e përditshme. Ai luan rol në procesin e fotokopjimit, në spërkatjen e produkteve bujqësore, në precipitimin e pluhurit për të pastruar emetimet e industrisë, etj. Këto bëhen të mundura falë **ngarkesave elektrike**, të cilat janë dy llojesh: pozitive e negative. Ngarkesat e njëjta shtyhen, kurse ato të kundërta tërhiqen.

Mbi objektet e ngarkuara që ndodhen në fushën elektrike vepron një forcë. Në fakt, ky është kuptimi i vetë fushës elektrike. Themi se kudo ku mbi ngarkesat elektrike vepron një forcë është e pranishme një fushë elektrike. Fusha elektrike është **fushë forcash**.

Ky është koncept abstrakt. Në fakt, ne e njohim fushën nga përvojat tona me fushën magnetike, si edhe atë të rëndësës. Më vonë do të mësojmë se forca elektrike dhe ajo magnetike janë të lidhura fort bashkë. Ato zakonisht konsiderohen si një entitet i vetëm: forca elektromagnetike.

Paraqitja e fushës elektrike

Fushën elektrike mund ta vizualizojmë me ndihmën e **vijave të fushës** (shpesh quhen vija të forcës). Tri format më të rëndësishme të fushës paraqiten në figurën 11.2.

Vijat e fushës na tregojnë dy karakteristika të fushës: drejtimin e kahun e saj (nga drejtimi e kahu i vijave të fushës) dhe sa e fuqishme është fusha (nga largësia ndërmjet vijave të fushës). Vijat e fushës dalin nga ngarkesat pozitive dhe futen në ngarkesat negative; ato na tregojnë drejtimin e kahun e forcës që vepron mbi një ngarkesë pozitive të vendosur në atë pikë të fushës.

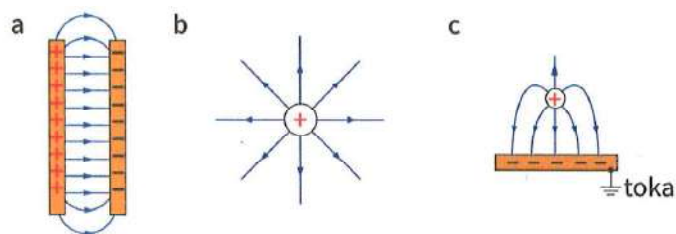


Figura 11.2 Vijat e fushës paraqesin fushën elektrike. Ato tregojnë drejtimin e kahun e forcës që vepron mbi një ngarkesë pozitive të vendosur në atë pikë të fushës. **a** Fusha elektrike e njëtrajtshme (uniforme) prodhohet ndërmjet dy armaturave me ngarkesa të kundërta. **b** Fusha elektrike rrezore (radiale) rrethon një sferë të ngarkuar. **c** Fusha elektrike ndërmjet një sferë të ngarkuar dhe një pllake të tokëzuar.

- Fusha e njëtrajtshme (uniforme) është njëlloj e fuqishme në të gjitha pikat. Shembull: fusha elektrike ndërmjet dy pllakave paralele me ngarkesa të kundërta.
- Fusha rrezore (radiale) hapet në të gjitha drejtimet. Shembull: fusha elektrike përreth një ngarkese pikësore ose një sferë të ngarkuar.

Mund edhe të vizatojmë fushën elektrike në situata të tjera. Kushtojini vëmendje simbolit të tokës, e cila pranohet se është e pangarkuar (elektroneutrale).

PYETJE

- 1 Cili prej diagrameve të figurës 11.3 paraqet:
 - a Fushën e dy ngarkesave pozitive?
 - b Fushën e dy ngarkesave negative?
 - c Fushën e dy ngarkesave të kundërta?

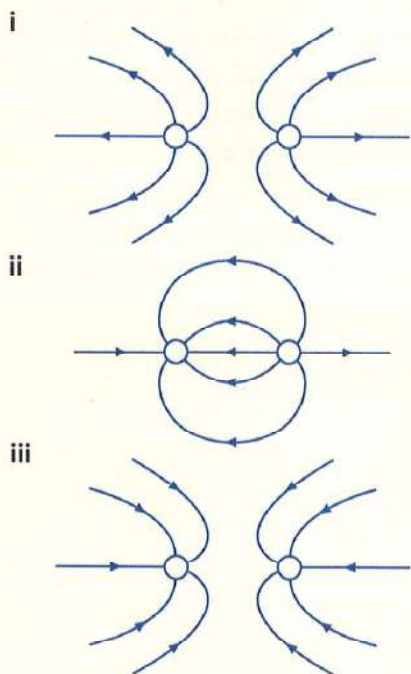


Figura 11.3 Fusha elektrike ndërmjet ngarkesave: shih pyetjen 1.

- 2 Mjaft molekula quhen polare; ato kanë zona që janë të ngarkuara pozitivisht ose negativisht, ndonëse në tërësi ato janë neutrale. Vizatoni një diagram që tregon si mund të orientohen molekula si ato të figurës 11.4 në një fushë elektrike të njëtrajtshme.

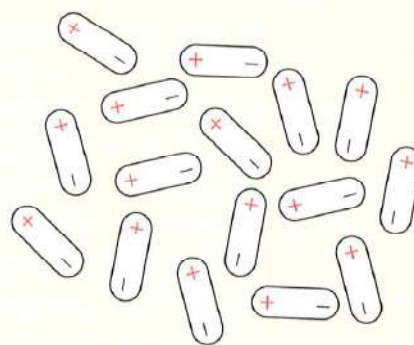


Figura 11.4 Molekula polare: shih pyetjen 2.

- 3 Figura 11.5 paraqet konfiguracionin e fushës elektrike ndërmjet një reje dhe një ndërtese. Thoni dhe shpjegoni ku është më i madh intensiteti i fushës elektrike.



Figura 11.5 Ku do të jetë më e fuqishme fusha elektrike? Aty do të bjerë rufeja.

Intensiteti i fushës elektrike

Intensiteti i fushës elektrike E përkufizohet si vijon:

Intensiteti i fushës elektrike në një pikë është forca që ushtrohet mbi ngarkesën pozitive njësi të vendosur në atë pikë.

Pra, për të përcaktuar intensitetin e fushës elektrike, mendojmë se vendosim në të një ngarkesë provë pozitive $+Q$ dhe masim forcën elektrike F që vepron mbi të (figura 11.6).

Nga ky përkufizim shkruajmë intensitetin e fushës:

$$E = \frac{F}{Q}$$

Nga kjo rrjedh se intensiteti i fushës elektrike matet me Njuton për Kulon (NC^{-1}).

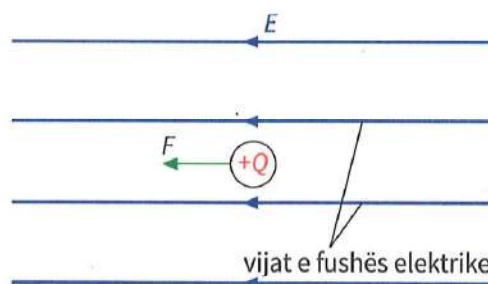


Figura 11.6 Fusha me intensitet E ushtron forcën F mbi ngarkesën $+Q$.

Ligji i Kulonit

Çdo trup i ngarkuar krijon fushë elektrike në hapësirën përreth tij. Ky trup i ngarkuar mund të jetë i vogël, si elektroni apo protoni, ose gjigant, si një planet apo yll. Kur themi se ai krijon fushë elektrike, kuptojmë se ai ushtron një forcë elektrike mbi çdo trup tjetër të ngarkuar që ndodhet në këtë fushë. Si mund ta përcaktojmë madhësinë e kësaj force?

I pari që i dha përgjigje kësaj pyetjeje ishte fizikani francez Charl Kulon (Charles Coulomb). Ai kuptoi se duhet të konsiderojmë bashkëveprimin e ngarkesave pikësore, pra ngarkesave elektrike me përmasa pambarmishtë të vogla, aq sa nuk na duhet të shqetësohemi mbi formën e tyre. Në 1785 Kuloni propozoi një ligj që përshkruan forcën e ushtruar nga një grimcë e ngarkuar mbi një tjetër. Ky ligj i ngjan jashtëzakonisht shumë në formë ligjit të tërheqjes së gjithësishtme të Njutonit.

Ligji i Kulonit thotë se:

Dy ngarkesa pikësore bashkëveprojnë me forca që janë në përpjesëtim me këto ngarkesa dhe në përpjesëtim të zhdrejtë me katrorin e largësisë mes tyre. Forcat janë të drejtuara sipas vijës që bashkon ngarkesat, dhe janë tërheqëse po qe se ngarkesat kanë shenja të kundërta, dhe shtytëse po qe se ngarkesat kanë shenja të njëjta.

Konsiderojmë dy ngarkesa pikësore Q_1 e Q_2 , që ndodhen në largësi r nga njëra—tjetra (figura 11.7). Forca e ushtruar nga secila prej ngarkesave mbi tjetrën është F . Sipas ligjit të tretë të Njutonit, ngarkesat pikësore bashkëveprojnë, ndaj ushtrojnë mbi njëra—tjetrën forca të barabarta në madhësi dhe të kundërta në kah.

Pra, me një formulë ligji i Kulonit mund të shkruhet:

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

Konstantja e përpjesëtueshmërisë, në sistemin SI, shkruhet në formën:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

ku ϵ_0 njihet si përshkueshmëria elektrike e zbrazësirës.

Vlera e saj është rreth $8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$.

Atëherë ligji i Kulonit merr formën:

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

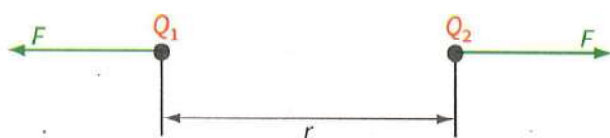


Figura 11.7 Madhësitë që hyjnë në ligjin e Kulonit.

Atëherë del se konstantja k e ligjit të Kulonit ka vlerën $9.0 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$.

Pra, sikurse edhe gravitacioni, forca elektrostатike varet nga atributet që e prodhojnë atë (në këtë rast, ngarkesat) dhe jepet nga një ligj i të anasjellës së katrorit: po qe se largësia ndërmjet ngarkesave dyfishohet, forca bëhet sa çereku i forcës së mëparshme.

Deri tani kemi konsideruar ngarkesat pikësore. Si edhe në rastin e forcave gravitacionale, kur kemi të bëjmë me sfera të ngarkuara njëtrajtësisht, masim largësinë ndërmjet qendrave, sepse sferat sillen sikur e gjithë ngarkesa të ishte e përqendruar në qendrën e tyre. Pra, formulën e ligjit të Kulonit mund ta zbatojmë si për ngarkesat pikësore si protoni apo elektroni, ashtu edhe për sferat e ngarkuara njëtrajtësisht, për sa kohë që largësinë e masim nga qendra në qendër.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 11.1: Studimi i ligjit të Kulonit

Studimi i forcës që dy trupa të ngarkuar ushtrojnë mbi njëri—tjetrin është pak i vështirë, sepse gjatë eksperimentit ngarkesa shkarkohet dalëngadalë në ajër apo në tokë. Gjithashtu është e vështirë të masim ngarkesën, e cila është e vogël, duke bërë që forcat të jenë shumë të vogla.

Figura 11.9 paraqet një mënyrë për të studiuar ligjin e të anasjellës së katrorit për dy sfera metalike të ngarkuara (marrim dy sfera “bukë peshku” të veshura me një shtresë të hollë argjendi). Ndërsa njëra prej sferave ulet, duke iu afruar tjetrës forca e bashkëveprimit rritet, duke bërë që të rritet leximi i peshores.

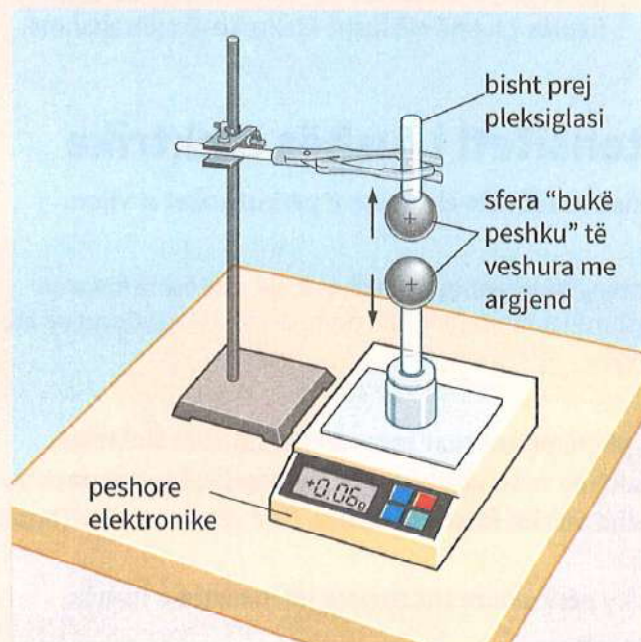


Figura 11.9 Studimi i ligjit të Kulonit.

Intensiteti i fushës elektrike qendrore

Kemi thënë se intensiteti i fushës elektrike në një pikë përkufizohet si forca e ushtruar mbi ngarkesën pozitive njësi të vendosur në atë pikë: $E = F/Q$.

Pra, për të gjetur intensitetin e fushës në afërsi të ngarkesës pikësore Q_1 (apo një sferë të ngarkuar njëtrajtësisht), duhet të imagjinojmë një ngarkesë të vogël provë (pozitive) Q_2 të vendosur në fushë, dhe të gjejmë forcën e ushtruar mbi të. Më pas mund të shfrytëzojmë përkufizimin e mësipërm, për të gjetur intensitetin e fushës elektrostатike të një ngarkese pikësore ose sferike.

Forca ndërmjet dy ngarkesave jepet nga:

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Atëherë intensiteti i fushës elektrike E të krijuar nga ngarkesa Q_1 në largësinë r nga qendra e saj është:

$$E = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2 Q_2}$$

ose:

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Intensiteti i fushës E nuk është konstant; ai zvogëlohet me rritjen e largësisë r . Intensiteti i fushës është në përpjesëtim të zhdrejtë me katrorin e largësisë, njëlloj si intensiteti i fushës së rëndesës.

Gjithashtu vërejmë se, meqë forca është madhësi vektoriale, edhe intensiteti i fushës elektrike do të jetë madhësi vektoriale. Për ta specifikuar atë plotësisht, na duhet të japim jo vetëm madhësinë, por edhe drejtimin e kahun. Shembulli i zgjidhur 1 tregon si të përdorni formulën e intensitetit të fushës së një sferë të ngarkuar.

PYETJE

- Një sferë metalike me rreze 20cm mbart një ngarkesë pozitive prej $+2.0\mu\text{C}$.
 - Sa është intensiteti i fushës elektrike në largësinë 25cm nga qendra e sferës?
 - Një sferë identike me ngarkesë negative $-1.0\mu\text{C}$ vendoset afër sferës së parë. Ndërmjet tyre ka një hapësirë prej 10cm. Llogaritni forcën e ushtruar nga secila prej sferave mbi tjetrën. Kujtoni se duhet të llogarisni largësinë ndërmjet qendrave të sferave.
 - Llogaritni intensitetin e fushës elektrike në mes të vijës që bashkon qendrat e sferave.
- Gjeneratori i van de Grafit lëshon shkëndija kur intensiteti i fushës në sipërfaqen e sferës (kokës) së tij është $4.0 \cdot 10^4 \text{Vcm}^{-1}$. Nëse diametri i sferës është 40cm, sa është ngarkesa në të?

SHMBOLL I ZGJIDHUR

- Një sferë metalike me diametër 12cm është e ngarkuar pozitivisht. Intensiteti i fushës elektrike në sipërfaqen e sferës është $4.0 \cdot 10^5 \text{Vm}^{-1}$. Vizatoni vijat e fushës së krijuar nga sfera dhe llogaritni ngarkesën e saj.

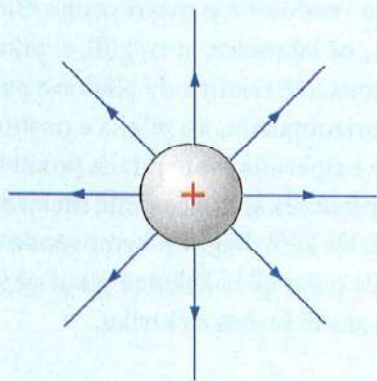


Figura 11.10 Fusha elektrike e krijuar nga një sferë e ngarkuar.

Hapi 1 Vizatojmë vijat e fushës elektrike (figura 11.10). Vijat e fushës elektrike duhet të jenë pingule me sipërfaqen e sferës (sipas rrezeve të saj).

Hapi 2 Shkruajmë madhësitë e njohura:

$$E = 4.0 \cdot 10^5 \text{Vm}^{-1}$$

$$r = \frac{0.12}{2} = 0.06 \text{m}$$

Hapi 3 Gjejmë ngarkesën nga formula e intensitetit të fushës:

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = 0.06 \text{m}$$

$$\begin{aligned} Q &= 4\pi\epsilon_0 r^2 \cdot E \\ &= 4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot (0.06)^2 \cdot 4.0 \cdot 10^5 \\ &= 1.6 \cdot 10^{-7} \text{C} \quad (0.16\mu\text{C}) \end{aligned}$$

Potenciali elektrik

Kemi folur tashmë për energjinë potenciale. I lidhur ngushtë me të është potenciali. Tashmë dimë diçka lidhur me potencialin elektrik, sepse njohim konceptin e tensionit elektrik. Në këtë paragraf do ta formalizojmë këtë koncept.

Energjia potenciale elektrike

Kur një ngarkesë elektrike zhvendoset në një fushë elektrike, energjia e saj potenciale ndryshon. Mendoni mbi rastin kur doni të afroni një ngarkesë pozitive tek një tjetër: ju duhet ta shtyni atë (figura 11.11), sepse dy ngarkesat shtyhen. Pra, për të zvogëluar largësinë ndërmjet ngarkesave, duhet të kryeni punë.

Kur kryeni punë, nga ju tek ngarkesa që shtyni transferohet energji. Atëherë energjia potenciale e ngarkesës rritet. Po ta lini të lirë, ngarkesa do të largohet nga tjetra. Analogjia me fushën e rëndesës është e plotë: po të ngrini një masë, energjia e saj potenciale rritet; kur e lëshoni, ajo bie.

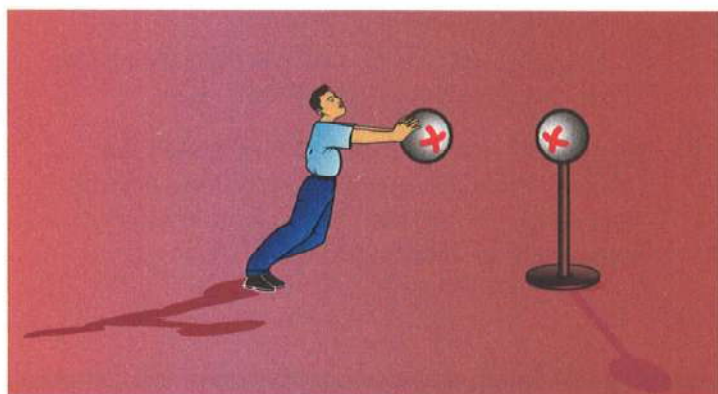


Figura 11.11 Për të afruar një ngarkesë pozitive tek një tjetër, duhet të kryeni punë.

Ndryshimi i energjisë në një fushë të njëtrajtshme

Mendojmë mbi zhvendosjen e një ngarkese pozitive në një fushë elektrike të njëtrajtshme (e krijuar nga dy pllaka paralele të ngarkuara me ngarkesa të kundërta). Për ta zhvendosur ngarkesën më pranë pllakës së ngarkuar pozitivisht, duhet të kryejmë punë. Atëherë energjia potenciale e ngarkesës rritet. Nëse ngarkesën e afrojmë tek pllaka negative, energjia potenciale e saj zvogëlohet (figura 11.12a).

Meqë në fushën e njëtrajtshme forca është e njëjtë në të gjitha pikat, është e qartë që energjia e ngarkesës rritet linearisht ndërsa atë e zhvendosim nga pllaka negative tek ajo pozitive. Grafiku i energjisë potenciale kundrejt largësisë është vijë e drejtë, siç duket në figurën 11.12b.

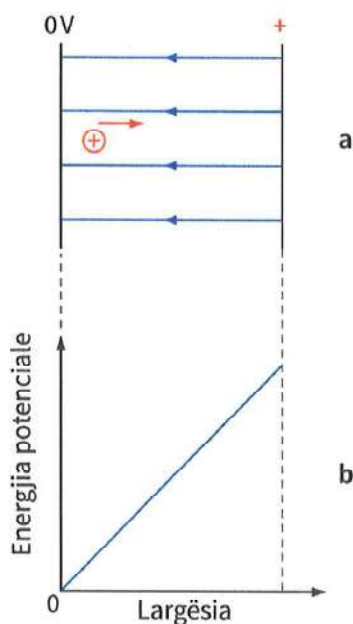


Figura 11.12 Ndryshimet e energjisë potenciale elektrostатike në fushë të njëtrajtshme.

Ndryshimin e energjisë potenciale të ngarkesës Q ndërsa ajo zhvendoset nga pllaka negative tek ajo pozitive mund ta llogarisim shumë thjesht. Atëherë diferenca e potencialeve përkufizohet si ndryshimi i energjisë potenciale të ngarkesës pozitive prej $1C$ ndërsa ajo zhvendoset nga njëra pikë në tjetrën. Atëherë puna që kryhet për zhvendosjen e ngarkesës Q nga pllaka negative tek ajo pozitive është:

$$W = QV$$

Këtë mund ta shkruajmë në formën:

$$V = \frac{W}{Q}$$

Kjo lidhje na ndihmon të përkufizojmë potencialin V . Potenciali elektrik i një pike është i barabartë me energjinë e ngarkesës njësi të ndodhur në atë pikë të fushës. Njësia matëse e tij është Volt ($1V=1JC^{-1}$).

Tani na duhet të përcaktojmë pikën me potencial zero, që është pika ku ngarkesa njësi ka energji potenciale zero. Zakonisht kjo vendoset me marrëveshje dhe në varësi të situatës. P.sh., në laborator, si rregull, si pikë me potencial zero merret toka. Në rastin e dy pllakave paralele të vendosura horizontalisht, ku pllaka e poshtme është e tokëzuar dhe e sipërmja është pllaka pozitive, ngjashmëria me fushën e rëndesës së Tokës është menjëherë e dukshme (figura 11.13). Në këtë diagram kemi vendosur edhe vijat ekuipotenciale (vijat që bashkojnë pikat që kanë potencial të njëjtë) dhe ato të fushës elektrike.

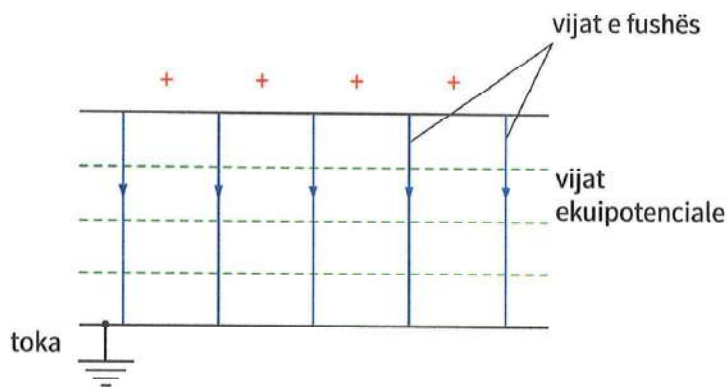


Figura 11.13 Vijat ekuipotenciale në fushën elektrike të njëtrajtshme.

Intensiteti i fushës së njëtrajtshme

Le të shohim sa është intensiteti i fushës elektrike të njëtrajtshme E , të krijuar duke lidhur dy pllaka të mëdha metalike paralele me polet e një burimi të tensionit të lartë (figura 11.14).

Puna që kryhet mbi ngarkesën është e barabartë me energjinë e shndërruar. Pra:

$$Fd = VQ$$

Duke shndërruar barazimin e mësipërm:

$$\frac{F}{Q} = \frac{V}{d}$$

marrim intensitetin e fushës elektrike. Pra:

$$E = \frac{V}{d}$$

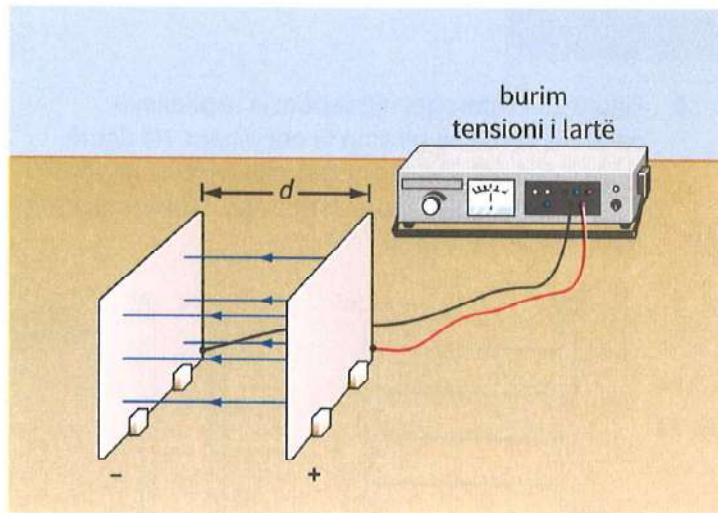


Figura 11.14 Ndërmjet dy pllakave të mëdha paralele, të ngarkuara me shenja të kundërta, kemi fushë të njëtrajtshme.

Më saktë, duke marrë parasysh edhe kahun, fusha jepet nga:

$$E = -\frac{V}{d}$$

Shenja minus është e nevojshme, sepse, në figurën 11.14, tensioni V rritet kur zhvendosemi djathtas, kurse forca F është e drejtuar majtas. (E është madhësi vektoriale.)

Shembulli i zgjidhur 2 ju tregon si të zgjidhni problema me fusha uniforme.

SHMBULL I ZGJIDHUR

- 2 Diferenca e potencialeve ndërmjet dy pllakave metalike paralele që ndodhen në largësi 2.0cm është 5.0kV. Llogaritni forcën elektrike që vepron mbi një grimcë pluhuri me ngarkesë $8.0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Hapi 1 Shkruajmë madhësitë e njohura:

$$d = 2.0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$V = 5.0 \cdot 10^3 \text{ V}$$

$$Q = 8.0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Hapi 2 Para se të llogarisim forcën F , gjejmë intensitetin e fushës elektrike:

$$E = \frac{V}{d}$$

$$E = \frac{50 \cdot 10^3}{2.0 \cdot 10^{-2}} = 2.5 \cdot 10^5 \text{ V m}^{-1}$$

Hapi 3 Tani llogarisim forcën që vepron mbi grimcën e pluhurit:

$$F = EQ$$

$$F = 2.5 \cdot 10^5 \cdot 8.0 \cdot 10^{-19}$$

$$= 2.0 \cdot 10^{-13} \text{ N}$$

PYETJE

- 6 Figura 11.15 paraqet një vendosje të pllakave paralele, secila në tension të ndryshëm. Në figurë janë dhënë edhe vijat e fushës elektrike në hapësirën e parë. Plotësoni diagramin me vijat e fushës elektrike në dy hapësirat e tjera.

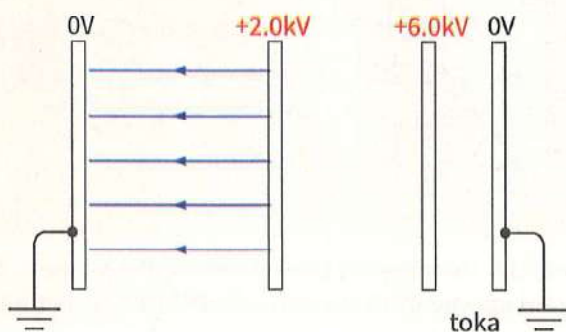


Figura 11.14 Për pyetjen 6.

- 7 Llogaritni intensitetin e fushës elektrike në një pikë ku mbi ngarkesën 20mC vepron një forcë e drejtuar vertikalisht poshtë e me madhësi 150N .
- 8 Llogaritni intensitetin e fushës elektrike në hapësirën ndërmjet dy pllakave paralele në largësi 40cm nga njëra—tjetra, kur diferenca e potencialeve ndërmjet tyre është 1000V .
- 9 Ajri në kushte të zakonshme është izolator i mirë. Por, kur intensiteti i fushës elektrike kapërcen $40\,000\text{Vcm}^{-1}$, ajri bëhet përcjellës (ne shohim një shkëndijë shkarkese). Thuhet se ajri shpohet.
- Gjeneratori i van de Grafit (figura 11.16) është në gjendje të prodhojë shkëndija në një hapësirë prej 4cm . Sa është tensioni i prodhuar nga gjeneratori?
 - Tensioni më i lartë që mbërrihet në një tel të lidhur në rrjet është 310V . Teorikisht (por MOS E PROVONI), sa afër telit duhet të jemi, për të prodhuar një shkëndijë elektrike?
 - Vlerësoni potencialin e një reje, nga e cila bie rrufeja mbi tokën që ndodhet 100m poshtë saj.
- 10 Në figurën 11.17 paraqiten dy pllaka paralele që ndodhen në largësinë 25cm .
- Vizatoni vijat e fushës në hapësirën ndërmjet pllakave?

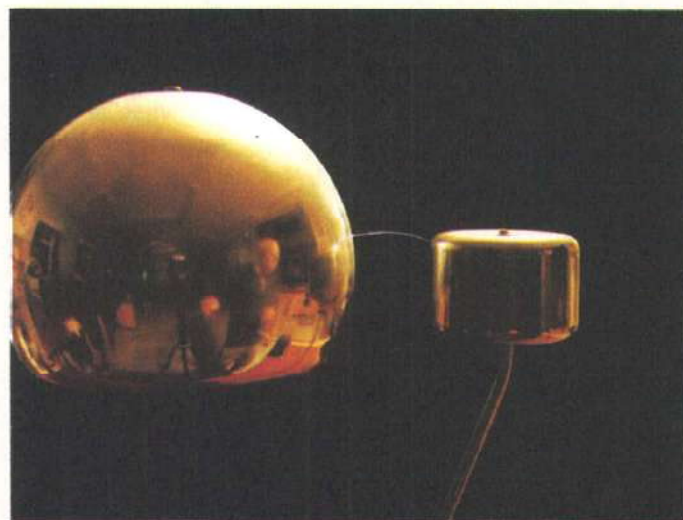


Figura 11.16 Gjeneratori i van de Grafit prodhon një tension të mjaftueshëm për të shkaktuar shkëndija në ajër.

- Sa është diferenca e potencialeve ndërmjet pikave A e B?
- Sa është intensiteti i fushës elektrike në pikat C e D?
- Llogaritni forcën elektrike mbi ngarkesën $+5\mu\text{C}$ të vendosur në pikën C. Cili është drejtimi e kahu i kësaj force?

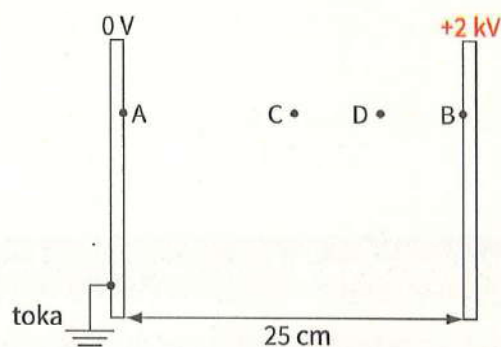


Figura 11.7 Dy pllaka paralele të ngarkuara.

Energjia e fushës qendrore

Imagjinojmë sërish se po shtyjme një ngarkesë pikësore provë drejt një ngarkese të madhe pozitive. Fillimisht forca shtytëse është e vogël dhe na duhet të bëjmë pak punë. Por, ndërsa i afrohem ngarkesës së madhe, forca rritet (ligji i Kulonit) dhe na duhet të bëjmë një punë gjithnjë e më të madhe.

Energjia potenciale e ngarkesës provë rritet ndërsa ne e shtyjme atë. Kjo energji rritet gjithnjë e më shpejt me zvogëlimin e largësisë së saj nga ngarkesa qendrore. Kjo tregohet në grafikun e figurës 11.18. Jemi në gjendje të shkruajmë formulën që jep potencialin V në largësinë r nga ngarkesa Q :

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

(Kjo merret nga integrimi i ligjit të Kulonit.) Duket fare qartë ngjashmëria e kësaj formule me energjinë potenciale gravitacionale në fushë qendrore, e cila është:

$$\phi = -\frac{\gamma M}{r}$$

Potenciali gravitacional ka një shenjë minus, e cila tregon se forca është gjithnjë tërheqëse. Në rastin e fushës elektrike, kjo shenjë hyn tek ngarkesa. Ngarkesat negative krijojnë një fushë tërheqëse (si ajo gravitacionale), ndërsa ngarkesat pozitive krijojnë një fushë shtytëse (pozitive).

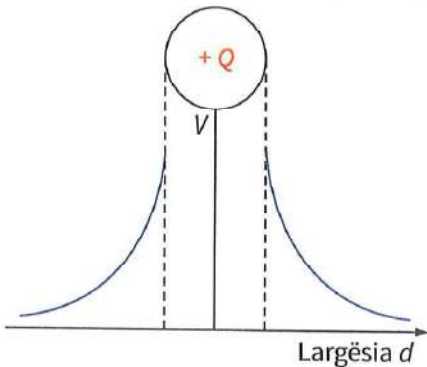


Figura 11.18 Ndryshimi i potencialit në afërsi të një sfere të ngarkuar.

Në Figurën 11.19 shohim vijat e fushës dhe ato ekuipotenciale të fushës qendrore. Vijat ekuipotenciale afrohen gjithnjë e më shumë me njëra—tjetrën, kur i afrohem ngarkesës qendrore.

Për të mbërritur tek formula e mësipërme e potencialit të fushës qendrore, na duhet të përcaktojmë zeron e potencialit. Sërish themi se energjia potenciale e një ngarkese është zero, kur ajo ndodhet në infinit (në largësi shumë të madhe, në mënyrë që të mos ndikohet nga asnjë ngarkesë tjetër). Po t'i afrohem një ngarkese pozitive, potenciali bëhet pozitiv. Njëlloj, po t'i afrohem një ngarkese negative, potenciali merr vlera negative. Të gjitha këto që thamë na çojnë tek përkufizimi i potencialit elektrik:

Potenciali elektrik në një pikë është i barabartë me punën e kryer për të sjellë ngarkesën pozitive njësi nga infiniti deri në atë pikë.

Potenciali elektrik është madhësi skalare. Për të llogaritur potencialin e krijuar në një pikë nga më shumë se një ngarkesë, gjejmë potencialin e krijuar prej secilës prej tyre e më pas i mbledhim këto potenciale. Kujtojmë se ngarkesat pozitive krijojnë potencial pozitiv dhe ato negative krijojnë potencial negativ.

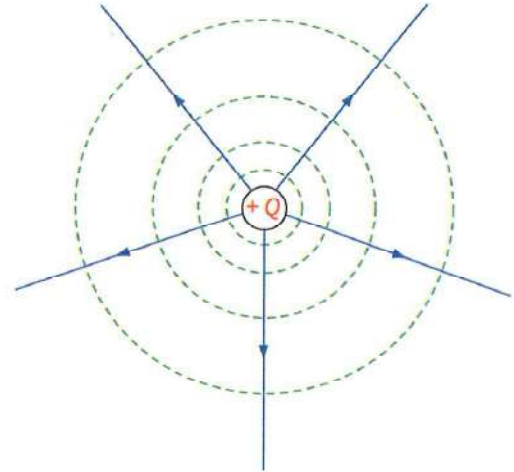


Figura 11.19 Fusha elektrike përreth një ngarkese pozitive. Vijat ekuipotenciale janë në intervale të barabarta të potencialit.

Intensiteti i fushës dhe gradienti i potencialit

Potencialin elektrik mund ta mendojmë si vijon: ngarkesat negative i tërheqin ngarkesat provë pozitive, ndaj ato i mendojmë si "gropa". Ngarkesat pozitive janë e kundërta: "kodra" (figura 11.20). Intensiteti i fushës jepet nga pjerrësia e kodrës apo gropës, i marrë me shenjë minus. Kjo shenjë duhet sepse p.sh., kur i ngjitemi kodrës, forca që ushtrohet nga ngarkesa na shtyn poshtë saj, në kahun e kundërt.

Pra, themi se **intensiteti i fushës elektrike është i barabartë me të kundërtën e gradientit të potencialit elektrik**. Kjo lidhje vlen për të gjitha fushat elektrike. Në rastin special të fushës së njëtrajtshme, gradienti i potencialit është konstant dhe i barabartë me:

$$E = -\frac{\Delta V}{\Delta d}$$

ku ΔV është diferenca e potencialeve ndërmjet dy pikave që ndodhen në largësinë Δd . (Ky barazim është i njëjtë me $E = -V/d$, të cilin e nxorëm më sipër.)

Shembulli i zgjidhur 3 tregon si ta gjejmë intensitetin e fushës nga grafiku i potencialit kundrejt largësisë.

PYETJE

- 11 a Sa do të ishte energjia potenciale elektrike e ngarkesës $+1C$ kur ajo vendoset në secilën nga pikat A, B, C e D ndërmjet pllakave paralele të ngarkuara të paraqitura në figurën 11.23?

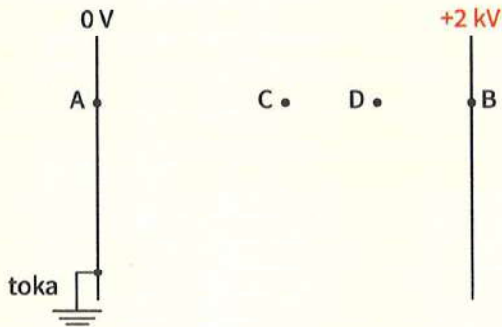


Figura 11.23 Fusha elektrike e njëtrajtshme: shih pyetjen 11.

- b Sa do të ishte energjia potenciale e ngarkesës $+2C$ të vendosur në secilën nga këto pika? (C është në mes të largësisë ndërmjet A e B; D është në mes të largësisë ndërmjet C e B.)

- 12 Një gjenerator i van de Graaf ka një sferë me rreze 10cm. Ajo ngarkohet deri në potencialin 100kV. Sa ngarkesë mbart ajo? Sa është potenciali në largësinë 10cm nga sfera?

- 13 a Sa punë kryhet për të zhvendosur ngarkesën $+1C$ në trajektoret e mëposhtme në figurën 11.24: nga E në H; nga E në F; nga F në G; nga H në E?

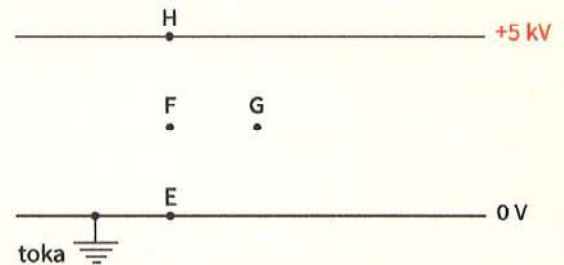


Figura 11.24 Për pyetjen 13.

- b Si do të ndryshonin përgjigjet nëse ngarkesa do të ishte:
- $-1C$?
 - $+2C$?

Krahasimi i fushave gravitacionale dhe elektrike

Ngjashmëria ndërmjet fushave elektrike e gravitacionale është fare e dukshme. Por ato mund edhe të na ngatërrojnë. Përmbledhja e tabelës 11.1 duhet t'ju ndihmojë t'i sqaroni këto.

Një ndryshim i rëndësishëm është: ngarkesat elektrike mund të jenë pozitive ose negative, ndaj ato mund të tërhiqen ose të shtyhen. Nuk ka masa negative, ndaj fusha gravitacionale është vetëm tërheqëse.

PYETJE

- 14 Largësia ndërmjet dy protoneve në bërthamën e atomit është $10^{-15}m$. Llogaritni forcën elektrostatike të shtytjes ndërmjet tyre, si edhe forcën e tërheqjes gravitacionale ndërmjet tyre. (Pranojmë se protonet sillen si ngarkesa dhe masa pikësore.) A mjafton forca tërheqëse gravitacionale për të balancuar forcën elektrike shtytëse? Çfarë konkludoni mbi forcat që veprojnë ndërmjet protoneve në bërthamë? (masa e protonit = $1.67 \cdot 10^{-27}kg$; ngarkesa e protonit = $+1.60 \cdot 10^{-19}C$)?

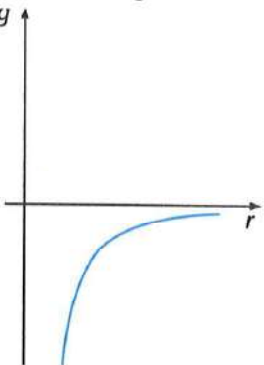
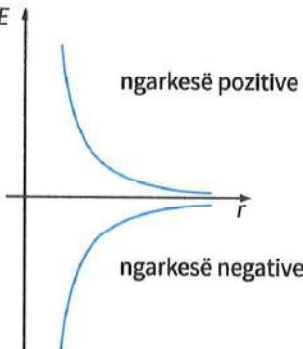
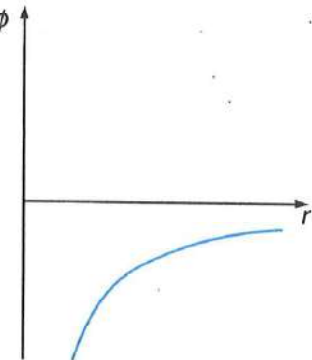
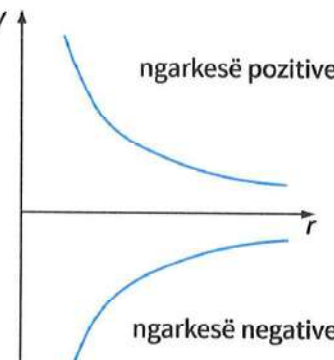
| Fusha gravitacionale | Fusha elektrike |
|--|---|
| Origjina Krijohet nga masat. | Origjina Krijohet nga ngarkesat elektrike. |
| Forcat Ka vetëm tërheqje e jo shtytje. | Forcat Ka edhe tërheqje, edhe shtytje elektrike (sepse ka ngarkesa pozitive dhe negative). |
| Të gjitha fushat gravitacionale Intensiteti i fushës $g = \frac{F}{m}$ Pra, intensiteti i fushës është forca që vepron mbi njësinë e masës. | Të gjitha fushat elektrike Intensiteti i fushës $E = \frac{F}{Q}$ Pra, intensiteti i fushës është forca që vepron mbi ngarkesën pozitive njësi. |
| Njësitë F në N, g në N kg^{-1} ose m s^{-2} | Njësitë F në N, E në V m^{-1} ose N C^{-1} |
| Fusha e njëtrajtshme e rëndësës Vijat e fushës janë paralele $g = \text{konstante}$ | Fusha elektrike e njëtrajtshme Vijat e fushës janë paralele $E = -\frac{V}{d} = \text{konstante}$ |
| Fusha gravitacionale qendrore Vijat e fushës janë rrezore (radiale) Forca jepet nga ligji i Njutonit: $F = \gamma \frac{Mm}{r^2}$ Atëherë intensiteti i fushës është: $g = \frac{\gamma M}{r^2}$ (Forcat gravitacionale janë gjithnjë tërheqëse, ndaj g e paraqesim si negative në grafikun e varësisë nga r .) Forca dhe intensiteti i fushës i binden një ligji të të anasjellës së katrorit të largësisë.  | Fusha elektrike qendrore Vijat e fushës janë rrezore (radiale) Forca jepet nga ligji i Kulonit: $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ Atëherë intensiteti i fushës është: $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ (Ngarkesat negative krijojnë fushë tërheqëse; ato pozitive krijojnë fushë shtytëse.) Forca dhe intensiteti i fushës i binden një ligji të të anasjellës së katrorit të largësisë.  |
| Potenciali gravitacional jepet nga: $\phi = -\frac{\gamma M}{r}$ Potenciali është në përpjesëtim të zhdrejtë me largësinë dhe ka vlerën zero në infinit. Potenciali është madhësi skalare dhe gjithnjë negativ.  | Potenciali elektrik jepet nga: $V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$ Potenciali është në përpjesëtim të zhdrejtë me largësinë dhe ka vlerën zero në infinit. Potenciali është madhësi skalare.  |

Tabela 11.1 Krahasimi i fushave gravitacionale dhe elektrike

Përmbledhje

- Intensiteti i fushës elektrike është forca që vepron mbi ngarkesën pozitive njësi: $E = F/Q$.
- Ligji i Kulonit thotë se dy ngarkesa pikësore bashkëveprojnë me forca që janë në përpjesëtim të drejtë me ngarkesat dhe në përpjesëtim të zhdrejtë me katrorin e largësive ndërmjet tyre:

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

- Ngarkesat pikësore krijojnë një fushë rrezore (radiale). Intensiteti i kësaj fushe jepet nga:

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

- Potenciali elektrik në një pikë përkufizohet si puna e kryer për të sjellë ngarkesën pozitive njësi nga infinity në atë pikë.
- Në fushë të njëtrajtshme elektrike, forca që vepron mbi një ngarkesë është e njëjtë në të gjitha pikat; intensiteti i fushës elektrike jepet nga $E = V/d$.
- Potenciali elektrik i fushës së një ngarkese pikësore jepet nga:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Pyetje për kapitullin

- 1 Diferenca e potencialeve ndërmjet dy pllakave paralele është 2.4kV. Intensiteti i fushës elektrike ndërmjet pllakave është $3.0 \cdot 10^4 \text{Vm}^{-1}$.
 - a Llogaritni largësinë ndërmjet pllakave. [2]
 - b Tani pllakat vendosen në largësinë 2.0cm. Llogaritni intensitetin e fushës elektrike. [2]
- 2 Sa herë ndryshon intensiteti i fushës elektrike ndërmjet dy pllakave, kur tensionin ndërmjet tyre e dyfishojmë, kurse largësinë e zvogëlojmë në 1/3 e asaj fillestare? Pse? [3]
- 3 Figura 11.25 paraqet një sferë të ngarkuar pozitivisht, të varur në një fije izolatore, e cila ndodhet afër një pllake metalike të tokëzuar.

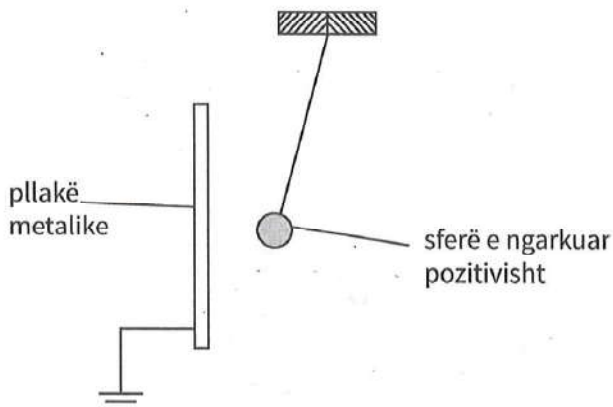


Figura 11.25 Për pyetjen 3.

- a Vizatoni pesë vija të fushës që paraqesin fushën elektrike në afërsi të pllakës dhe të sferës. [3]
- b Shpjegoni pse sfera tërhiqet nga pllaka. [2]
- c Tani sfera zëvendësohet nga një e ngjashme, por me ngarkesë negative.
 - i Shpjegoni çfarë do të vërehet kur sfera të afrohet tek pllaka. [2]
 - ii Përshkruani ndryshimet e fushës elektrike. [1]

- 4 a Jepni përkufizimin e **intensitetit të fushës elektrike** në një pikë.

[2]

Një proton që niset nga prehja përshejtohet ndërmjet dy pllakave metalike, si në figurën 11.26.

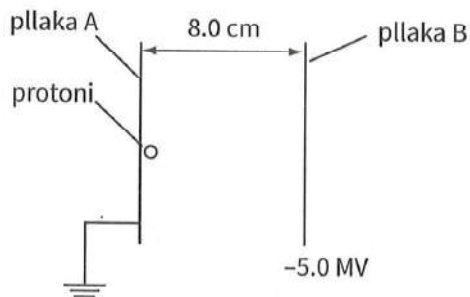


Figura 11.26 Për pyetjen 4.

- b Llogaritni forcën që ushtron fusha elektrike mbi protonin.

[3]

- c Llogaritni punën e kryer nga fusha elektrike mbi protonin, kur ai zhvendoset nga pllaka A në pllakën B.

[2]

- d Sa është energjia e fituar nga protoni?

[1]

- e Duke pranuar se kjo energji është shndërruar në energji kinetike të protonit, llogaritni shpejtësinë e tij kur mbërrin pllakën B.

[3]

(ngarkesa e protonit $+1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; masa e protonit $1.7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.)

- 5 Vizatoni fushën elektrike ndërmjet dy trupave të ngarkuar në secilin nga rastet e figurës 11.27.

[5]

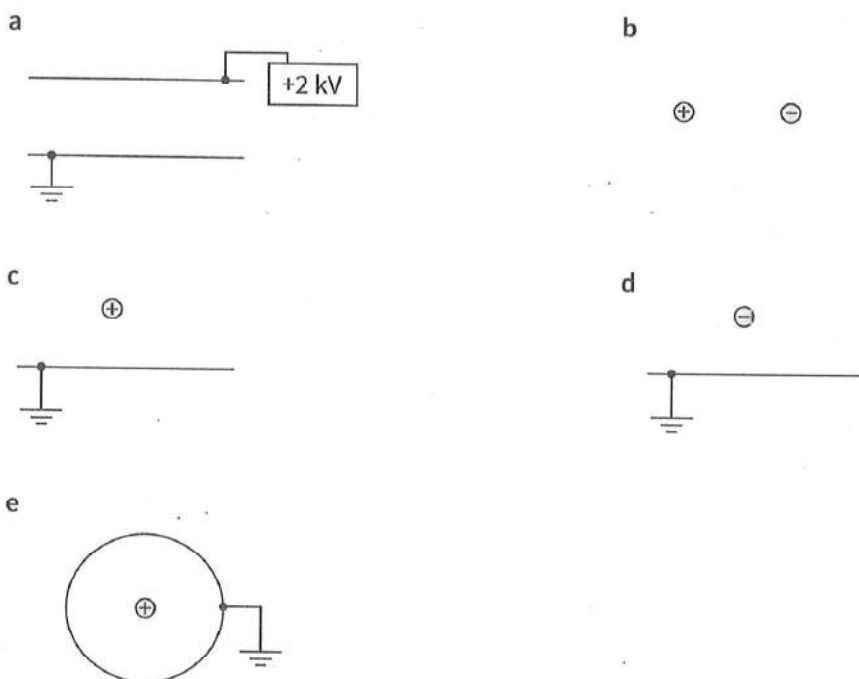


Figura 11.27 Për pyetjen 5.

- 6 Dy pllaka paralele janë vendosur në largësinë 4cm dhe diferenca e potencialeve ndërmjet tyre është 2.5kV.
- Llogaritni intensitetin e fushës elektrike në hapësirën ndërmjet pllakave. [2]
 - Një grimcë e vogël pluhuri me ngarkesë +2.4nC ndodhet në hapësirën ndërmjet pllakave.
 - Llogaritni forcën që vepron mbi grimcën e pluhurit. [2]
 - Masa e grimcës është 4.2 μ g. Llogaritni nxitimin e grimcës së pluhurit. Cili është kahu i këtij nxitimi? [2]
- 7 Një sferë e vogël ka ngarkesë $2.4 \cdot 10^{-9}$ C. Llogaritni intensitetin e fushës elektrike në largësinë:
- 2 cm nga qendra e sferës; [2]
 - 4 cm nga qendra e sferës. [2]
- 8 Një sferë përcjellëse me diametër 6.0cm është vendosur mbi një bazament izolator. Sfera është lidhur me një burim që jep në dalje një tension 20 kV.
- Llogaritni ngarkesën e sferës. [3]
 - Llogaritni intensitetin e fushës elektrike në sipërfaqen e sferës. [2]
- 9 a Dy sfera përcjellëse të ngarkuara, secila me rreze 1.0cm, vendosen në mënyrë që largësia ndërmjet qendrave të jetë 10cm, si në figurën 11.28. Ngarkesa e sferës A është $+2 \cdot 10^{-9}$ C. Figura 11.29 tregon si ndryshon intensiteti i fushës elektrike me largësinë x mbi vijën që bashkon qendrat e sferave.

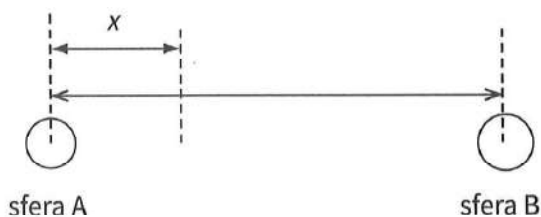


Figura 11.28 Për pyetjen 9.

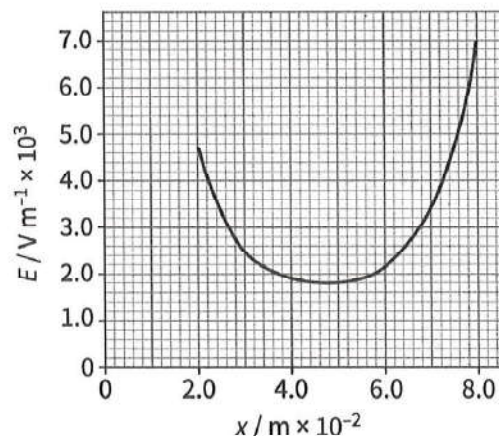


Figura 11.29 Ndryshimi i intensitetit të fushës elektrike me largësinë x nga qendra e sferës A.

- Llogaritni intensitetin e fushës së krijuar nga sfera A në $x = 5.0$ cm. [2]
 - Me ndihmën e rezultatit të pikës a, llogaritni ngarkesën e sferës B. [3]
- b
- Tani sfera B largohet. Llogaritni potencialin në sipërfaqen e sferës A. [2]
 - Përkthuesi dhe shpjegoni si ndryshon potenciali në sipërfaqen e sferës A para dhe pas heqjes së sferës B. [2]

- 10 Një grimcë α , e lëshuar gjatë zbërthimit radioaktiv të radiumit, ka energji kinetike $8.0 \cdot 10^{-13} \text{ J}$.
- Llogaritni diferencën e potencialeve në të cilën duhet të përshpejtohet kjo grimcë, për të fituar këtë energji, po qe se ajo fillimisht është në prehje. [2]
 - Llogaritni shpejtësinë e grimcës α që ka këtë energji kinetike. [3]
 - Figura 11.30 paraqet trajektoren e një grimcë α me këtë energji që i afrohet një bërthame të arit sipas vijës së qendrave.



Figura 11.30 Për pyetjen 10.

- Sa është shpejtësia e grimcës α në pikën e trajektorës që është më afër bërthamës së arit. [1]
 - Sa është energjia e saj kinetike në këtë pikë. [1]
 - Sa është energjia potenciale e grimcës α në këtë pikë. [1]
 - Me ndihmën e përgjigjes së pikës b iii, tregoni se largësia minimale e grimcës α nga qendra e bërthamës së arit do të jetë $4.5 \cdot 10^{-14} \text{ m}$. [2]
 - Çfarë konkludojmë lidhur me bërthamën e arit? [2]
(Masa e grimcës $\alpha = 6.65 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, ngarkesa e saj është $+2e$, ngarkesa e bërthamës së arit është $+79e$.)
- 11 a Jepni përkufizimin e potencialit elektrik në një pikë. [2]
- Figura 11.31 paraqet gropën potenciale në afërsi të një bërthame të hidrogjenit. Orbitali i parë mund të konsiderohet si rreth me diametër $1.04 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.

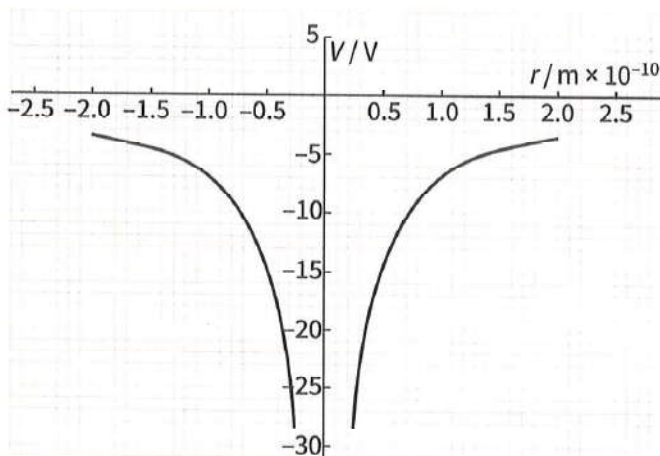


Figura 11.31 Për pyetjen 11.

- Përcaktoni potencialin në pikat e këtij orbitali. [2]
 - Llogaritni energjinë e nevojshme për jonizimin e këtij atomi. [2]
- Nga grafiku përcaktoni intensitetin e fushës elektrike në largësinë $1.0 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ nga qendra e bërthamës. [2]

- 12 Figura 11.32 paraqet një sferë përcjellëse me rreze 0.80cm dhe ngarkesë $+6.0 \cdot 10^{-8}\text{C}$, e cila është vendosur mbi një peshore.

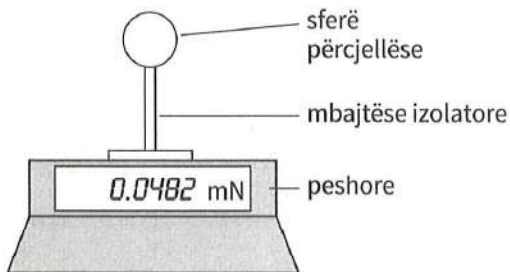


Figura 11.32 Për pyetjen 12.

- a Llogaritni intensitetin e fushës elektrike në sipërfaqen e sferës. [2]
- b Një sferë identike me ngarkesë $-4.5 \cdot 10^{-8}\text{C}$ mbahet në mënyrë që qendra e saj të ndodhet 5.0cm vertikalisht sipër qendrës së sferës së parë. [2]
- i Llogaritni forcën elektrike të bashkëveprimit të dy sferave. [1]
- ii Sa do të tregojë tani peshorja? [3]
- c Sfera e dytë zhvendoset përposhtë me 1.5cm . Llogaritni punën e kryer për të zhvendosur këtë sferë. [3]
- 13 Figura 11.33 paraqet një proton që lëviz në hapësirën ndërmjet dy pllakave paralele të ngarkuara. Ngarkesa e protonit është $+1.6 \cdot 10^{-19}\text{C}$.

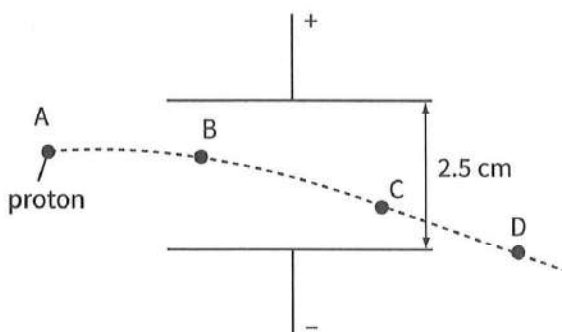
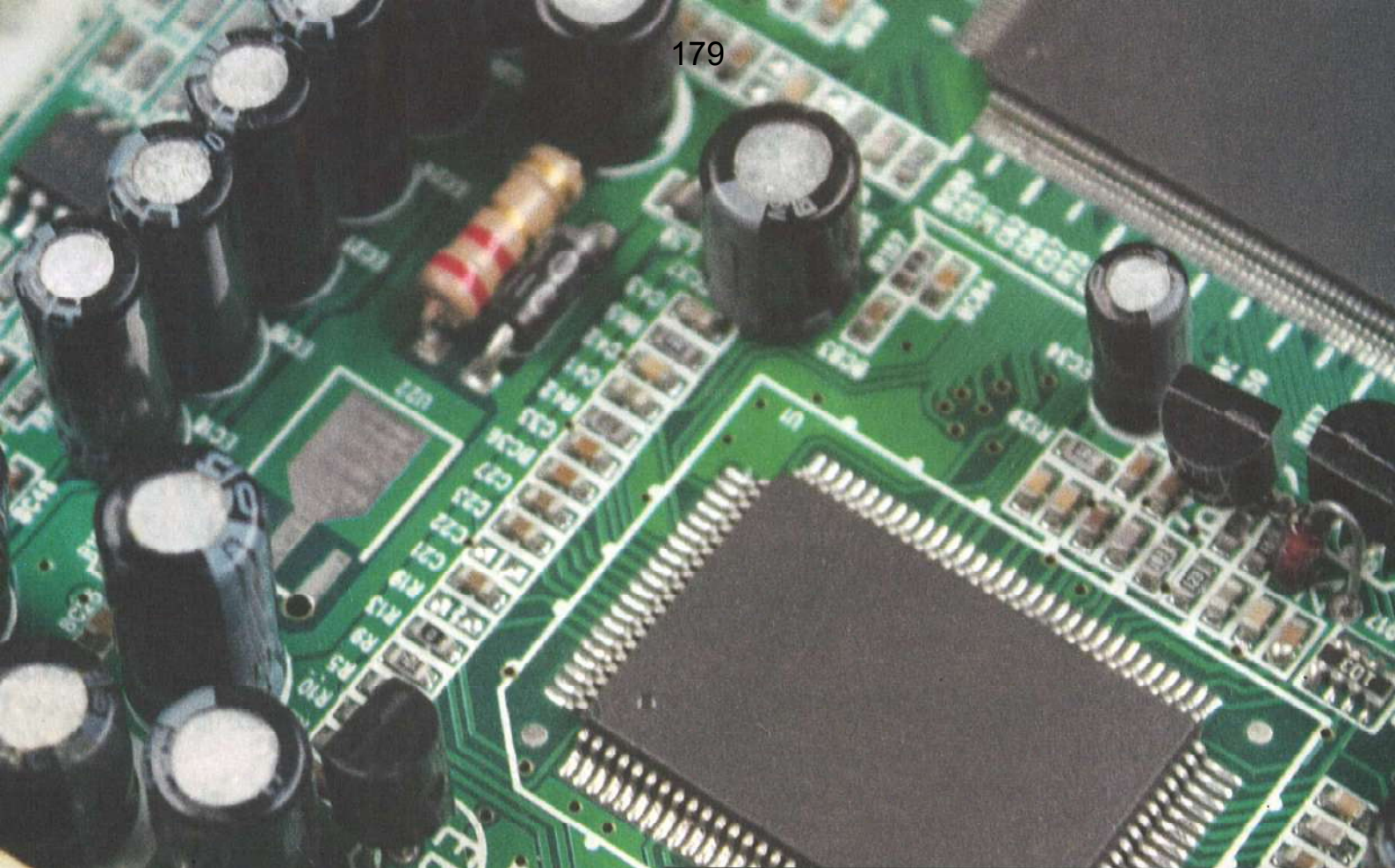


Figura 11.33 Për pyetjen 13.

- a Vizatoni fushën elektrike ndërmjet pllakave paralele. [2]
Forca që ushtrohet mbi protonin kur ai ndodhet në pikën B është $6.4 \cdot 10^{-14}\text{N}$.
- b Cili është drejtimi dhe kahu i kësaj force? [1]
- c Sa do të jetë forca që vepron mbi protonin kur ai ndodhet në pikën C? [1]
- d Llogaritni intensitetin e fushës elektrike në hapësirën ndërmjet pllakave. [2]
- e Llogaritni diferencën e potencialeve ndërmjet dy pllakave. [2]

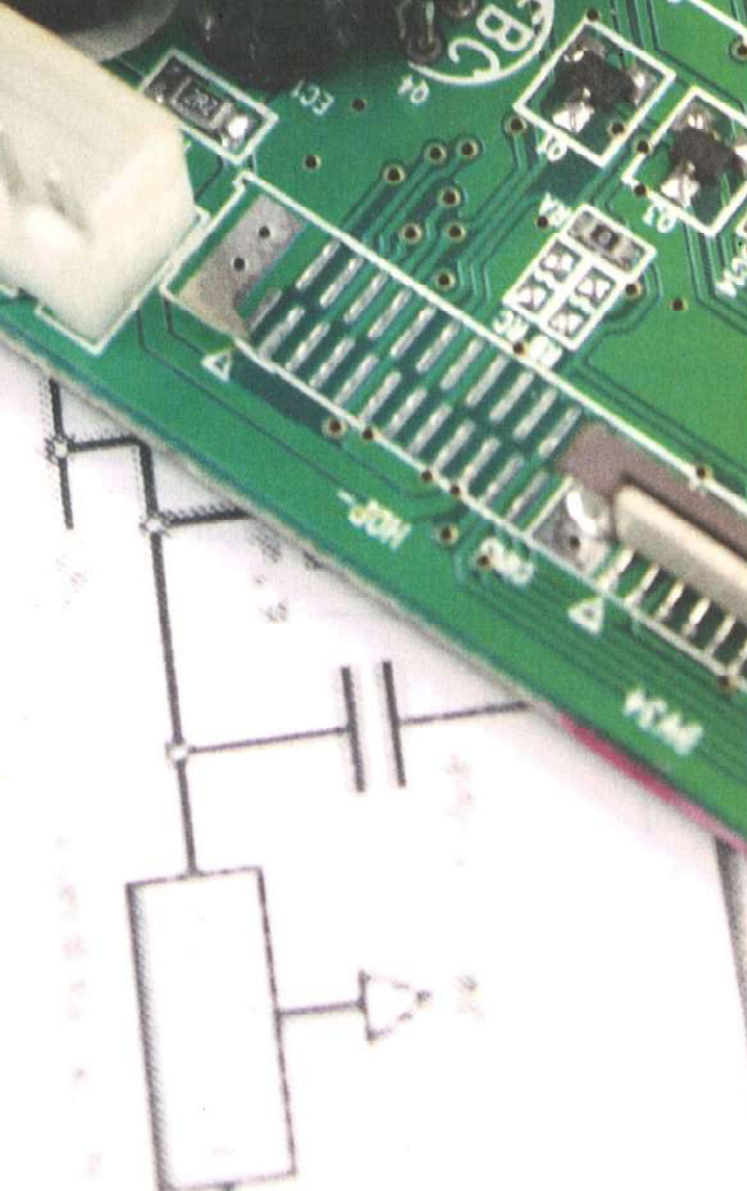


Kapitulli 12: Kondensatorët dhe energjia e fushës elektrike

Rezultatet e të nxënit

Duhet të jeni në gjendje të:

- përkufizoni kapacitetin elektrik dhe njësinë e tij, faradin;
- zgjidhni problema ku hyn ngarkesa, tensioni dhe kapaciteti elektrik;
- nxirrni dhe përdorni formulën e energjisë së kondensatorit;
- nxirrni dhe përdorni formulat e kapacitetit të kondensatorëve të lidhur në seri dhe paralel.



Kondensatorët

Shumica e pajisjeve elektronike, si radiot, kompjuterat apo celularët, përmbajnë disa komponentë të quajtur kondensatorë. Zakonisht ata janë mjaft të vegjël, por figura 12.2 paraqet një kondensator gjigant, i ndërtuar posaçërisht për të shërbyer si depozitë e energjisë elektrike dhe i vendosur në përshpejtuesin e grimcave Fermilab në Shtetet e Bashkuara.

Figura 12.1 Një nga kondensatorët më të mëdhenj të botës, i ndërtuar për të shërbyer si depozitë energjie në përshpejtuesin e grimcave Fermilab.



Përdorimi i kondensatorëve

Kondensatorët përdoren si depozita energjie në qarqet elektrike dhe elektronike. Kjo do të thotë se zbatimet e tyre janë të shumta e të vlefshme, p.sh., ata përdoren në kompjutera. Gjatë punës në kushte normale ata ruajnë energji, të cilën më pas e çlirojnë gradualisht nëse ndërpritet rryma. Kështu kompjuteri do të vazhdojë të punojë për njëfarë kohe dhe ne do të mundemi të ruajmë të dhënat. Fotografia e figurës 12.2 paraqet disa kondensatorë me trajta dhe madhësi të ndryshme.



Figura 12.2 Kondensatorë të ndryshëm.

Kondensatorët kanë dy dalje, secili prej të cilëve lidhet me një pllakë. Për të shërbyer si depozitë energjie, këto dy pllaka duhet të kenë ngarkesa me madhësi të barabarta dhe shenja të kundërta. Ndërmjet pllakave vendoset një material dielektrik (izolator). Figura 12.3 paraqet një version të thjeshtuar të ndërtimit të kondensatorëve; në praktikë mjaft prej tyre kanë trajtë spirale.

Për të ngarkuar pllakat e kondensatorit, ai duhet të lidhet me një burim tensioni. Poli negativ i burimit i shtyn elektronet drejt njëres nga pllakat, duke e ngarkuar atë negativisht. Elektronet largohen nga pllaka tjetër, duke bërë që ajo të ngarkohet pozitivisht. Figura 12.4 tregon se

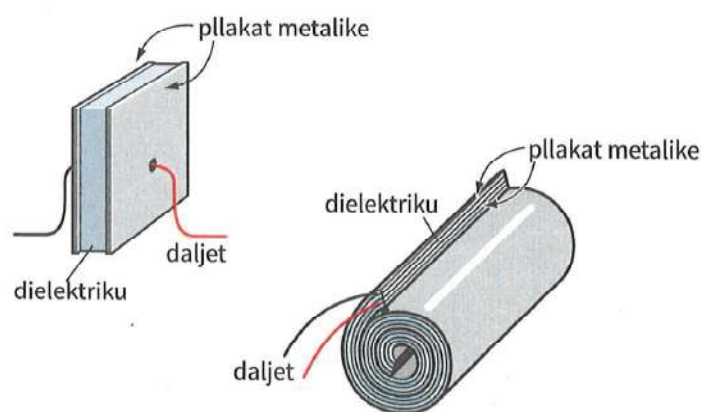


Figura 12.3 Ndërtimi i dy tipave të kondensatorëve.

në të gjithë qarkun kemi rrymë të elektroneve.

Leximet e të dy ampermetrave do të jenë identike. Kur diferenca e potencialeve ndërmjet pllakave bëhet e barabartë me tensionin e burimit, nuk do të kemi më rrymë në qark. Themi se kondensatori është "plotësisht i ngarkuar."

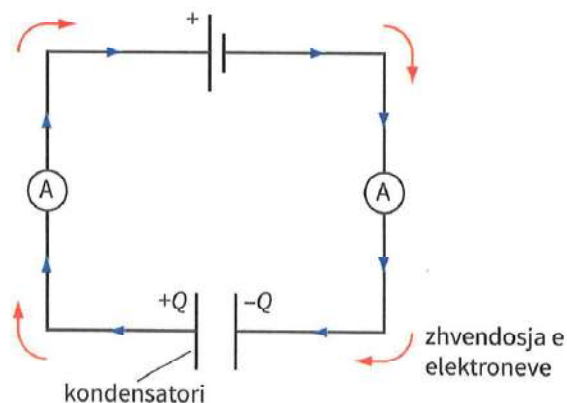


Figura 12.4 Zhvendosja e ngarkesës gjatë ngarkimit të kondensatorit.

Shënim: Me marrëveshje kahu i rrymës është i njëjtë me kahun e zhvendosjes së ngarkesave pozitive. Në këtë rast kemi zhvendosje të elektroneve të lira. Elektronet kanë ngarkesë negative; kahu i rrymës është i kundërt me atë të zhvendosjes së elektroneve (figura 12.5).



Figura 12.5 Zhvendosja e elektroneve djathtas krijon një rrymë konvencionale majtas.

Ngarkimi i kondensatorit

Imagjinoni një kondensator të pangarkuar. Secila prej pllakave ka një numër të barabartë ngarkesash pozitive e negative. Kur kondensatorin e lidhim me një burim tensioni, ky i fundit merr nga njëra prej pllakave ngarkesën $+Q$ të cilën e transferon tek tjetra që mbetet e ngarkuar me $-Q$. Burimi i tensionit kryen punë për të ndarë ngarkesat. Meqë ngarkesat e dy pllakave janë të kundërta (por të barabarta në vlerë absolute), ngarkesa e plotë e kondensatorit është zero. Kur flasim për “ngarkesë të depozituar” në kondensator, nënkuptojmë ngarkesën Q të secilës nga pllakat e tij.

Por kujdes, ngarkimi i kondensatorit nuk kryhet në çast. Në fillim diferenca e potencialeve ndërmjet polit pozitiv të baterisë dhe armaturës së pangarkuar është maksimale dhe ngarkesa rrjedh shpejt pra, rryma është e madhe. Shpejtësia e ngarkimit është maksimale. Me kalimin e kohës, ndërsa në armaturë grumbullohet ngarkesë, edhe potenciali i saj rritet dhe kështu zvogëlohet diferenca e potencialeve ndërmjet polit pozitiv të baterisë dhe armaturës pozitive.

Rryma bëhet gjithnjë e më e vogël pra, procesi i ngarkimit ecën gjithnjë e më ngadalë. Kjo derisa potenciali i armaturës pozitive të barazohet me atë të polit pozitiv të baterisë. Procesi i ngarkimit ka përfunduar. Kondensatori është plotësisht i ngarkuar.

Nëse duam që kondensatori të marrë ngarkesë më të madhe, duhet që tensioni i burimit të rritet. Po t'i lidhim bashkë daljet e kondensatorit, elektronet e tepërta të pllakës së ngarkuar negativisht kthehen dhe neutralizojnë ngarkesat pozitive të pllakës tjetër dhe kondensatori shkarkohet.

Në një qark, çfarëdo ngarkese që rrjedh në të është e barabartë me syprinën në grafikun e rrymës nga koha (sikurse largësia është e barabartë me syprinën nën grafikun e varësisë së shpejtësisë nga koha). Pra, ngarkesa e pllakave mund të gjendet nga syprina nën grafikun e varësisë së rrymës nga koha, të matur gjatë ngarkimit të kondensatorit.

Kapaciteti i kondensatorit

Të gjithë kondensatorët kanë të shkruar përsipër vlerën e **kapacitetit elektrik**. Sa më i madh të jetë kapaciteti i kondensatorit, aq më e madhe do të jetë ngarkesa e armaturave të kondensatorit për një vlerë të dhënë të diferencës së potencialeve ndërmjet tyre.

Kapaciteti elektrik C i një kondensatori përkufizohet nga lidhja:

$$C = \frac{Q}{V}$$

ku Q është ngarkesa e armaturave të kondensatorit dhe V është diferenca e potencialeve ndërmjet tyre.

Kapaciteti (elektrik) i një kondensatori është sasia e ngarkesës së një armature të tij kur diferenca e potencialeve ndërmjet armaturave është një njësi (1V).

Atëherë ngarkesa e kondensatorit mund të llogaritet me ndihmën e barazimit:

$$Q = VC$$

Ky barazim na tregon se ngarkesa varet vetëm nga dy faktorë: kapaciteti i kondensatorit C dhe tensioni V (dyfishimi i tensionit çon në dyfishimin e ngarkesës). Vërejmë se kapacitetet elektrike nuk kanë vetëm kondensatorët. Po ta lidhim me një burim tensioni, çdo trup (përcjellës) ngarkohet. Atëherë kapaciteti elektrik i këtij trupi është i barabartë me raportin e ngarkesës me potencialin e trupit.

Njësitë e kapacitetit elektrik

Njësia matëse e kapacitetit në sistemin SI është **Faradi**, F. Nga barazimi që përkufizon kapacitetin, shohim se ky duhet të jetë i barabartë me raportin e njësisë së ngarkesës (C) me atë të potencialit (V):

$$1 \text{ F} = 1 \text{ C V}^{-1}$$

Por Faradi është njësi shumë e madhe. Kapaciteti i shumë pak kondensatorëve i afrohet vlerës 1F. Zakonisht ata kanë kapacitete të rendit të pF, nF apo μF .

Shumë kondensatorë kanë të shënuar edhe tensionin më të lartë të lejuar të punës. Po qe se kapërcehet kjo vlerë e tensionit, mund të ndodhë që ngarkesa të rrjedhë nëpër dielektrik, i cili nuk është më izolator. Gjithashtu, kondensatorët me elektrolit e kanë të shënuar se cila dalje çuhet të lidhet me polin pozitiv të burimit, përndryshe, nëse lidhet mbrapsht, kondensatori dëmtohet dhe mund të shkakttojë rrezik.

PYETJE

- 1 Llogaritni ngarkesën e një kondensatori me kapacitet $220\mu\text{F}$, diferenca e potencialeve ndërmjet daljeve të të cilit është 15V . Përgjigjen jepen në Kulon (C) dhe mikrokulon (μC).
- 2 Ngarkesa e armaturave të një kondensatori në tension 500V është 1.0mC . Llogaritni kapacitetin në Farad (F), mikrofarad (μF) dhe pikofarad (pF).
- 3 Llogaritni rrymën mesatare që nevojitet për të ngarkuar një kondensator me kapacitet $50\mu\text{F}$, në diferencën e potencialeve 10V për 0.01s .

Energjia e kondensatorit

Kur ngarkojmë kondensatorin, burimi i tensionit i shtyn elektronet nga njëra armaturë tek tjetra. Mbi elektronet kryhet punë, ndaj energjia e tyre potenciale rritet. Kjo energji na kthehet kur kondensatori shkarkohet.

Po të ngarkojmë një kondensator me kapacitet të madh (1mF ose më shumë) në një diferencë potencialesh prej 6.0V , ta shkëpusim nga burimi i tensionit dhe pastaj ta lidhim me një llambushkë 6.0V , do të shohim se kjo e fundit ndriçon për pak kohë, duke shpenzuar energjinë e depozituar në kondensator. Është fare e qartë që ky kondensator nuk mban shumë energji kur ngarkohet.

Në fillim të procesit të ngarkimit të kondensatorit, armaturat kanë fare pak ngarkesë, ndaj nuk është e vështirë të sillen ngarkesat në to (figura 12.6). Me rritjen e ngarkesës së armaturave, rritet edhe shtytja kundrejt ngarkesave të reja që sillen në to, ndaj duhet të kryhet një sasi gjithnjë e më e madhe pune për të shtuar ngarkesat në armatura.

Kjo shihet cilësisht në figurën 12.7a. Ky grafik paraqet rritjen e diferencës së potencialeve ndërmjet armaturave, ndërkohë që rritet ngarkesa e tyre Q . Ai është drejtvizor, sepse Q e V janë në përpjesëtim të drejtë:

$$V = \frac{Q}{C}$$

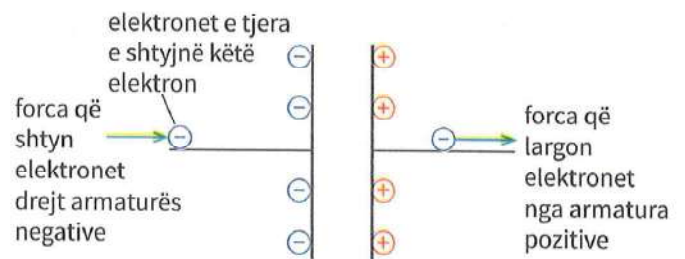


Figura 12.6 Kur ngarkojmë një kondensator, duhet të kryejmë punë për të sjellë elektrone të reja, sepse ata shtyhen nga elektronet që tashmë janë depozituar në armaturë.

Me ndihmën e figurës 12.7b mundemi të llogarisim punën e kryer për ngarkimin e kondensatorit.

Së pari shqyrtojmë punën W që kryhet për të zhvendosur ngarkesën Q në diferencën konstante të potencialeve V . Ajo jepet nga:

$$W = QV$$

Nga grafiku i Q kundrejt V (figura 12.7b) shohim se kjo na jepet nga syprina nën grafik.

Syprina e varësisë së diferencës së potencialeve nga ngarkesa është e barabartë me punën e kryer.

Po ta zbatojmë këtë në rastin e kondensatorit (figura 12.7a), syprina nën grafik është trekëndësh dhe puna e kryer është:

$$W = \frac{QV}{2}$$

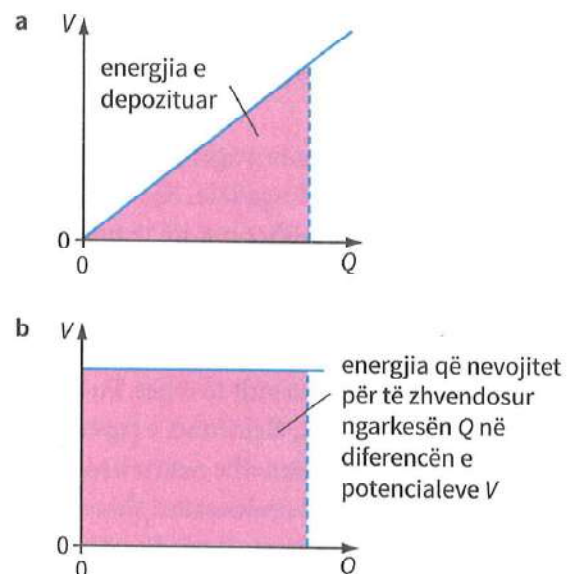


Figura 12.7 Syprina nën grafikun e tensionit kundrejt ngarkesës na jep sasinë e energjisë. **a** Energjia e depozituar në kondensator. **b** Energjia e nevojshme për të zhvendosur ngarkesën Q në një diferencë konstante potencialesh V .

Nga zëvendësimi i $Q = CV$ në këtë barazim, marrim dy të tjerë:

$$W = \frac{CV^2}{2}$$

dhe

$$W = \frac{Q^2}{2C}$$

Këto tri barazime na japin punën e kryer për ngarkimin e kondensatorit. Kjo është e barabartë me energjinë e depozituar në kondensator, meqë kjo është sasia e energjisë që çlirohet kur shkarkohet kondensatori.

Nga barazimi i dytë ($W = CV^2/2$) shohim se energjia W e depozituar në kondensator varet nga kapaciteti i tij dhe nga katrori i diferencës së potencialeve ndërmjet armaturave V .

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 1 Një kondensator me kapacitet 2mF ngarkohet deri në diferencën e potencialeve 10V . Llogaritni energjinë e kondensatorit.

Hapi 1 Shkruajmë madhësitë e njohura:

$$C = 2 \cdot 10^{-3}\text{F}$$

$$V = 10\text{V}$$

Hapi 2 Shkruajmë formulën e energjisë së kondensatorit dhe zëvendësojmë vlerat:

$$W = \frac{CV^2}{2}$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2 = 0.10\text{J}$$

Pra, një sasi shumë e vogël energjie.

PYETJE

- 4 Grafiku i figurës 14.8 paraqet varësinë e V nga Q për një kondensator. Sipërfaqja nën grafik është ndarë në shirita, për të lehtësuar llogaritjen e energjisë së kondensatorit. Shiriti i parë (që është thjesht trekëndësh) tregon sasinë e energjisë së kondensatorit kur ai ngarkohet deri në 1.0V . Duket menjëherë që ajo është e barabartë me 0.5mJ .

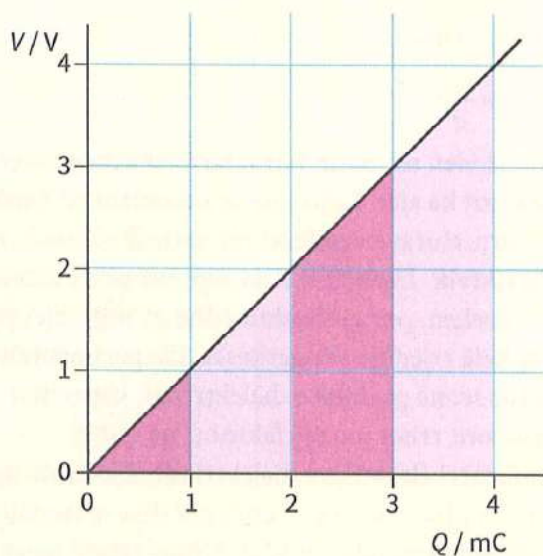


Figura 12.8 Energjia e kondensatorit është e barabartë me syprinën nën grafikun e tensionit nga ngarkesa.

- a Llogaritni kapacitetin C të kondensatorit.
b Plotësoni tabelën 12.1, duke llogaritur syprinat e shiritave të njëpasnjëshëm, për të treguar si është varësia e energjisë nga potenciali.

| Q/mC | V/V | Syprina e shiritit $\Delta W/mJ$ | Shuma e sipërfaqeve W/mJ |
|--------|-------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1.0 | 1.0 | 0.5 | 0.5 |
| 2.0 | 2.0 | 1.5 | 2.0 |
| 3.0 | | | |
| 4.0 | | | |

Tabela 12.1 Të dhënat për pyetjen 4.

- c Ndërttoni grafikun e varësisë së W nga V . Çfarë forme ka ky grafik?

VEPRIMTARI PRAKTIKE 12.1: Studimi i energjisë së kondensatorit

Po të keni një xhulmetër të ndjeshëm (që mundet të masë deri në mJ), mund të studioni energjinë e kondensatorit. Qarku për ta bërë këtë është ai i figurës 12.9.

Kondensatori ngarkohet kur çelësi e lidh atë me burimin e tensionit. Kur çelësi kthehet nga ana tjetër, kondensatori shkarkohet përmes xhulmetrit. (Ka shumë rëndësi të prisni derisa kondensatori të ngarkohet plotësisht.) Xhulmetri do të masë sasinë e energjisë që ishte depozituar në kondensator.

Merrni kondensatorë me kapacitete të ndryshme dhe ndryshoni tensionin e ngarkimit. Kështu mund të studioni varësinë e energjisë nga kapaciteti dhe diferenca e potencialeve.

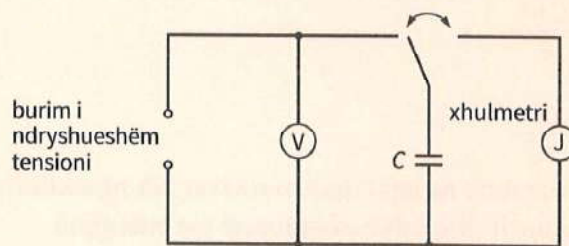


Figura 12.9 Kur çelësi është majtas, kondensatori ngarkohet; kur është djathtas, ai shkarkohet përmes xhulmetrit.

PYETJE

- Llogaritni energjinë e kondensatorëve që vijojnë:
 - kondensator me kapacitet 5mF e tension 5.0V;
 - kondensator me kapacitet 5nF e tension 5.0V;
 - kondensator me kapacitet 200μF e tension 230V.
- Cili mbart më shumë ngarkesë, një kondensator me kapacitet 100μF e tension 200V apo një kondensator me kapacitet 200μF e tension 100V? Cili ka energji më të madhe?
- Blici i një fotografie ka një kondensator me kapacitet 0.20F i cili ngarkohet në tension 9.0V. Më pas ai shkarkohet brenda 0.01s. Llogaritni:
 - ngarkesën dhe energjinë e depozituar në kondensator;
 - fuqinë mesatare të çliruar nga blici;
 - rrymën mesatare që kalon në llambë.

Llogaritja e kapacitetit të kondensatorit

Tani do të llogarisim kapacitetin e një kondensatori me sipërfaqe të armaturave S, kur largësia ndërmjet tyre është d. Intensiteti i fushës elektrike në hapësirën ndërmjet armaturave do të jetë sa shuma e intensiteteve të fushave të krijuara nga armatura pozitive me atë të krijuar nga armatura negative. Këto dy fusha kanë kahe të njëjta, sepse e para del nga armatura pozitive dhe e dyta hyn në

atë negative. Tregohet se intensiteti i fushës së krijuar nga secila prej armaturave është $Q/2S\epsilon_0$, pra intensiteti i fushës brenda kondensatorit është:

$$E = \frac{Q}{S\epsilon_0}$$

Kujtojmë se lidhja ndërmjet intensitetit të fushës në hapësirën brenda kondensatorit dhe diferencës së potencialeve ndërmjet armaturave ka formën:

$$E = \frac{V}{d}$$

Duke barazuar dy shprehjet, marrim:

$$\frac{Q}{S\epsilon_0} = \frac{V}{d}$$

prej nga nxjerrim:

$$\frac{Q}{V} \equiv C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

Kjo formulë vlen në rastin kur ndërmjet armaturave të kondensatorit ka ajër. Kujtojmë se zakonisht në hapësirën ndërmjet armaturave vendoset një shtresë izoluese, e cila quhet dielektrik. Dielektriku na siguron që dy armaturat nuk do të preken, por gjithashtu edhe që ndërmjet pllakave nuk do të ketë rrjedhje të ngarkesës. Eksperimentalisht është gjetur se, në praninë e dielektrikut, kapaciteti i kondensatorit rritet me një faktor ϵ , që quhet depërtueshmëri elektrike e dielektrikut. Kjo është një konstante pa njësi, vlerat e së cilës për disa materiale dielektrike jepen në tabelën 12.2. Në atë tabelë jepet edhe intensiteti i fushës kufi, për të cilën dielektriku do të shpohet pra, do të bëhet përcjellës.

| Materiali | Depërtueshmëria elektrike | Intensiteti i fushës kufi/ 10^6Vm^{-1} |
|-----------|---------------------------|--|
| vakuum | 1.0000 | |
| ajër | 1.0006 | 3 |
| parafinë | 2.2 | 10 |
| gomë | 6.7 | 12 |
| letër | 3.7 | 15 |
| kuarc | 4.3 | 8 |
| vaj | 4 | 12 |
| qelq | 5 | 14 |
| porcelan | 6-8 | 5 |
| mika | 7 | 150 |

Tabela 12.2 Depërtueshmëritë elektrike të disa materialeve.

Atëherë kapaciteti elektrik i kondensatorit merr formën:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

Prej këtu marrim një kuptim tjetër të depërtueshmërisë elektrike të dielektrikut: ajo na jep raportin e kapaciteteve të të njëjtit kondensator, kur ndërmjet pllakave kemi vendosur dielektrikun dhe në mungesë të tij:

$$\epsilon = \frac{C}{C_0}$$

PYETJE

- Sa është kapaciteti i një kondensatori me armatura rrethore me rreze 5.0cm secila, nëse ndërmjet tyre kemi vendosur një shtresë mika me trashësi 3.2mm?
- Kapaciteti i një kondensatori, hapësira ndërmjet armaturave të të cilit është me ajër, është 3.5 μF . Ai është lidhur me një bateri që jep tensionin 22V. Pa e shkëputur nga bateria, ndërmjet armaturave fusim një shtresë mika. Sa ngarkesë vjen nga bateria në njëren prej armaturave të këtij kondensatori?
- Armaturat e një kondensatori janë pllaka katrore me brinjë 8.0cm dhe ndodhen në largësinë 1.5mm nga njëra—tjetra. Në hapësirën ndërmjet armaturave ka ajër. Ngarkesa e secilës prej armaturave është 420 μC . Sa është energjia e këtij kondensatori? Sa bëhet energjia e këtij kondensatori, nëse hapësira ndërmjet armaturave mbushet me mika?

Lidhja e kondensatorëve në paralel

Siç thamë, kondensatorët përdoren në qarqe si depozita energjie. Shpesh ndodh që dy apo më shumë kondensatorë të lidhen bashkë në qark. Këtu do të shohim rastin kur dy kondensatorë lidhen në paralel dhe më poshtë do të shqyrtojmë kondensatorët në seri.

Kur dy kondensatorë lidhen në paralel (figura 12.10),

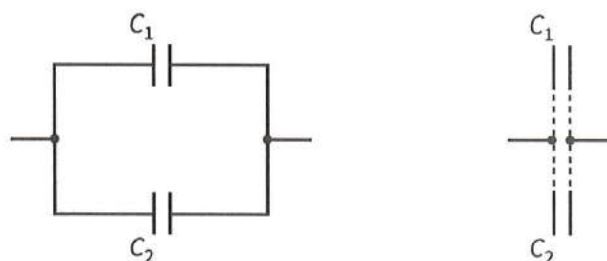


Figura 12.10 Dy kondensatorë të lidhur në paralel janë të njëvlershëm me një kondensator të vetëm më të madh.

kapaciteti i njëvlershëm C është i barabartë me shumën e kapaciteteve C_1 e C_2 të kondensatorëve të veçuar:

$$C = C_1 + C_2$$

Kjo ndodh sepse, kur dy kondensatorë lidhen së bashku, ata janë të njëvlershëm me një kondensator të vetëm me pllaka më të mëdha. Kështu ata mund të mbajnë më shumë ngarkesë për të njëjtën diferencë potencialesh mes pllakave pra, kanë kapacitet më të madh.

Kur kemi tre ose më shumë kondensatorë të lidhur në paralel, atëherë kapaciteti i njëvlershëm ka formën:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

dhe ngarkesa e plotë e të gjithë kondensatorëve të lidhur në paralel, kur diferenca e potencialeve ndërmjet pllakave të tyre është V , jepet nga:

$$Q = CV$$

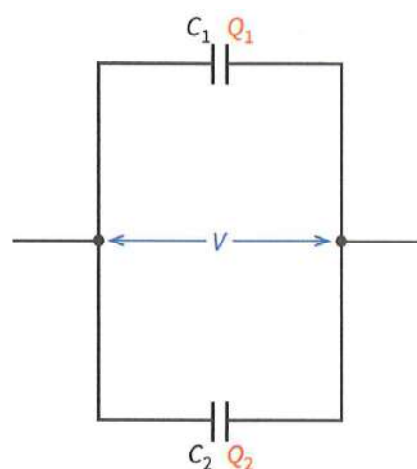


Figura 12.11 Diferenca e potencialeve në skajet e dy kondensatorëve të lidhur në paralel është e njëjtë, por ngarkesat në armaturat e tyre janë të ndryshme.

Derivimi i formulës së kapacitetit të kondensatorëve

Këtë formulë mund ta derivojmë duke shqyrtuar ngarkesën e dy kondensatorëve. Siç tregohet në figurën 12.11, C_1 ka ngarkesën Q_1 dhe C_2 ngarkesën Q_2 . Meqë diferenca e potencialeve në skajet e secilit prej kondensatorët është V (janë të lidhur në paralel), mund të shkruajmë:

$$Q_1 = C_1V \quad \text{dhe} \quad Q_2 = C_2V$$

Ngarkesa e plotë jepet nga shuma e ngarkesave:

$$Q = Q_1 + Q_2 = C_1V + C_2V = (C_1 + C_2)V$$

Krahasimi i kësaj shprehjeje me atë më sipër: $Q = CV$ na jep barazimin që deshëm të nxirrnim:

$C = C_1 + C_2$. Një shprehje e ngjashme vlen kur kemi më shumë se dy kondensatorë në paralel, siç vumë në dukje më sipër.

Pra, për kondensatorët e lidhur në paralel vlejné rregullat që vijojné:

PYETJE

- 11 a Llogaritni kapacitetin e njëvlershëm të dy kondensatorëve me kapacitete nga $100\mu\text{F}$ të lidhur në paralel
- b Llogaritni ngarkesën e plotë të tyre kur ata ngarkohen në diferencën e potencialeve 20V.
- 12 Na nevojitet një kondensator me kapacitet $50\mu\text{F}$, por kemi në dispozicion vetëm kondensatorë me kapacitete $10\mu\text{F}$, $20\mu\text{F}$ dhe $100\mu\text{F}$. Si do ta arrinit kapacitetin që na duhet, duke lidhur disa kondensatorë në paralel (mund të merrni më shumë se një kondensator me kapacitet të dhënë). Jepni të paktën dy përgjigje.

Kondensatorët në seri

Në mënyrë të ngjashme me rastin e kondensatorëve të lidhur në paralel, mund të shqyrtojmë dy apo më shumë kondensatorë të lidhur në seri (figura 12.12). Kapaciteti i njëvlershëm C i dy kondensatorëve ne kapacitete C_1 e C_2 të lidhur në seri jepet nga:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Në këtë rast mblihdhen të anasjellat e kapaciteteve, për të na dhënë të anasjellën e kapacitetit të njëvlershëm. Kur kemi tre apo më shumë kondensatorë të lidhur në seri, formula që jep kapacitetin e njëvlershëm është:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$



Figura 12.12 Dy kondensatorë të lidhur në seri.

- Diferenca e potencialeve në skajet e kondensatorëve është e njëjtë.
- Ngarkesa e plotë e gjithë kondensatorëve është sa shuma e ngarkesave të veçanta:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$$
- Kapaciteti i njëvlershëm i tyre jepet nga shuma e kapaciteteve të kondensatorëve:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

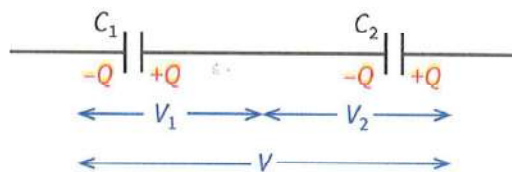


Figura 12.13 Kondensatorët e lidhur në seri kanë ngarkesa të njëjta të armaturave por diferenca të ndryshme potencialesh në skajet e tyre.

Derivimi i formulës për kondensatorët e lidhur në seri

Edhe për rastin e kondensatorëve të lidhur në seri vlejné të njëjtat parime bazë. Kjo situatë paraqitet në figurën 12.13. C_1 e C_2 janë lidhur në seri dhe në skajet e tyre është zbatuar një diferencë potencialesh V . Kjo diferencë potencialesh ndahet ndërmjet dy kondensatorëve, në mënyrë të tillë që diferenca e potencialeve në skajet e C_1 është V_1 dhe në skajet e C_2 është V_2 . Është e qartë që:

$$V = V_1 + V_2$$

Tani shqyrtojmë ngarkesën e depozituar në armaturat e dy kondensatorëve. Nga figura 12.13 shohim se ngarkesat Q të dy kondensatorëve janë të njëjta. Po si ndodh kjo? Kur në skajet e kondensatorëve zbatohet tensioni V , në armaturën e majtë të C_1 vjen ngarkesa $-Q$. Kjo shtyn ngarkesën $-Q$ nga armatura e djathtë, duke e lënë atë të ngarkuar me $+Q$. Tani në armaturën e majtë të C_2 vjen ngarkesa $-Q$. Kjo rezulton në ngarkimin e armaturës së djathtë me $+Q$.

Vërejmë se në këtë proces nuk krijohen apo zhduken ngarkesa: sasia e plotë e ngarkesave në sistem mbetet konstante. Ky është një shembull i ruajtjes së ngarkesës.

Gjithashtu vërejmë se në pjesën e qarkut ndërmjet dy kondensatorëve nuk kemi grumbullim apo largim të ngarkesave. Kjo kërkesë kënaqet, sepse në njërin skaj kemi ngarkesën $-Q$ e në tjetrin ngarkesën $+Q$. Kështu konkludojmë se kondensatorët e lidhur në seri kanë

të njëjtën ngarkesë. Kjo na mundëson shkrimin e dy barazimeve për V_1 dhe V_2 :

$$V_1 = \frac{Q}{C_1} \quad \text{dhe} \quad V_2 = \frac{Q}{C_2}$$

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 2 Llogaritni kapacitetin e njëvlershëm të lidhjes në seri të një kondensatori me kapacitet $300\mu\text{F}$ me një kondensator me kapacitet $600\mu\text{F}$.

Hapi 1 Shndërrojmë formulën që jep kapacitetin e njëvlershëm, duke sjellë anën e djathtë në emërues të përbashkët:

$$\frac{1}{C} = \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2}$$

prej nga:

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{300 \cdot 600}{300 + 600} = \frac{180000}{900} = 200\mu\text{F}$$

Vërejmë se kapaciteti i njëvlershëm i dy kondensatorëve të lidhur në seri është më i vogël se secili prej kapaciteteve të kondensatorëve të veçuar.

PYETJE

- 13 Llogaritni kapacitetin e njëvlershëm të tre kondensatorëve me kapacitete $200\mu\text{F}$, $300\mu\text{F}$ e $600\mu\text{F}$ të lidhur në seri.
- 14 Kemi disa kondensatorë identikë, secili me kapacitet C . Përcaktoni kapacitetin e njëvlershëm kur:
- lidhim dy kondensatorë në seri;
 - lidhim n kondensatorë në seri;
 - lidhim dy kondensatorë në paralel;
 - lidhim n kondensatorë në paralel.
- 15 Dy kondensatorë me kapacitete $120\mu\text{F}$ lidhen në seri. Më pas ata lidhen me një burim që jep tension 120kV . Llogaritni:
- kapacitetin e njëvlershëm në μF ;
 - ngarkesën e kondensatorëve;
 - energjinë e plotë të sistemit të të dy kondensatorëve të lidhur në seri.
- 16 Vlerësoni kapacitetin e Tokës, kur dihet se rrezja e saj është 6400km .

Kur janë të lidhur me diferencën e potencialeve V , dy kondensatorët mbartin ngarkesën Q , ndaj mund të shkruajmë:

$$V = \frac{Q}{C}$$

Duke zëvendësuar këto barazime në lidhjen $V = V_1 + V_2$ kemi:

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

Duke thjeshtuar në të dyja anët ngarkesën Q , marrim formulën që donim:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Shembulli i zgjidhur 2 na tregon si ta shfrytëzojmë këtë barazim.

Kapaciteti i trupave të izoluar

Kapacitet nuk kanë vetëm kondensatorët: të gjithë trupat kanë kapacitet. Edhe ju vetë keni kapacitet! Mund të keni vënë re se, veçanërisht kur ajri është i thatë (e nuk përcjell), ju vetë mund të ngarkoheni, p.sh. duke fërkuar këmbët në një tapet sintetik. Në atë rast potenciali i trupit tuaj është i lartë dhe ju mbartni një sasi të konsiderueshme ngarkese. Po ta shkarkoni këtë ngarkesë duke prekur një objekt të tokëzuar, do të prodhohet një shkëndijë (që ju jep një ndjesi aspak të këndshme).

Kapaciteti i trupave të izoluar

Kapacitet nuk kanë vetëm kondensatorët: të gjithë trupat kanë kapacitet. Edhe ju vetë keni kapacitet! Mund të keni vënë re se, veçanërisht kur ajri është i thatë (e nuk përcjell), ju vetë mund të ngarkoheni, p.sh. duke fërkuar këmbët në një tapet sintetik. Në atë rast potenciali i trupit tuaj është i lartë dhe ju mbartni një sasi të konsiderueshme ngarkese. Po ta shkarkoni këtë ngarkesë duke prekur një objekt të tokëzuar, do të prodhohet një shkëndijë (që ju jep një ndjesi aspak të këndshme).

Po të marrim parasysh se një sferë përcjellëse me rreze r , e izoluar nga mjedisi rrethues e që mbart ngarkesën Q do të ketë potencial V që jepet nga formula:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}$$

dhe që $C = \frac{Q}{V}$, nxjerrim se kapaciteti i një sfere është:

$$C = 4\pi\epsilon_0 r$$

Përmbledhje

- Kondensatorët përbëhen nga dy fletë metalike (“armatura”), në mes të të cilave është futur një material izolator. Armaturat e kondensatorit të ngarkuar kanë ngarkesa me madhësi të barabarta e shenja të kundërta.
- Ngarkesa e kondensatorit është në përpjesëtim të drejtë me diferencën e potencialit ndërmjet armaturave: $Q = VC$.
- Kapaciteti elektrik i një kondensatori jep sasinë e ngarkesës së tij për njësi të diferencës së potencialeve ndërmjet armaturave.
- Faradi është Kulon për Volt: $1F = 1C / 1V$.
- Energjia W e kondensatorit me kapacitet C në diferencë potencialesh V është:

$$W = \frac{QV}{2} = \frac{CV^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$
- Kapaciteti i kondensatorit me sipërfaqe të armaturave S dhe largësi ndërmjet tyre d , kur dielektriku i futur në të e ka përshkueshmërinë elektrike ϵ është:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$
 Për kondensatorët e lidhur në paralel dhe në seri, kapacitetet e njëvlershme janë si vijon:
 në paralel: $C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$
 në seri: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$

Pyetje për kapitullin

- 1 Një kondensator me kapacitet $470\mu\text{F}$ lidhet me një bateri që jep tensionin 9V . Llogaritni ngarkesën në armaturat e kondensatorit. [1]
- 2 Llogaritni diferencën e potencialeve ndërmjet daljeve të një kondensatori me kapacitet 2.2mF , kur ngarkesa e armaturave të tij është 0.033C . [1]
- 3 Llogaritni kapacitetin e një kondensatori, nëse kur diferenca e potencialeve ndërmjet armaturave është 5000V , ngarkesa në to është 2.0C . [1]
- 4 Llogaritni energjinë e një kondensatori me kapacitet $470\mu\text{F}$, kur diferenca e potencialeve ndërmjet armaturave të tij është 12V . [1]
- 5 Llogaritni energjinë e një kondensatori kur në tension 50V , ngarkesa e armaturave është 1.5mC . [1]
- 6 Një kondensator me kapacitet 4.7mF ngarkohet në tension 12V . Pastaj ai lidhet me një rezistencë dhe gjatë 2.5s të mëpasshme në qark rrjedh rrymë.
 - a Llogaritni energjinë e kondensatorit. [1]
 - b Llogaritni ngarkesën e kondensatorit kur ai është i ngarkuar. [1]
 - c Llogaritni rrymën mesatare në qark. [1]
- 7 Një inxhinier elektronik po ndërton një qark në të cilin duhet që një kondensator me kapacitet 4.7mF të lidhet me një burim me tension 9.0V . Ai ka katër kondensatorë me kapacitete 4.7mF që mbajnë tensionin 6V secili. Vizatoni një diagram që tregon si mund të lidhen katër kondensatorët për ta arritur këtë gjë. [1]

- 8 Llogaritni kapacitetet e kombinimeve të ndryshme që mund të krijohen me tre kondensatorë me kapacitet $100\mu\text{F}$ secili. Për secilin rast vizatoni skemën. [4]
- 9 Figura 12.18 paraqet tre kondensatorë të lidhur në seri me një pilë që jep tensionin 1.5V .

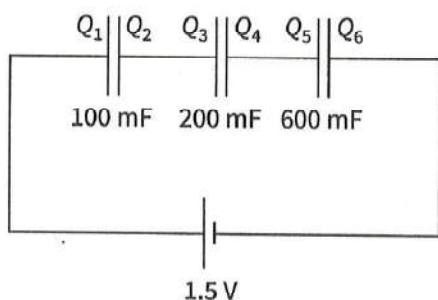


Figura 12.18 Për pyetjen 9.

- a Llogaritni ngarkesat Q_1 deri Q_6 në armaturat e tre kondensatorëve. [5]
- b Llogaritni diferencën e potencialeve në skajet e secilit prej kondensatorëve. [3]
- 10 a Thoni një përdorim të mundshëm të kondensatorëve në qark. [1]
- b Figura 12.19 paraqet një qark me të cilin studiojmë procesin e shkarkimit të kondensatorëve dhe figura 12.20 jep grafikun e rrymës me kohën gjatë këtij procesi.

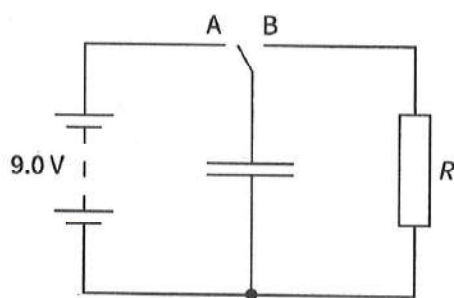


Figura 12.19 Qarku i pyetjes 10.

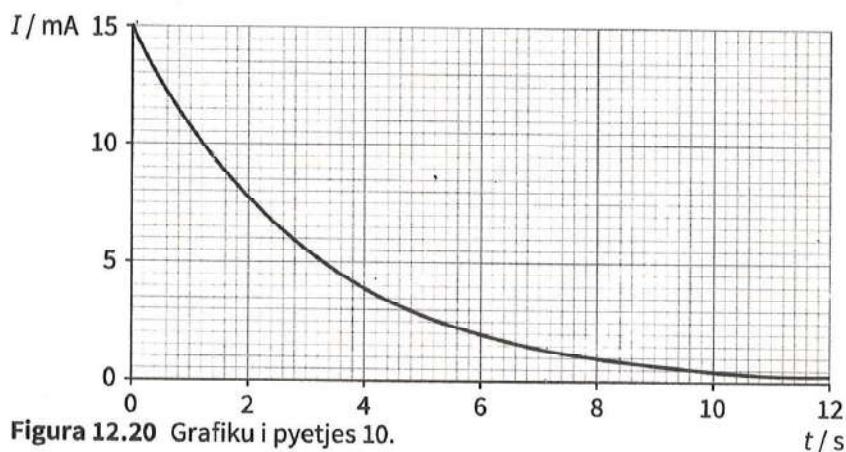
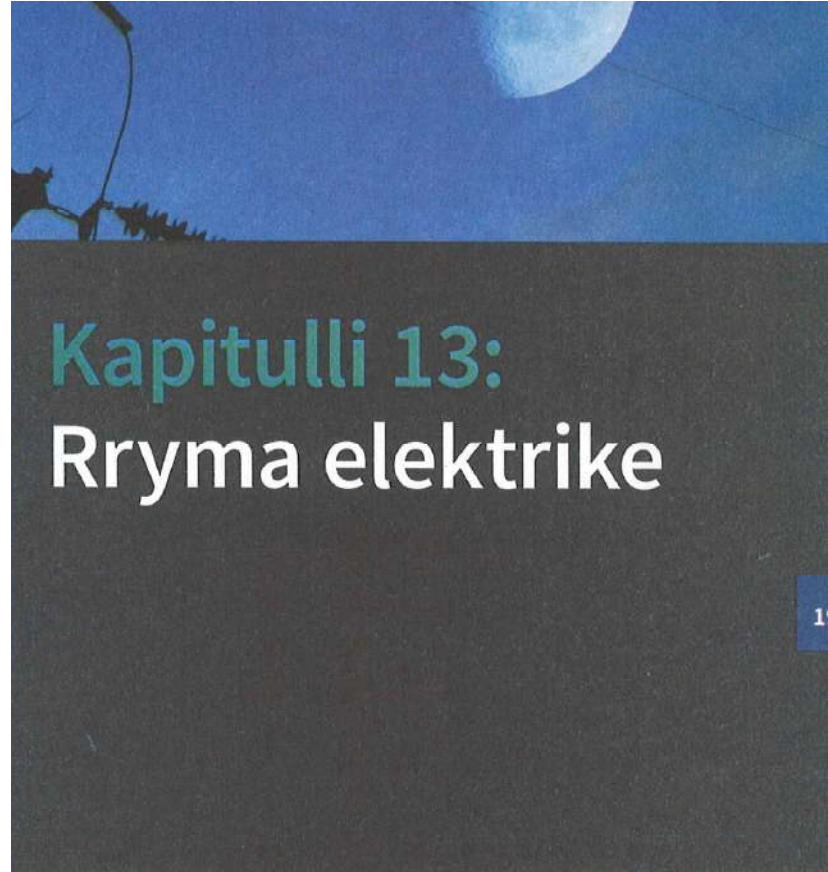


Figura 12.20 Grafiku i pyetjes 10.

- i Shpjegoni pse rryma zvogëlohet gjatë procesit të shkarkimit të kondensatori. [2]
- ii Ngarkesa e armaturës para shkarkimit jepet nga syprina nën grafik. Vlerësoni ngarkesën nga grafiku i figurës 12.20. [2]
- iii Nëse kondensatori ishte ngarkuar në tension 9.0V , llogaritni kapacitetin e tij. [2]
- iv Llogaritni energjinë e kondensatorit të ngarkuar. [2]

- 11 a Përkufizoni **kapacitetin elektrik** të një kondensatori. [2]
- b Një kondensator i pangarkuar lidhet me një bateri që jep tension 24.0V dhe pasi është ngarkuar plotësisht, shkëputet prej saj. Më pas hapësira ndërmjet armaturave mbushet me parafinë. Sa do të jetë tani diferenca e potencialeve ndërmjet armaturave? [4]
- 12 a Sipërfaqja e secilës prej armaturave të një kondensatori është 2.5m^2 dhe largësia ndërmjet tyre është 3.0mm. Ai lidhet me një bateri që jep tensionin 45V. [2]
- i Llogaritni kapacitetin e këtij kondensatori. [2]
- ii Llogaritni ngarkesën e armaturave të tij. [2]
- iii Sa është intensiteti i fushës brenda kondensatorit? [2]
- iv Sa është energjia e kondensatorit?
- b Ndërsa kondensatori mbetet i lidhur me baterinë, ndërmjet armaturave futet një pllakë plastike me trashësi sa largësia mes tyre dhe me përshkueshmëri elektrike 3.6. Llogaritni madhësitë e mësipërme në këtë rast. [8]



Kapitulli 13: Rryma elektrike

Rezultatet e të nxënit

Duhet të jeni në gjendje të:

- demonstroi se kuptoni natyrën e rrymës elektrike;
- përkufizoni forcën elektromotore dhe ta dalloni atë nga diferenca e potencialeve;
- përkufizoni rezistencën dhe omin;
- zgjidhni problema me rezistencën e një materiali;
- zgjidhni problema me ligjin e Omit;
- zgjidhni problema me energjinë dhe fuqinë në qarqet elektrike.

Idetë e reja

Elektriciteti luan rol bazë në jetët tona. Ai shërben si mënyrë e transferimit të energjisë nga një vend në tjetrin: për t'u ngrohur, ndriçuar dhe për të lëvizur objektet. Për popullatën e vendeve në zhvillim, elektrifikimi shënon një hap të madh përpara. Shqipëria e arriti elektrifikimin e plotë të 2547 fshatrave në 25 tetor 1975. Kjo ngjarje solli një zhvillim të ri të vendit.



Figura 13.1 Nënstacion elektrik

Simbolet dhe diagramet e qarqeve

Para se të fillojmë studimin e elektricitetit, duhet të kujtojmë simbolet e përdorura për elementet e qarkut. Një pjesë e tyre jepen në tabelën 13.1 dhe në figurën 13.2.

Këto simbole vendosen nga Komisioni Elektroteknik Ndërkombëtar (IEC) dhe standardi i vendosur njihet si IEC 60617. Ata bëjnë të mundur që njerëz me profesione dhe nga vende të ndryshme të kuptohen ndërmjet tyre.

| Simboli | Emri i komponentit |
|---------|----------------------------------|
| | tel lidhës |
| | pilë |
| | bateri pilash |
| | rezistencë e fiksuar |
| | burim rryme (tensioni, fuqie) |
| | nyje e qarkut (lidhje) |
| | kryqëzim telash (të palidhur) |
| | llambë me filament |
| | voltmetër |
| | ampermetër |
| | çelës |
| | rezistencë e ndryshueshme |
| | mikrofon |
| | altoparlant |
| | siguresë |
| | toka |
| | sinjal alternativ |
| | kondensator |
| | termistor |
| | rezistencë që ndryshon me dritën |
| | diodë gjysmëpërcjellëse |
| | diodë që ndriçon |

Tabela 13.1 Disa komponente elektrike dhe simbolet e tyre.

Rryma elektrike

Secili prej nesh e përdor përditë rrymën elektrike, pra, ky është një objekt dhe koncept shumë i njohur për ne. Për rrymën elektrike keni mësuar edhe më parë. Ju e dini që në qarkun e figurës 13.3 kahu i rrymës, me marrëveshje, është nga poli pozitiv tek ai negativ. Duke qenë i vendosur me marrëveshje (konvencion), kjo quhet rrymë konvencionale. Ajo që ndodh brenda telit është e ndryshme.

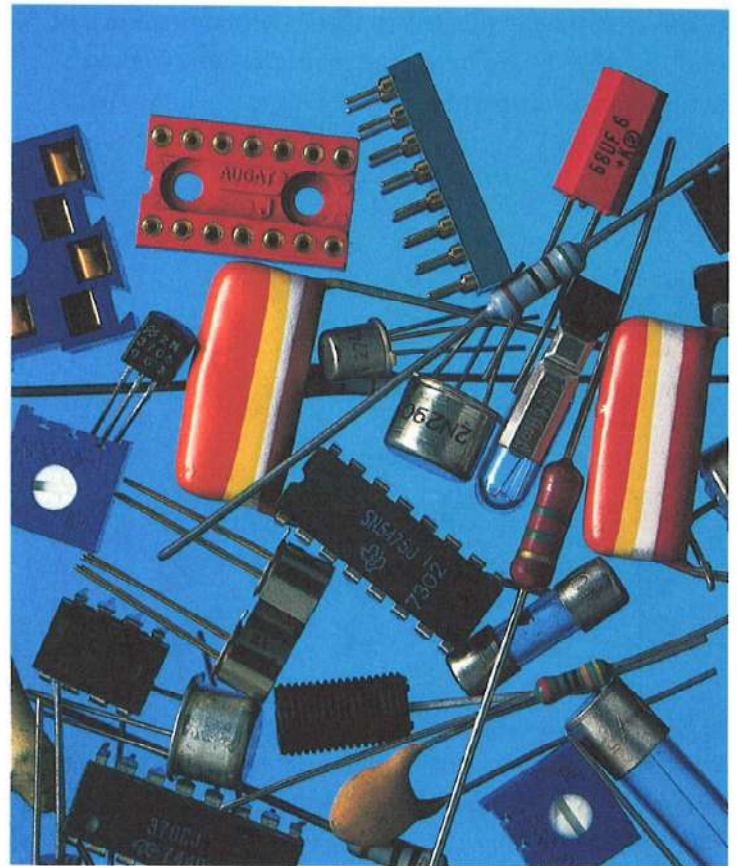


Figura 13.2 Disa komponente elektrike ku dallohen rezistencat, siguresat, kondensatorët dhe mikroçipet.

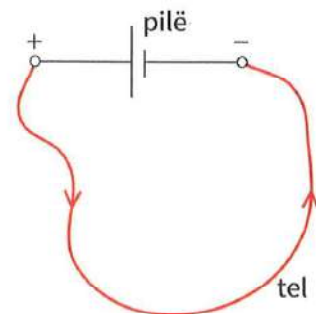


Figura 13.3 Kur teli lidhet me pilën, në të rrjedh rrymë.

Telat përcjellës janë prej metali. Brenda metalit kemi të pranishëm shumë elektrone të lira apo të përcjellshmërisë, sepse ata bëjnë të mundur përcjellshmërinë elektrike. Atomet e metalit janë të lidhur fort me njëri—tjetrin dhe të renditur në një rrjetë kristaline, si ajo e paraqitur në figurën 13.4. Secili prej këtyre atomeve lëshon një apo më shumë elektrone në hapësirën ndërmjet tyre; këta

bëhen elektronet e përcjellshmërisë (këto elektrone janë praktikisht të lira). Duke qenë se numri i elektroneve të lira është i barabartë me atë të joneve, metali mbetet elektroneutral.

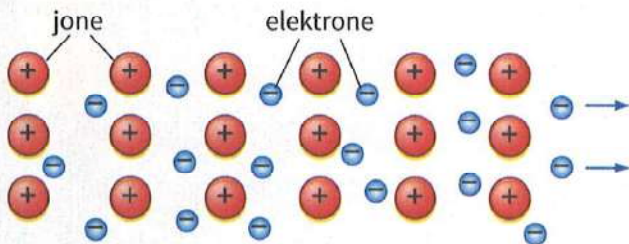


Figura 13.4 Në metal, elektronet e përcjellshmërisë janë të lirë të zhvendosen ndërmjet joneve pozitive. Kur në skajet e metalit lidhet një pilë, ajo i detyron elektronet të shkojnë drejt polt pozitiv.

Kur teli lidhet me pilën, ajo ushtron një forcë elektrike mbi elektronet e përcjellshmërisë, e cila i detyron ato të zhvendosen drejt polt pozitiv të pilës. Kjo zhvendosje ka kah të kundërt me atë të rrymës konvencionale. Kjo kontradiktë ka arsye historike.

Vërejmë se, sapo mbyllet qarku, rryma fillon të rrjedhë në të gjitha pikat e qarkut. Pra, nuk na duhet të presim që nga pila të nisen ngarkesat, të cilat më pas do të mbërrijnë në pikat e ndryshme të qarkut. Kjo ndodh sepse elektronet e lira ekzistojnë në metal para se ai të lidhet me pilën dhe fillojnë të lëvizin menjëherë, nën veprimin e fushës elektrike të krijuar në tel nga pila.

Ndonjëherë rryma konsiston në zhvendosjen e ngarkesave pozitive, p.sh., një tufë protonesh e prodhuar në një përshpejtues grimcash. Në këtë rast kahu i zhvendosjes dhe kahu i rrymës janë të njëjtë. Ndonjëherë në rrymë kontribuojnë dhe ngarkesat pozitive, edhe ato negative, p.sh., kur kemi rrymë në një tretësirë (**elektrolit**). Kur elektodat e futura në elektrolit lidhen me një pilë, jonet pozitive dhe ato negative zhvendosen në kahe të kundërta (Figura 13.5). Grimcat e ngarkuara që kontribuojnë në rrymën elektrike njihen si **bartëse të rrymës**: këto mund të jetë elektrone, protone apo jone.

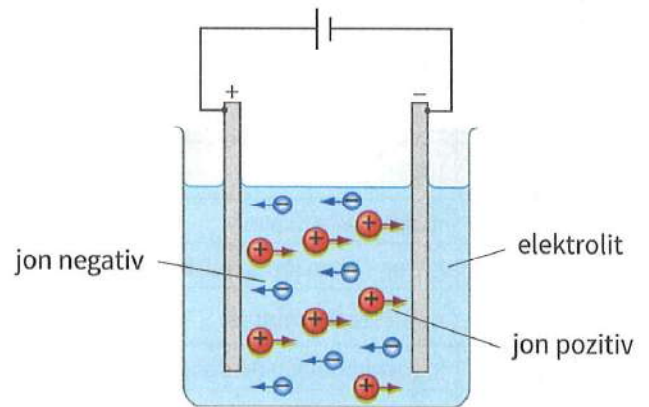


Figura 13.5 Edhe ngarkesat pozitive, edhe ato negative, janë të lira të zhvendosen brenda tretësirës. Të dyja ato kontribuojnë në rrymën elektrike.

Rryma dhe ngarkesa elektrike

Kur në qark kemi zhvendosje të ngarkesës elektrike, themi se në të kalon rrymë. Kjo matet me Amperë (A). Një Amper është intensiteti i rrymës që krijohet kur rrjedh ngarkesa prej 1C në 1s. Kjo lidhje rrjedh nga përkufizimi i rrymës elektrike:

Intensiteti i rrymës elektrike jepet nga sasia e ngarkesës që rrjedh në njësinë e kohës.

Njësia e intensitetit të rrymës, Amperi, është një nga njësitë themelore të sistemit SI. Prej përkufizimit të intensitetit të rrymës nxjerrim edhe kuptimin e Kulonit si njësi e ngarkesës:

Një Kulon është ngarkesa që rrjedh nëpër një prerje tërthore të qarkut, kur në të kalon rryma 1A gjatë 1s.

Ju e dini tashmë që intensiteti i rrymës shënohet me simbolin I . Atëherë sasia e ngarkesës që rrjedh jepet nga lidhja:

$$\Delta Q = I \Delta t$$

ku ΔQ është sasia e ngarkesës që rrjedh gjatë intervalit të kohës Δt dhe I është intensiteti i rrymës.

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 1 Në një llambë rrjedh rryma me intensitet 10A gjatë 1 ore. Llogaritni sasinë e ngarkesës që kalon nëpër llambë gjatë kësaj kohe.

Hapi 1 Shprehim kohën Δt në sekonda:

$$\Delta t = 60 \cdot 60 = 3600 \text{ s}$$

Hapi 2 Dimë se intensiteti i rrymës $I = 10\text{A}$, ndaj ngarkesa që rrjedh gjatë 1 ore është:

$$\Delta Q = I\Delta t = 10 \cdot 3600 = 36000 \text{ C}$$

- 2 Llogaritni intensitetin e rrymës në qark, kur nëpër një prerje tërthore të qarkut kalon ngarkesa 180C brenda 2.0 minutave.

Hapi 1 Nxjerrim intensitetin e rrymës në qark:

$$\Delta Q = I\Delta t \Rightarrow I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Hapi 2 Pasi shprehim kohën në sekonda, kryejmë llogaritjet:

$$I = \frac{180}{120} = 1.5 \text{ A}$$

PYETJE

- Intensiteti i rrymës në një qark është 0.40A. Llogaritni ngarkesën që kalon në të brenda 15s.
- Llogaritni intensitetin e rrymës që bën që në qark të rrjedhë ngarkesa 150C në 30s.
- Në një qark kalon ngarkesa 50C brenda 20s. Llogaritni intensitetin e rrymës në qark.
- Një bateri makinash ka shënimin "50Ah". Kjo do të thotë se ajo mundet të na japë rrymë me intensitet 50A për një orë.
 - Për sa kohë do të mundej kjo bateri të na jepte rrymën me intensitet 200A, e cila nevojitet për të ndezur makinën?
 - Llogaritni sasinë e ngarkesës që kalon në qark gjatë kësaj kohe.

Burimi i rrymës ose bateria transferojnë energji tek ngarkesat elektrike në qark. **Forca elektromotore** E e burimit përkufizohet si energji e transferuar tek ngarkesa njësi.

Forca elektromotore është puna e kryer mbi ngarkesën njësi, kur ajo përkufizohet të gjithë qarkun.

Shpesh forca elektromotore shënohet shkurt f.e.m. Termi nuk është shumë i përshtatshëm, sepse ai nuk ka asgjë të përbashkët me forcat por ky term ka mbetur për arsye historike.

Kuptimi i forcës elektromotore

Shpesh kemi dëgjuar dhe përdorur termin "tension". Ju e dini tashmë se ky është një term që nënkupton diferencën e potencialeve ndërmjet dy pikave. Kujtojmë se diferenca e potencialeve ndërmjet pikave A e B është energjia e transferuar kur ngarkesa njësi zhvendoset nga pika A në pikën B. Ajo matet me Volt, ku $1\text{V} = 1\text{JC}^{-1}$.

Hidhini një sy qarkut të thjeshtë të figurës 13.6. Aty kemi demonstruar mënyrën e lidhjes së voltmetrit (aparati që shërben për matjen e tensionit) në qark. Në atë figurë duket qartë se tensioni në skajet e burimit është i barabartë me shumën e tensioneve në skajet e rezistencave.

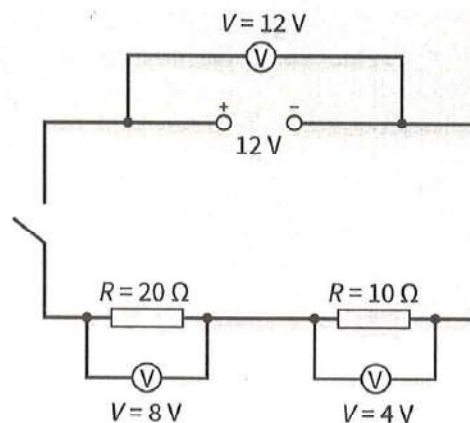


Figura 13.6 Matja e tensionit në qark. Vini re se secili prej voltmetrave lidhet në skajet e komponentit përkatës.

Rezistenca elektrike

Po të lidhim një llambë me një burim rryme, ajo fillon të ndriçojë. Po cilët janë faktorët që e përcaktojnë intensitetin e rrymës? Ata janë dy:

- Diferenca e potencialeve V në skajet e llambës: sa më e madhe të jetë diferenca e potencialeve, aq më e madhe është rryma.
- Rezistenca R e llambës: sa më e madhe të jetë rezistenca, aq më i vogël është intensiteti i rrymës.

Le të shohim kuptimin e **rezistencës elektrike**. Rezistenca e një komponenti përkufizohet si raporti i diferencës së potencialeve me intensitetin e rrymës:

$$R = \frac{V}{I}$$

Barazimi i mësipërm mund të shkruhet edhe në forma:

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{ose} \quad V = IR$$

Tabela 13.1 përmbledh këto madhësi dhe njësitë matëse të tyre.

| Madhësia | Simboli i madhësisë | Njësia | Simboli i njësisë |
|----------------------|---------------------|--------|-------------------|
| intensiteti i rrymës | I | Amper | A |
| tensioni (f.e.m) | V | Volt | V |
| rezistenca | R | Om | Ω |

Tabela 13.1 Madhësitë elektrike kryesore, simbolet e tyre dhe njësitë në sistemin SI.

Njësia e rezistencës, Om, përcaktohet nga barazimi që përkufizon rezistencën. Omi është i barasvlershëm me 1Volt për Amper. Pra:

$$1 \Omega = 1 \text{ V A}^{-1}$$

Omi është rezistenca e një komponenti, ku diferenca e potencialeve prej 1Volt bën që të kalojë rryma me intensitet 1Amper.

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 3 Llogaritni intensitetin e rrymës që kalon në një llambë me rezistencë 15Ω , kur diferenca e potencialeve në skajet e saj është 3.0V .

Hapi 1 Kemi $V = 3.0\text{V}$ dhe $R = 15\Omega$.

Hapi 2 Zëvendësojmë në formulë dhe kryejmë llogaritjet:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{3.0}{15} = 0.20\text{A}$$

Pra, intensiteti i rrymës që kalon në llambë është 0.20A .

PYETJE

- 5 Llamba e fenerit të një makine e ka rezistencën 36Ω . Llogaritni intensitetin e rrymës në të kur ajo lidhet me një bateri 12V .
- 6 Në treg ka llamba me ndriçime të ndryshme (figura 13.7-9.13). Një llambë 100W ndriçon më fort se një llambë 60W . Shpjegoni se cila prej tyre ka rezistencë më të madhe.



Figura 13.7 Të dyja këto llamba lidhen në rrjet, por njëra e ka rezistencën më të madhe se tjetra. Për pyetjen 6.

- 7 a Llogaritni diferencën e potencialeve në skajet e një motori me rrymë 1.0A dhe rezistencë 50Ω .
- b Llogaritni diferencën e potencialeve në skajet e të njëjtit motor, kur intensiteti i rrymës në të dyfishohet. Pranojmë se rezistenca mbetet e pandryshuar.
- 8 Llogaritni rezistencën e një llambe nëse kur e lidhim në rrjet me tension 220V , intensiteti i rrymës që kalon në të është 0.40A .

VEPRIMTARI PRAKTIKE 13.1: Përcaktimi i rezistencës

Siç e pamë, rezistenca përcaktohet nga barazimi:

$$R = \frac{V}{I}$$

Pra, për të gjetur rezistencën e një komponenti, na duhet të masim diferencën e potencialeve V në skajet e tij, si edhe intensitetin e rrymës I që kalon në të. Për të matur rrymën, na nevojitet një ampermetër, kurse, për të matur diferencën e potencialeve, na duhet një voltmetër. Figura 13.8 tregon si duhet të lidhen këto aparate matëse, për të përcaktuar rezistencën e një përcjellësi metalik, si p.sh., një tel.

- Ampermetri lidhet në seri me përcjellësin, në mënyrë që rryma përmes të dyve të jetë e njëjtë.
- Voltmetri lidhet në paralel me përcjellësin, për të matur diferencën e potencialeve në skajet e tij.

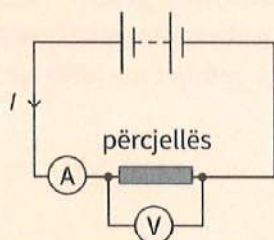


Figura 13.8 Lidhja e ampermetrit dhe voltmetrit për të përcaktuar rezistencën e një përcjellësi.

PYETJE

- 9 Në figurën 13.8 ampermetri tregon 2.4A dhe voltmetri 6.0V. Llogaritni rezistencën e përcjellësit.

Ligji i Omit

Nëse provojmë të masim rrymës që kalon nëpër një komponent kur në skajet e tij zbatohen diferenca potenciali të ndryshme, do të marrim një grafik si ai i figurës 13.9. Ky grafik njihet si **karakteristikë I — V** . Pikat janë disi të shpërndara, por ne kemi hequr vijën më të mirë. Vërejmë se ajo kalon nëpër origjinë. Pra, rryma dhe tensioni janë në përpjesëtim të drejtë.

Vija e drejtë që kalon nga origjina tregon se rezistenca e përcjellësit mbetet konstante. Kjo rezistencë është e barabartë me të anasjellën e gradientit të karakteristikës rrymë-tension.

Të gjitha elementet që sillen si ky përcjellës quhen **omikë** dhe ne themi se ato i binden **ligjit të Omit** (Ohm). Ky ligj pohon:

Rryma që rrjedh nëpër një rezistencë (omike) është në përpjesëtim të drejtë me diferencën e potencialeve në skajet e saj dhe në përpjesëtim të zhdrejtë me rezistencën.

Jo të gjitha rezistencat i binden ligjit të Omit. Një shembull i këtyre elementeve **jo-omikë** është filamenti i llambës. Një e tillë paraqitet në figurën 13.10; aty duket qartë filamenti që ndriçon kur nëpër të kalon rrymë. Karakteristika e saj rrymë—tension paraqitet në figurën 13.11.

Nga ky grafik shohim se:

- Ai kalon nga origjina (sikurse për elementet omikë).
- Për rryma dhe tensione të ulëta, grafiku është praktikisht vijëdrejtë.
- Për tensione më të larta, grafiku përkulet. Rryma është më e vogël sesa për një element omik. Kjo tregon se rezistenca e llambës është rritur.

Pra, rezistenca e llambës varet nga temperatura e filamentit. Kur ky i fundit është shumë i nxehtë (temperatura e tij mbërrin deri 1750°C), rezistenca e tij dhjetëfishohet në krahasim me kur filamenti është i ftohtë.

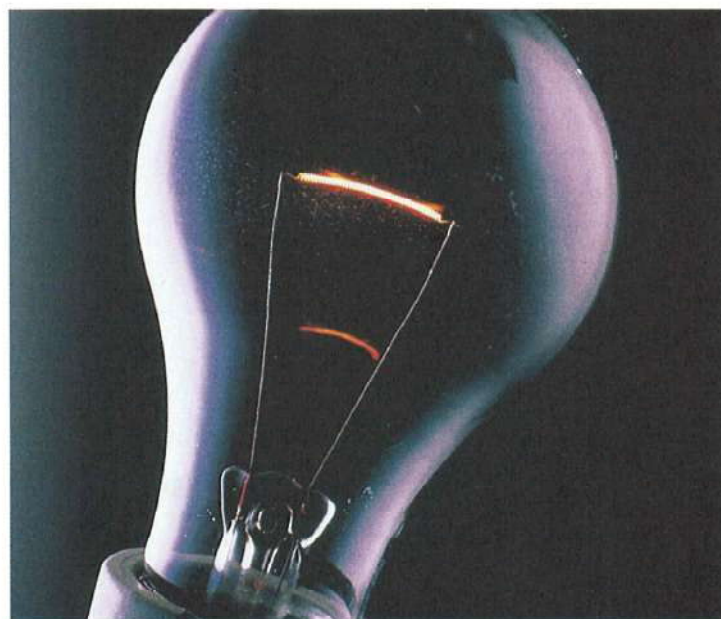


Figura 13.10 Filamenti metalik i llambës ndriçon kur nëpër të kalon rrymë. Njëkohësisht llamba nxehet. Pra, ajo prodhon dritë dhe nxehtësi.

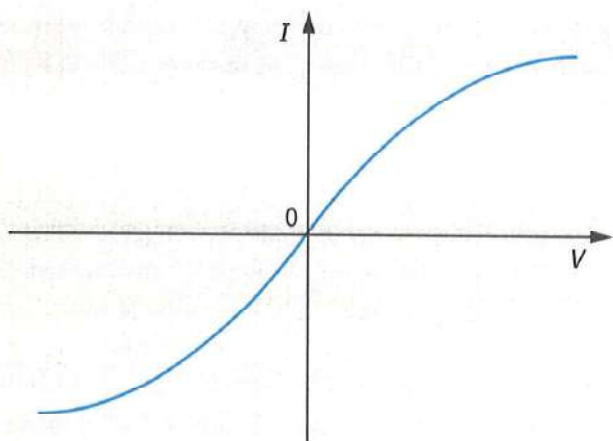


Figura 13.11 Karakteristika $I-V$ e një llambe me filament.

Origjina e rezistencës

Për të kuptuar origjinën e rezistencës, le të shohim si ndryshon rezistenca e një teli prej metali të pastër, kur temperatura e tij rritet. Kjo tregohet në grafikun e figurës 13.14. Aty duket se rezistenca e një metali të pastër rritet linearisht me temperaturën, kur kjo e fundit shkon nga 0°C në 100°C .

Figura 13.14 gjithashtu tregon si ndryshon rezistenca e një metali, kur në të shtohen papastërti. Rezistenca e metalit të papastër është më e madhe se ajo e një metali të pastër dhe rritet po njëllë me temperaturën. Rezistenca e metaleve ndryshon sipas ligjit linear për një interval shumë të gjerë të temperaturave që shkon nga afër zeros absolute deri në mbi 2000°C .

Pra, dy janë faktorët që ndikojnë mbi rezistencën e një metali:

- temperatura;
- prania e papastërtive.

Figura 13.15 paraqet një model të thjeshtë, i cili shpjegon atë që ndodh në një metal, kur elektronet zhvendosen brenda tij.

Rryma në metale i detyrohet zhvendosjes së elektroneve të lira. Në temperatura të ulëta ato mund të zhvendosen lirisht ndërmjet joneve pozitive (figura 13.15a). Me rritjen e temperaturës, amplituda e lëkundjeve të joneve rritet dhe elektronet goditen më shpesh me ta, gjë që ul shpejtësinë e zhvendosjes së tyre përpara. Ato humbasin energji nga goditjet me jonet që lëkunden (figura 13.15b).

PYETJE

10 Një komponent elektrik lejon të kalojë rrymën 10mA , kur potenciali në skajet e tij është 2.0V . Kur tensioni rritet në 8.0V , rryma bëhet 60mA . A i bindet ky komponent ligjit të Ohmit? Shpjegoni pse.

11 Dy grafikët e figurës 13.12 paraqesin karakteristikën rrymë-tension të një teli metalik në dy temperatura të ndryshme, θ_1 dhe θ_2 .

- a Llogaritni rezistencën e telit në secilën nga temperaturat.
- b Thoni cila prej temperaturave është më e lartë, θ_1 or θ_2 .

12 Grafiku i figurës 13.13 paraqet karakteristikën $I-V$ të dy komponentëve elektrikë, një filament llambe dhe një tel çeliku.

- a Identifikoni cili nga grafikët i përket filamentit dhe cili telit.
- b Për ç'vlerë të tensionit këto dy elemente kanë rezistenca të njëjta?
- c Sa është kjo rezistencë?

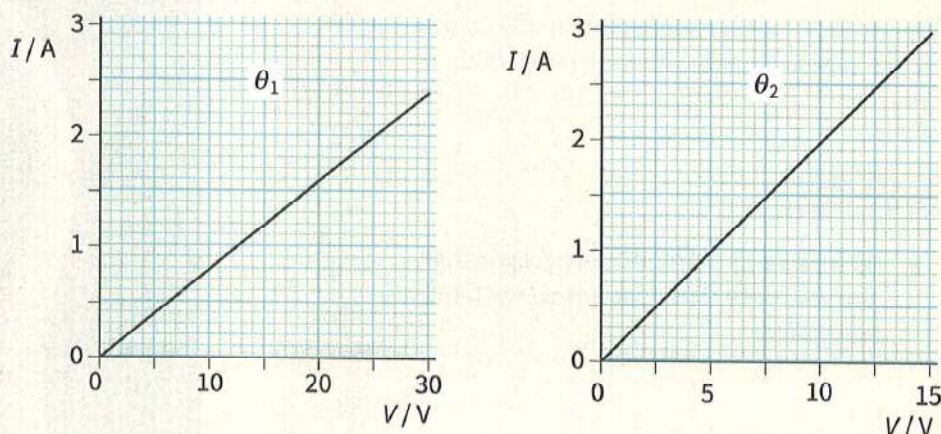


Figura 13.12 Grafikët $I-V$ për një tel në temperatura të ndryshme, për pyetjen 11.

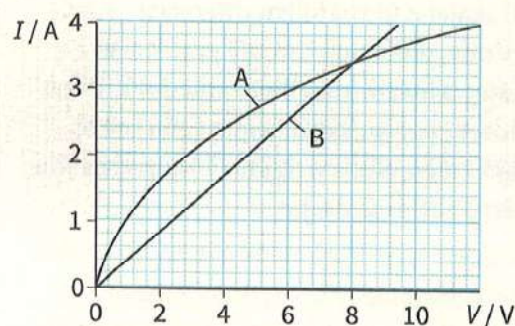


Figura 13.13 Për pyetjen 12.

Rezistenca specifike

Rezistenca e një teli varet nga madhësia dhe forma e tij. Një tel i gjatë e ka rezistencën më të madhe se një tel i shkurtër, po qe se kanë trashësi të njëjtë dhe janë prej të njëjtit material. Teli i trashë e ka rezistencën më të vogël se ai i hollë. Për telat metalik rezistenca R varet nga këta faktorë:

- gjatësia L ;
- sipërfaqja e prerjes tërthore S ;
- materiali nga i cili përbëhet teli;
- temperatura e telit.

Kur kjo e fundit mbahet konstante, rezistenca është në përpjesëtim të drejtë me gjatësinë e telit dhe në përpjesëtim të zhdrejtë me sipërfaqen e prerjes tërthore të tij. Pra:

$$R \propto \frac{L}{S}$$

Por rezistenca e telit varet edhe nga materiali nga i cili përbëhet ai. Bakri është përcjellës më i mirë se çeliku, i cili përcjell më mirë se silici, e kështu me radhë. Vetia përkatëse e materialit njihet si **rezistencë specifike** e tij, e cila shënohet me germen greke ρ .

Përfundimisht:

$$R = \frac{\rho L}{S}$$

Rezistenca specifike e disa materialeve jepet në tabelën 13.2. Vërejmë se rezistenca specifike në sistemin SI matet me Ωm .

| Materiali | Rezistenca specifike/ Ωm |
|---|---|
| argjend | $1.60 \cdot 10^{-8}$ |
| bakër | $1.69 \cdot 10^{-8}$ |
| nikrom (përlidhje e Ni, Cu dhe Al) | $1.30 \cdot 10^{-8}$ |
| alumin | $3.21 \cdot 10^{-8}$ |
| plumb | $20.8 \cdot 10^{-8}$ |
| manganin (përlidhje 84% Cu, 12% Mn dhe 4% Ni) | $44.0 \cdot 10^{-8}$ |
| eureka (konstantan) (përlidhje 60% Cu dhe 40% Ni) | $49.0 \cdot 10^{-8}$ |
| merkur | $69.0 \cdot 10^{-8}$ |
| grafit | $800 \cdot 10^{-8}$ |
| germanium | 0.65 |
| silic | $2.3 \cdot 10^3$ |
| qelq zjarrdurues | 10^{12} |
| PTFE (politetrafluoreten ose Teflon) | $10^{13}-10^{16}$ |
| kuarc | $5 \cdot 10^{16}$ |

Tabela 13.2 Rezistencat specifike të disa materialeve në 20°C .

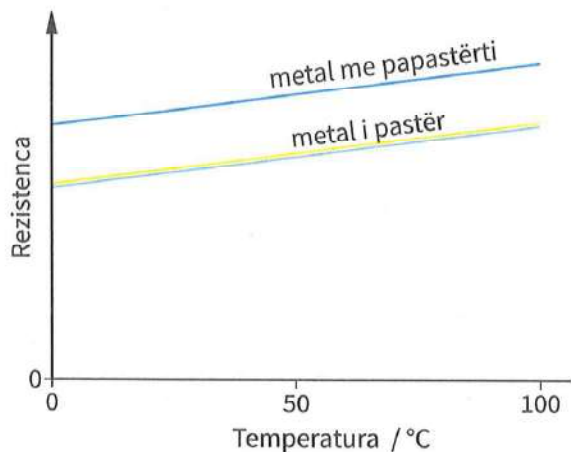


Figura 13.14 Rezistenca e një metali rritet linearisht me temperaturën. Rezistenca e një metali me papastërti është më e madhe se ajo e një metali të pastër, kur përmasat e tyre janë të njëjta.

Po qe se metali përmban papastërti, disa prej atomeve do të kenë përmasa të ndryshme (figura 13.15c). Sërish kjo pengon zhvendosjen e elektroneve, të cilët humbasin energji kur goditen me atomet që lëkunden.

Kur goditen me jonet apo atomet që lëkunden, elektronet humbasin energji. Ato ia japin energjinë e tyre metalit, i cili ngrohet. Rezistenca e metalit rritet me temperaturën, për shkak të zvogëlimit të shpejtësisë së zhvendosjes përpara të elektroneve.

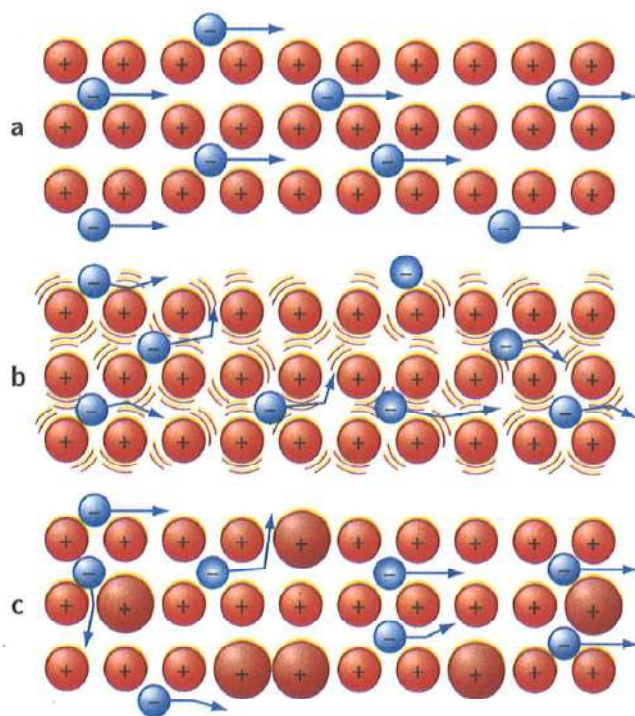


Figura 13.15 Një model i origjinës së rezistencës në metale. a Në temperatura të ulëta elektronet kalojnë relativisht lehtë. b Kur temperatura rritet, elektronet pengohen nga jonet që lëkunden, duke u goditur me to. c Atomt e papastërtive gjithashtu mund të pengojnë kalimin e lirë të elektroneve.

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 4 Gjeni rezistencën e një teli eureka me gjatësi 2.6m dhe sipërfaqe të prerjes tërthore $2.5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$.

Zëvendësojmë vlerat në formulën që jep rezistencën dhe kryejmë llogaritjet:

$$R = \frac{\rho L}{S} = \frac{49.0 \cdot 10^{-8} \cdot 2.6}{2.5 \cdot 10^{-7}} = 5.1 \Omega$$

Rezistenca specifike dhe temperatura

Sikurse rezistenca, edhe rezistenca specifike varet nga temperatura. Në fakt, varësia e rezistencës nga temperatura e ka rrënjën pikërisht tek varësia e rezistencës specifike prej saj. Duke patur parasysh shpjegimet e mësipërme mbi goditjet e elektroneve me jonet, kjo dukuri bëhet e qartë.

Fuqia elektrike

Fuqi quhet shpejtësia e transferimit të energjisë, pra, sasia e energjisë që transferohet në njësinë e kohës. Ajo shënohet me P dhe matet me Vat (W). Me formulë:

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

ku P është fuqia dhe W është sasia e energjisë që transferohet gjatë kohës Δt . Shpejtësia e transferimit të energjisë në një komponent elektrik varet nga dy madhësi:

- intensiteti i rrymës I në atë komponent;
- diferenca e potencialeve V në skajet e komponentit.

Nga ato që dimë mund të nxjerrim një shprehje të fuqisë elektrike. Sasia e energjisë që i transmetohet ngarkesës ΔQ kur ajo zhvendoset në një diferencë potencialesh V jepet nga:

$$W = V\Delta Q$$

Ndaj:

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{V\Delta Q}{\Delta t} = V \left(\frac{\Delta Q}{\Delta t} \right)$$

Raporti i sasisë së ngarkesës ΔQ që kalon me gjatësinë e intervalit kohor Δt kur kjo ndodh jep intensitetin e rrymës I në komponent. Pra:

$$P = VI$$

Nga barazimi i mësipërm nxjerrim edhe lidhjen e njësisë së fuqisë me ato të rrymës dhe tensionit:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ VA}$$

Duke kombinuar barazimin e mësipërm me ligjin e Omit, marrim dy forma të tjera të këtij ligji:

$$P = I^2 R \quad \text{dhe} \quad P = \frac{V^2}{R}$$

Forma që zgjedhim në një situatë të dhënë varet nga informacioni që kemi. Kjo ilustron në shembujt e zgjidhur 6a e 6b, të cilët kanë të bëjnë me një stacion elektrik dhe kabllo të dalin prej tij.

PYETJE

- 17 Llogaritni rrymën që kalon në një llambë me fuqi 60W, kur ajo lidhet me rrjetin me tension 220V.
- 18 Një stacion i madh elektrik jep energji elektrike me tension 25kV. Llogaritni fuqinë në dalje të stacionit, kur intensiteti i rrymës që jep ai është 40kA.

Llogaritja e energjisë

Me ndihmën e formulave të mësipërme mund të llogarisim energjinë e transferuar në një qark. Kujtojmë se fuqia është energjia e transferuar në njësinë e kohës, ndaj:

$$W = P\Delta t = VI\Delta t = I^2 R\Delta t = \frac{V^2}{R}\Delta t$$

Në sistemin Si kjo na jep energjinë e transferuar në xhul. Barazimi i mësipërm njihet me emrin **ligji Xhul—Lenc**.

Siguresat

Siguresat janë pajisje që vendosen në qarqet elektrike për të mbrojtur instalimet nga rrymat e mëdha. P.sh., siguresat e shtëpisë mund të “digjen”, nëse intensiteti i rrymës që kalon në to rritet shumë. Rrymat e mëdha bëjnë që telat të nxehen shumë dhe kjo mund të shkaktojë dëmtime të tyre, avuj të dëmshëm nga shkrirja e plastikës izoluese e madje dhe zjarre.

Siguresat (figura 13.16) zakonisht kanë të shënuar rrymën maksimale që ato lejojnë të kalojnë nëpër to. Brenda fishekut të siguresës ndodhet një tel i hollë, i cili nxehet dhe shkrin kur rryma kapërcen një vlerë të dhënë. Kështu ndodh shkëputja e qarkut dhe rrymave të rrezikshme. Shembulli i zgjidhur 7 tregon si të zgjidhni siguresën e duhur.

PYETJE

- 19 Soba elektrike, si rregull, lidhet me rrjetin më vete nga pajisjet e tjera, sepse ajo kërkon rrymë të madhe. Një sobë ka të shkruar 10kW, 220V.
- a Llogaritni intensitetin e rrymës në sobë, kur ajo është plotësisht në punë.
- b Çfarë siguresë do të zgjidhni për këtë sobë?

SHEMBUJ TË ZGJIDHUR



Figura 13.16 Siguresa të ndryshme.

PYETJE

- 20 Një makinë llogaritëse ushqehet nga një bateri 3.0V. Rezistenca e saj është 20kΩ. Llogaritni fuqinë që konsumon makina llogaritëse.
- 21 Një llambë që kursen energji ka shënimet "220V, 15W". Kjo do të thotë se, kur lidhet në rrjet me tension 220V, ajo shndërron energjinë elektrike në nxehtësi dhe dritë me shpejtësi 15W. Llogaritni:
- intensitetin e rrymës që rrjedh nëpër llambë kur ajo është në punë;
 - rezistencën e saj.
- 22 Llogaritni rezistencën e një llambe me fuqi 100W, e cila, kur lidhet në rrjet (me tension 220V), merr rrymën me intensitet 0.43A.
- 23 Një bateri makinash me f.e.m. 12V mund të japë rrymën me intensitet 10A për 5.0 orë. Llogaritni sa energji jep bateria gjatë kësaj kohe.
- 24 Një llambë qëndron e ndezur për 20s. Rryma që kalon nëpër të është 10A. Gjatë kësaj kohe ajo transferon 400J energji tek llamba. Llogaritni:
- sasinë e ngarkesës që rrjedh nëpër llambë;
 - sa energji transferon në llambë çdo Kulon ngarkesë;
 - diferencën e potencialeve në skajet e llambës.

- 6 a Një stacion elektrik jep 20MW fuqi me tension 200kV. Llogaritni rrymën që kalon nëpër tela.

Hapi 1 Njohim P dhe V e duam të gjejmë I , ndaj shfrytëzojmë formulën $P = VI$.

Hapi 2 Nga formula e mësipërme nxjerrim rrymën dhe zëvendësojmë vlerat e kryejmë llogaritjet:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{20 \cdot 10^6}{200 \cdot 10^3} = 100 \text{ A}$$

Pra, rryma në dalje të stacionit është 100A.

- b Gjatësia e një kablli me rezistencë $0.20 \Omega \text{ km}^{-1}$ (pra, një kilometër kabëll e ka rezistencën 0.20Ω) është 15km. Sa fuqi shkon dëm si nxehtësi në këtë kabëll?

Hapi 1 Llogarisim rezistencën e kabllit:

$$R = 15 \text{ km} \cdot 0.20 \Omega \text{ km}^{-1} = 3.0 \Omega$$

Hapi 2 Tashmë njohim I e R dhe duam të gjejmë P . Mund të përdorim formulën $P = I^2 R$:

fuqia që shndërrohet në nxehtësi:

$$P = I^2 R = 100^2 \cdot 3.0 = 3.0 \cdot 10^4 \text{ W} = 30 \text{ kW}$$

Nga 20MW fuqi që jep stacioni elektrik, 30kW, pra rreth 0.15% e fuqisë, shkon dëm.

- 7 Një çajnik elektrik ka fuqi 2.5kW dhe punon në tension 220V. Zgjidhni siguresën e përshtatshme për prizën që përdor ky çajnik. Siguresat që kemi janë për rrymat 1A, 5A, 13A, 30A.

Hapi 1 Llogarisim intensitetin e rrymës në çajnik, kur ai funksionon normalisht:

$$P = VI \Rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{2500}{230} \cong 10.9 \text{ A}$$

Hapi 2 Tani e dimë se rryma në çajnik është 11.4A. Duhet të zgjedhim një siguresë që mban një rrymë pak më të madhe se kjo. (Po që se zgjedhim siguresën 30A, ajo do të lejojë më shumë se dyfishin e rrymës së punës pa u djegur, gjë që nuk na siguron mbrojtje të mirë.) Pra, duhet të zgjedhim siguresën që mban 13A.

Përmbledhje

- Rryma elektrike është shpejtësia e rrjedhjes së ngarkesës, pra sasia e ngarkesës që rrjedh në njësinë e kohës. Tek metalet kjo i detyrohet zhvendosjes së elektroneve. Në elektrolit kemi zhvendosje të joneve pozitive dhe negative.
- Kahu i rrymës konvencionale është nga poli pozitiv tek ai negativ; elektronet zhvendosen nga poli negativ drejt atij pozitiv.
- Njësia e ngarkesës në sistemin SI është Kuloni (C). Një Kulon është ngarkesa që kalon nëpër një prerje tërthore të përcjellësit, kur rryma prej 1A rrjedh për 1s.
 $\Delta Q = I\Delta t$
- Forca elektromotore (f.e.m.) e një burimi është e barabartë me energjinë e fituar nga ngarkesa njësi kur ajo përshkon gjithë qarkun, nga poli pozitiv tek ai negativ i burimit.
- 1 Volt është 1J për 1C: $1V = 1JC^{-1}$.
- Rezistenca është raporti i tensionit me intensitetin e rrymës: $R = V/I$.

- Rezistenca e një komponenti është 1Ω , kur diferenca e potencialeve prej 1V e zbatuar në skajet e tij prodhon rrymën 1A.
- Themi se një përcjellës i bindet ligjit të Omit, nëse intensiteti i rrymës që kalon në të është në përpjesëtim të drejtë me diferencën e potencialeve në skajet e tij.
- Me rritjen e temperaturës së metaleve rritet edhe rezistenca e tyre.
- Rezistenca e një teli jepet nga $R = \rho L/S$, ku ρ është rezistenca specifike e materialit nga i cili përbëhet teli, L është gjatësia e tij dhe S është sipërfaqja e prerjes tërthore të telit.
- Fuqia është shpejtësia e transferimit të energjisë. Ajo jepet si produkt i tensionit me intensitetin e rrymës: $P = VI$.
- Fuqia e zhvilluar në rezistencën R jepet nga: $P = I^2R$ ose $P = V^2/R$
- Energjia e transferuar në qark gjatë kohës Δt jepet nga: $W = P\Delta t$

Pyetje për kapitullin

- 1 Llogaritni ngarkesën që kalon nëpër një llambë kur në të rrjedh rryma 150mA për 40 minuta. [3]
- 2 Një gjenerator prodhon rrymën 40A. Sa kohë duhet që në qark të kalojë ngarkesa 2000C? [2]
- 3 Kur bie rrufeja, e cila zgjat për 2ms, rryma mesatare është 30kA. Llogaritni sasinë e ngarkesës që transferohet nga retë në tokë gjatë këtij procesi. [3]
- 4
 - a Një llambë me rezistencë 15Ω lidhet me një bateri me f.e.m. 4.5V. Llogaritni intensitetin e rrymës që kalon në llambë. [2]
 - b Llogaritni rezistencën e filamentit të një ngrohësi elektrik, i cili merr rrymën 6.5A kur lidhet në rrjet me tension 220V. [2]
 - c Llogaritni tensionin që nevojitet për të patur rrymën 2.4A në një rezistencë prej 3.5Ω . [2]
- 5 Një bateri me f.e.m. 6V jep një rrymë konstante me intensitet 2.4A për 10 minuta. Llogaritni:
 - a ngarkesën që furnizon bateria; [2]
 - b energjinë që transferon ajo. [2]
- 6 Një grua ka në dispozicion siguresa 1A, 3A, 5A, 10A dhe 13A. Shpjegoni cilën nga këto siguresa duhet të përdorë për një tharëse flokësh me fuqi 450W që punon në tension 120V. [3]

- 7 Figura 13.17 paraqet një tub katodik. Elektronet që zhvendosen nga katoda drejt anodës formojnë një rrymë. Ampermetri tregon 4.5mA.

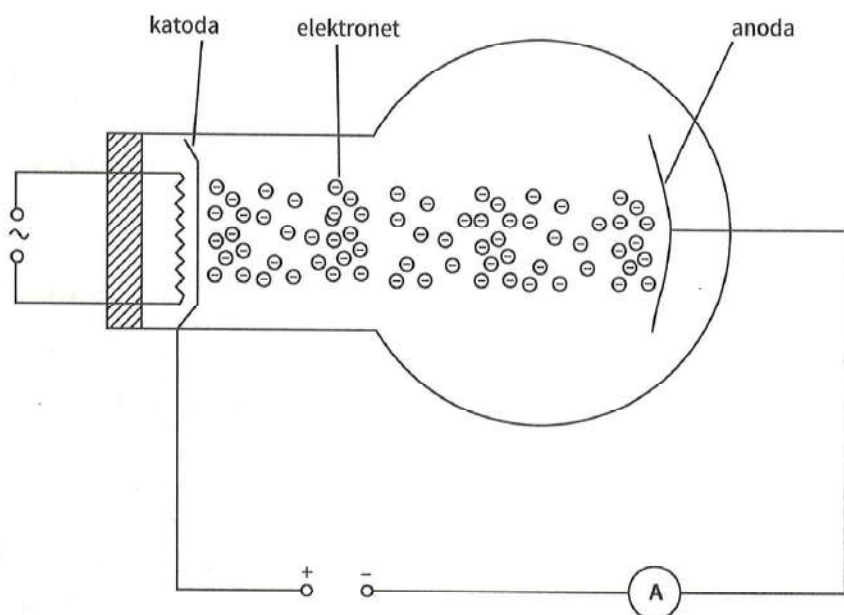


Figura 13.17 Për pyetjen 7.

- a Llogaritni ngarkesën që kalon nëpër ampermetër në 3 minuta. [3]
- b Llogaritni numrin e elektroneve që godasin anodën në 3 minuta. [3]
- c Diferenca e potencialeve ndërmjet anodës dhe katodës është 75V. Llogaritni energjinë që fiton elektroni kur ai kalon nga katoda tek anoda. [2]
- 8 a Shpjegoni ndryshimin ndërmjet diferencës së potencialeve dhe forcës elektromotore. [2]
- b Një bateri ka rezistencë të brendshme të papërfillshme, f.e.m. 12.0V dhe kapacitet 100Ah (Amper-orë). Pra ajo është në gjendje të na japë rrymën 1A për 100 orë. Llogaritni:
- i ngarkesën e plotë që mundet të na japë ajo; [2]
- ii energjinë e plotë që mundet të transferojë bateria. [2]
- c Bateria lidhet me një llambë me fuqi 27W. Llogaritni rezistencën e llambës. [3]
- 9 Grafiku i figurës 13.18 paraqet karakteristikën rrymë—tension të një komponenti elektrik.

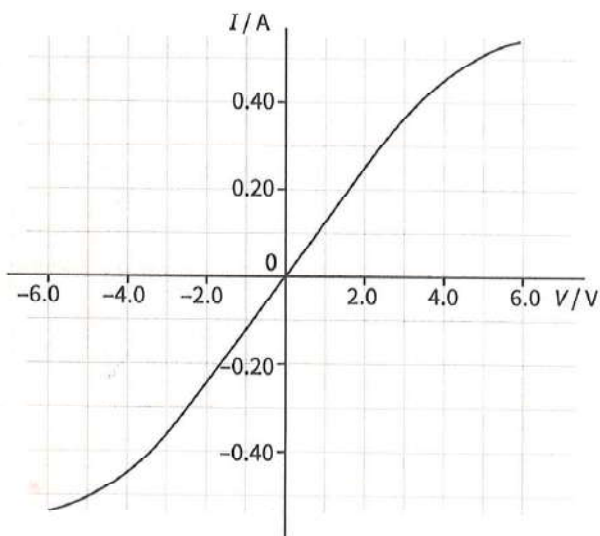


Figura 13.18 Për pyetjen 9.

a Llogaritni rezistencën e komponentit kur diferenca e potencialeve në skajet e tij është:

i 2.0V

ii 5.0V.

b Cili komponent është ky?

[2]

[1]

[1]

→ 10 Një tel nikromi e ka gjatësinë 1.5m dhe sipërfaqen e prerjes tërthore 0.080 mm^2 .

a Llogaritni rezistencën e telit.

b Llogaritni gjatësinë e këtij teli që do të duhej për të marrë rezistencën 30Ω .

[2]

[2]

→ 11 a Shpjegoni pse rezistenca e metaleve rritet me temperaturën.

b Thoni dy faktorë që përcaktojnë rezistencën e një cope tel.

c Kur në skajet e një teli bakri me gjatësi 5.0m zbatohet diferenca e potencialeve 1.5V, në të rrjedh rrymë me intensitet 0.24A.

i Llogaritni rezistencën e telit të bakrit.

ii Llogaritni sipërfaqen e prerjes tërthore të tij.

d Tani telin e bëjmë shuk. Shpjegoni si prisni të ndryshojë rryma që kalon në të.

[2]

[2]

[2]

[3]

[3]

12 Figura 13.19 paraqet një copë silic me gjerësi 32mm dhe gjatësi 36mm. Rezistenca e kësaj cope e matur ndërmjet pikave P e Q është $1.1 \text{ M}\Omega$.

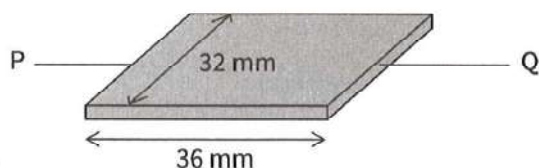


Figura 13.19 Për pyetjen 12.

a Llogaritni trashësinë e copës së silicit.

b Llogaritni intensitetin e rrymës që kalon nëpër të, kur tensioni ndërmjet P e Q është 12V.

[3]

[2]

13 a Shpjegoni çfarë kuptojmë me përcjellës omik.

b i Skiconi grafikun e rezistencës R kundrejt tensionit V për një tel hekuri të pastër që mbahet në temperaturë konstante.

ii Skiconi grafikun e rezistencës R kundrejt tensionit V për një tel tjetër hekuri jo të pastër, me gjatësi e diametër të njëjtë me të parin, kur ky mbahet në të njëjtën temperaturë

iii Shpjegoni si do të ndryshonin këta grafikë, nëse dy telat do të mbaheshin në një temperaturë më të lartë, por sërish konstante.

c Si do të ndryshonte rezistenca e telit prej hekuri të pastër, po qe se dyfishojmë gjatësinë dhe diametrin e tij.

[2]

[1]

[1]

[2]

[3]

14 Për të llogaritur faturat e energjisë, përdoret një njësi e energjisë që quhet kilovat-orë (kWh). 1kWh është energjia që transferon një pajisje me fuqi 1kW në një orë.

a Tregoni se 1kWh është i barabartë me 3.6MJ.

b Një ngrohës elektrik uji ka të dhënat 220V, 9.5kW.

i Llogaritni rrymën që merr ai nga rrjeti.

ii Pse ngrohësi kërkon një qark të veçantë nga pajisjet e tjera.

iii Çfarë rryme duhet të përballojë siguresa që do të vendoset në këtë qark.

c Llogaritni sasinë e energjisë së transferuar kur një djalë e ndez ngrohësin për 5 minuta.

[2]

[2]

[1]

[1]

[2]



Kapitulli 14: Qarqet elektrike

Rezultatet e të nxënit

Duhet të jeni në gjendje të:

- përdorni ligjet e Kirkofit;
- të nxirni formulat e rezistencës së njëvlershme të dy apo më shumë rezistencave të lidhura në seri dhe në paralel;
- dini se ampermetrat lidhen në seri në qark, ndaj duhet të kenë rezistencë të vogël;
- dini se voltmetrat lidhen në paralel, ndaj duhet të kenë rezistencë të madhe;
- shpjegoni efektet e rezistencës së brendshme të baterisë mbi diferencën e potencialeve ndërmjet poleve të saj.

Projektimi i qarqeve

Ndër vite qarqet elektrike janë bërë gjithnjë e më të ndërlikuara; ato përmbajnë gjithnjë e më shumë komponentë, në mënyrë që të kryejnë detyra gjithnjë e më precize (figura 14.1). Si rregull këto qarqe përmbajnë burime rryme, pajisje sensore, pjesëtues potenciali dhe pajisje dalje. Dikur projektuesit e qarqeve niseshin nga qarqe të thjeshta, të cilat i modifikonin gradualisht, derisa mbërrinin rezultatin e dëshiruar. Sot, kur qarqet përmbajnë qindra e mijëra komponente, kjo është e pamundur.

Sot inxhinierët elektronikë shfrytëzojnë programe kompjuterike për projektimin e qarqeve; këto

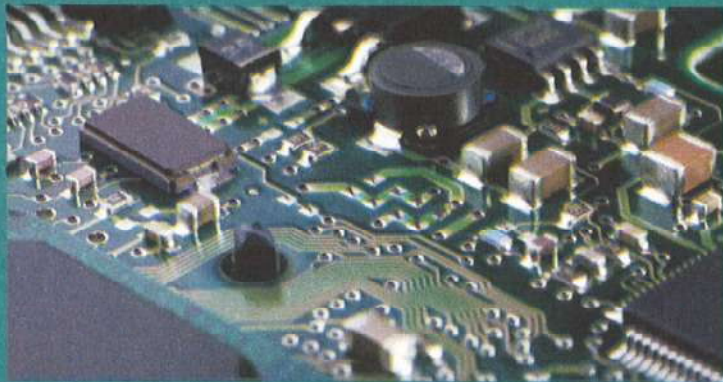


Figura 14.1 Një qark elektronik i ndërlikuar: ky është bordi që kontrollon diskun e kompjuterit.

programe mund të përlogarisin efektin e kombinimit të komponenteve të ndryshme. Kjo bëhet e mundur vetëm sepse kompjuterat programohen me ndihmën e ekuacioneve që përshkruajnë sjelljen e rrymës dhe tensionit në qark. Këto ekuacione, ndër të cilat janë ligji i Omit dhe ato të Kirkoftit, u shkruan në shekullin XVIII, por vetëm në shekullin XXI ata shfrytëzohen plotësisht, duke u përdorur në sistemet e projektimit me ndihmën e kompjuterave.



Figura 14.2 Një inxhinier kompjuterash përdor programe projektimi për të projektuar një qark që do të jetë pjesë e një mikroprocesori, pajisja që ndodhet në zemrën e çdo kompjuteri..

Ligji i parë i Kirkoftit

Me siguri ju duket e natyrshme që aty ku qarku ndahet në dy degë, ndahet edhe rryma ndërmjet këtyre degëve. P.sh. një rrymë me intensitet 5.0A mund të ndahet në dy rryma me intensitete 2.0A e 3.0A. Pas ndarjes, shuma e intensiteteve është e barabartë me intensitetin e rrymës para ndarjes. Askush nuk pret që një pjesë e rrymës të zhduket apo që nga asgjëja të na shfaqet ndonjë rrymë. Kjo është baza e **ligjit të parë të Kirkoftit**, i cili thotë se:

Shuma e intensiteteve të rrymave që hyjnë në një pikë çfarëdo të qarkut është e barabartë me shumën e intensiteteve të rrymave që dalin nga ajo pikë.

Kjo ilustron në figurën 14.3. Në pjesën e parë, rryma që hyn në pikën P duhet të jetë e barabartë me rrymën që del, ndaj:

$$I_1 = I_2$$

Në pjesën e dytë kemi një rrymë që hyn në pikën Q dhe dy rryma që dalin nga ajo pikë. Pra, rryma ndahet në pikën

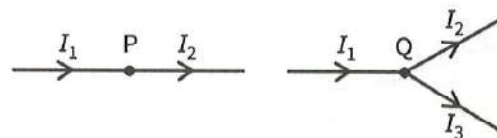


Figura 14.3 Ligji i parë i Kirkoftit: rryma ruhet, sepse ruhet ngarkesa

Q. Ligji i parë i Kirkoftit jep:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

Ligji i parë i Kirkoftit është shprehje e **ligjit të ruajtjes së ngarkesës**. Sasia e ngarkesës që hyn në një pikë duhet edhe të dalë prej saj. Ky ligj mund të testohet duke lidhur ampermetra në pika të ndryshme të qarkut, ku rryma ndahet në dy apo më shumë degë. Kujtojmë se ampermetrat lidhen në seri, sepse rryma që masim duhet të kalojë nëpër të.

PYETJE

- 1 Me ndihmën e ligjit të parë të Kirkofit, gjeni intensitetin e rrymës I në figurën 14.4.

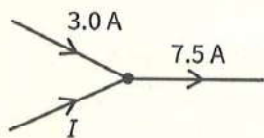


Figura 14.4 Për pyetjen 1.

- 2 Llogaritni intensitetin e rrymës në degën X në figurën 14.5. Tregoni kahun e kësaj rryme (hyn tek P apo del prej saj).

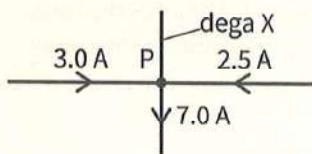


Figura 14.5 Për pyetjen 2.

Shprehja formale e ligjit të parë të Kirkofit

Ligjin e parë të Kirkofit mund ta shkruajmë në formën e një barazimi:

$$\sum I_{\text{hyrëse}} = \sum I_{\text{dalëse}}$$

Simboli Σ (shkronja greke sigma) ka kuptimin “shuma e gjithë” pra, barazimi i mësipërm lexohet: shuma e të gjitha rrymave hyrëse në një pikë është e barabartë me shumën e të gjitha rrymave dalëse prej saj”. Këto janë barazimet që përdoren nga programet kompjuterike për të parashikuar sjelljen e qarqeve të ndërlikuara.

PYETJE

- 3 Llogaritni $\sum I_{\text{hyrëse}}$ and $\sum I_{\text{dalëse}}$ në figurën 14.6. A kënaqet ligji i parë i Kirkofit?

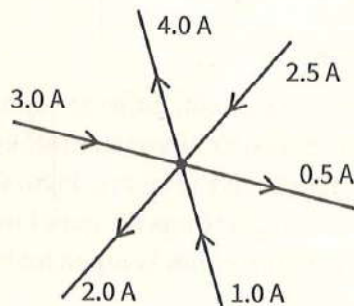


Figura 14.6 Për pyetjen 3.

Ligji i dytë i Kirkofit

Ky ligj merret me forcat elektromotore dhe tensionet në qark. Fillimisht shqyrtojmë një qark të thjeshtë, i cili përmban një pilë dhe dy rezistenca R_1 e R_2 (figura 14.8). Meqë ky është një qark i thjeshtë në seri, rryma I duhet të jetë kudo e njëjtë dhe nuk kemi nevojë të përdorim ligjin e parë të Kirkofit. Për këtë qark mund ta shkruajmë barazimin e mëposhtëm:

$$E = IR_1 + IR_2$$

pra, forca elektromotore e pilës është e barabartë me shumën e diferencave të potencialeve në skajet e rezistencave

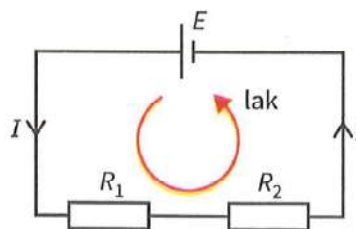


Figura 14.8 Një qark i thjeshtë në seri.

Barazimi i mësipërm nuk na çudit. Por ajo që nuk e dinit është se ai vjen nga zbatimi i **ligjit të dytë të Kirkofit** për këtë qark. Ky ligj thotë se:

Shuma e forcave elektromotore për qark çdo laku në qark është e barabartë me shumën e diferencave të potencialeve në këtë lak.

- 4 Me ndihmën e ligjit të parë të Kirkofit, gjeni intensitetin dhe kahun e rrymës I në figurën 14.7.

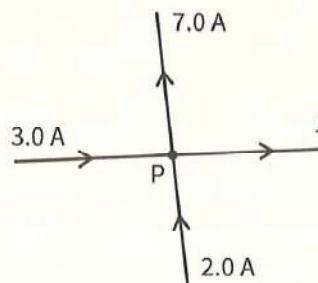


Figura 14.7 Për pyetjen 4.

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 1 Me ndihmën e ligjeve të Kirkoftit, gjeni intensitetin e rrymës në qarkun e figurës 14.9.

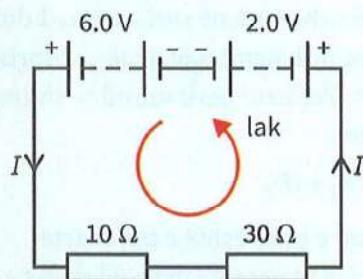


Figura 14.9 Një qark me dy bateri të lidhura mbrapsht.

Hapi 1 Llogarisim shumën e f.e.m.:

$$\Sigma E = 6.0 - 2.0 = 4.0V$$

Bateritë janë lidhur mbrapsht (kundërshtojnë njëra—tjetrën), ndaj f.e.m. e njëres prej tyre duhet ta konsiderojmë si negative

Hapi 2 Llogarisim shumën e diferencave të potencialeve:

$$\Sigma V = I \cdot 10 + I \cdot 30 = 40I$$

Hapi 3 I barazojmë:

$$4.0 = 40I \Rightarrow I = 0.1A$$

Padyshim që këtë problem mund ta kishit zgjidhur pa zbatuar formalisht ligjin e dytë të Kirkoftit, por do të shihni se kur problemat janë më të ndërlikuara, përdorimi i këtyre ligjeve ju ndihmon të shmangni gabimet.

Më vonë do të shihni se ligji i dytë i Kirkoftit është shprehje e ruajtjes së energjisë. Fillimisht do të shohim një shembull tjetër të zbatimit të këtij ligji e më pas në zbatimin e tij në rastin e përgjithshëm.

Zbatimi i ligjeve të Kirkoftit

Figura 14.11 paraqet një qark më të ndërlikuar, i cili ka më shumë se një “lak”. Edhe ky qark përmban dy bateri dhe dy rezistenca. Kërkohet të gjejmë rrymën në secilën prej rezistencave. Procedura e zgjidhjes ka disa hapa; shembulli i zgjidhur 2 ju tregon si zgjidhen këto problema.

PYETJE

- 5 Me ndihmën e ligjit të dytë të Kirkoftit, gjeni diferencën e potencialeve në skajet e rezistencës R në qarkun e mëposhtëm (figura 14.10), e prej këtu gjeni rezistencën R . (Pranojmë se rezistenca e brendshme e baterisë është e papërfillshme.)

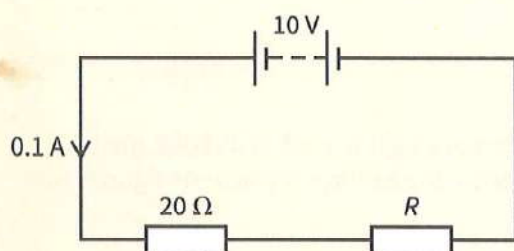


Figura 14.10 Për pyetjen 5.

Njëlloj siç bëmë me ligjin e parë, ligjin e dytë të Kirkoftit mund ta shkruajmë në formën:

$$\Sigma E = \Sigma V$$

ku ΣE është shuma e forcave elektromotore dhe ΣV është shuma e diferencave të potencialeve.

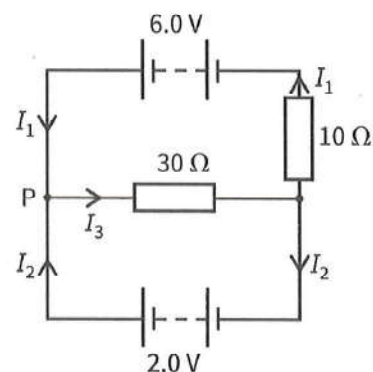


Figura 14.11 Për të gjetur rrymat në këtë qark, duhet të përdorim ligjet e Kirkoftit.

Kahet dhe shenjat

Kur zbatojmë ligjin e dytë të Kirkoftit, duhet të bëjmë kujdes. Duhet të mbajmë parasysh mënyrën e lidhjes së forcave elektromotore dhe kahun e rrymave. Figura 14.12 e ilustron këtë me një lak të nxjerrë nga një qark i madh e i ndërlikuar. Aty janë paraqitur vetëm komponentët dhe rrymat e këtij laku.

Forcat elektromotore

Nisemi nga pila me f.e.m. E_1 dhe qarkullojmë në kahun kundërorar (sepse E_1 e “shtyn” rrymën në atë kah):

- 2 Llogaritni intensitetin e rrymës në secilën prej rezistencave të qarkut të figurës 14.11.

Hapi 1 Shënojmë dhe emërtojmë rrymat që rrjedhin në secilën nga degët e qarkut. Në diagram janë paraqitur I_1 , I_2 dhe I_3 .

Udhëzime:

- 1 Degë e qarkut quhet gjithçka që ndodhet (gjithë komponentët) ndërmjet dy nyjeve.
- 2 Nuk ka rëndësi kahu që zgjedhim për rrymat. Nëse kahu është gabim, atëherë rryma përkatëse në fund do të na dalë negative.

Hapi 2 Zbatojmë ligjin e parë të Kirkofit. Në pikën P ai merr formën:

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (1)$$

Hapi 3 CZgjedhim një lak dhe aty zbatojmë ligjin e dytë të Kirkofit. Në lakun e sipërm marrim:

$$6.0 = I_3 \cdot 30 + I_1 \cdot 10 \quad (2)$$

Hapi 4 Përsërisim hapin 3 në leqet e tjerë, derisa numri i ekuacioneve të jetë i barabartë me numrin e rrymave të panjohura. Në lakun e poshtëm marrim:

$$2.0 = I_3 \cdot 30 \quad (3)$$

Tani kemi tre ekuacione dhe tre të panjohura (tri rrymat).

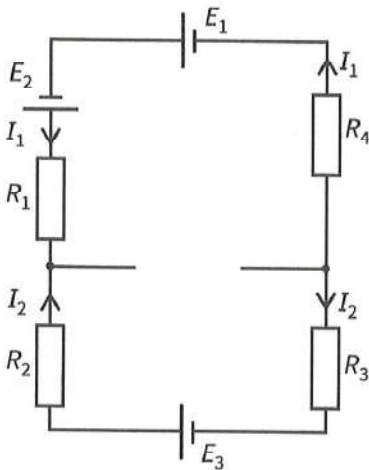


Figura 14.12 Një lak i marrë nga një qark i ndërlikuar.

$$\Sigma E = E_1 + E_2 - E_3$$

Vini re se E_3 kundërshton dy f.e.m e tjera.

Diferencat e potencialeve

Duke u nisur nga e njëjta pikë dhe duke qarkulluar sërish në kahun kundërorar, marrim:

$$\Sigma V = I_1 R_1 - I_2 R_2 - I_2 R_3 + I_1 R_4$$

Vërejmë se I_2 rrjedh në kahun orar, ndaj diferencat e potencialeve që krijon ajo janë negative.

Hapi 5 Zgjidhim sistemin e tre ekuacioneve. Në këtë rast zgjidhja është e lehtë. Ekuacioni i tretë na jep $I_3 = 0.067$ A. Nga zëvendësimi i kësaj vlere në ekuacionin e dytë, marrim $I_1 = 0.400$ A. Tani mund të gjejmë I_2 nga zëvendësimi në ekuacionin e parë:

$$I_2 = I_3 - I_1 = 0.067 - 0.400 = -0.333 \text{ A} \approx -0.33 \text{ A}$$

Pra I_2 është negative; kjo do të thotë se kahu i saj është i kundërt me atë të treguar në figurën 14.11.

Dy vërejtje: Qarku ka edhe një nyje tjetër, por zbatimi i ligjit të parë të Kirkofit në atë nyje jep të njëjtin ekuacion me atë të marrë në nyjën P, sepse rrymat që dalin nga P hyjnë në nyjën përballë dhe anasjelltas. Në përgjithësi, nëse qarku ka n nyje, numri i ekuacioneve të pavarura që merren nga zbatimi i ligjit të parë të Kirkofit është $n-1$. Ky qark ka edhe një lak tjetër: ligjin e dytë të Kirkofit mund ta kishim zbatuar edhe në lakun e jashtëm të qarkut. Kjo do të na jepte një ekuacion të katërt:

$$6 - 2 = I_1 \cdot 10$$

Por ky ekuacion nuk do të ishte i pavarur, sepse ai merret duke zbritur ekuacionin 3 nga ekuacioni 2. Në përgjithësi, nëse një qark ka m leqe, numri i ekuacioneve të pavarura që merren nga zbatimi i ligjit të dytë të Kirkofit në të është $m-1$.

PYETJE

- 6 Për të gjetur intensitetin e rrymës I në qarkun e figurës 14.13 mund të përdorim ligjin e dytë të Kirkofit. Zgjedhja e lakut të duhur na e thjeshton shumë punën.
- a Cilin lak të qarkut do të zgjidhnit ju?
 - b Llogaritni intensitetin e rrymës I .

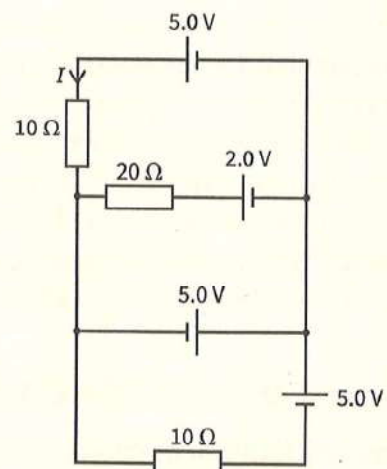


Figura 14.13 Zgjedhja e kujdesshme e lakut të duhur ju lehtëson zgjidhjen e problemave. Për pyetjen 6.

PYETJE

- 7 Me ndihmën e ligjit të dytë të Kirkofit, gjeni rezistencën R të paraqitur në qarkun e figurës 14.14.

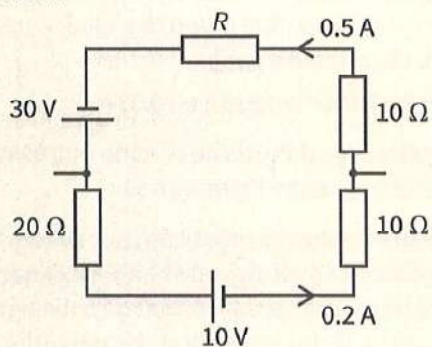


Figura 14.14 Për pyetjen 7.

Ruajtja e energjisë

Ligji i dytë i Kirkofit është manifestim i ligjit të ruajtjes së energjisë. Nëse një ngarkesë prej $1C$ zhvendoset në qark, ajo fiton energji kur kalon nëpër një bateri dhe humbet energji kur kalon nëpër një diferencë potencialesh. Kur ngarkesa përshkon gjithë qarkun, duke përfunduar në pikën e nisjes, ajo duhet të ketë të njëjtën energji që kishte kur u nis. (Përndryshe do të mundeshim të krijojmë energji nga hiçi, thjesht duke zhvendosur ngarkesa nëpër qark.) Prandaj energjia e fituar nga ngarkesa kur ajo kalon nëpër burime të f.e.m. është e barabartë me energjinë e humbur kur ajo kalon nëpër diferencat e potencialeve: Kujtojmë se f.e.m. në Volt është thjesht energjia që fiton $1C$ ngarkesë kur ajo kalon përmes burimit. Po ashtu, diferenca e potencialeve është energjia e humbur nga $1C$ kur kjo ngarkesë kalon përmes një komponenti. Atëherë ligji i dytë i Kirkofit pohon thjesht se energjia e fituar nga $1C$ është e barabartë me energjinë e humbur nga kjo ngarkesë kur ajo përshkon lakun.

Ja edhe një mënyrë tjetër për ta kuptuar forcën elektromotore: Një pilë $1.5V$ i jep energjinë $1.5J$ ngarkesës $1C$ që kalon përmes saj. Ngarkesa zhvendoset nëpër qark, duke e transferuar energjinë e saj tek komponentët e qarkut. Pasoja është se, duke e detyruar ngarkesën $1C$ të zhvendoset nëpër qark, pila i jep asaj $1.5J$ energji. Pra, forca elektromotore e një burimi na tregon thjesht sasinë e energjisë që ai i jep ngarkesës $1C$ kur ai e bën atë të përshkojë qarkun.

Kombinimet e rezistencave

Më parë i keni mësuar formulat që na japin rezistencën e njëvlershme R të dy apo më shumë rezistencave të lidhura në seri apo paralel. Për t'i nxjerrë këto formula, shfrytëzojmë ligjet e Kirkofit.

PYETJE

- 8 Me idenë e energjisë që fitohet dhe humbet nga ngarkesa $1C$, shpjegoni pse dy bateri $6V$ -tëshe të lidhura në seri japin një f.e.m. të barabartë me $12V$ ose 0 , kurse kur lidhen në paralel, ato japin një f.e.m. prej $6V$.
- 9 Me ndihmën e ligjeve të Kirkofit, përcaktoni tregimet e ampermetrave A_1 , A_2 e A_3 në qarkun e figurës 14.15.

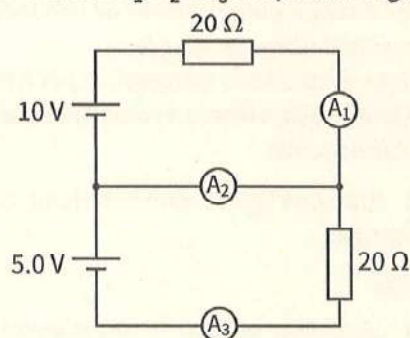


Figura 14.15 Ligjet e Kirkofit na mundësojnë të parashikojmë tregimet e ampermetrave.

Rezistencat në seri

Shqyrtojmë dy rezistenca R_1 e R_2 të lidhura në seri (figura 14.16). Sipas ligjit të parë të Kirkofit, rrymat që kalojnë në këto rezistenca janë të njëjta. Diferenca e potencialeve V në skajet e kombinimit të dy rezistencave është e barabartë me shumën e diferencave të potencialeve në skajet e secilës prej tyre:

$$V = V_1 + V_2$$

Meqë $V = IR$, $V_1 = IR_1$ dhe $V_2 = IR_2$, shkruajmë:

$$IR = IR_1 + IR_2$$

Pasi thjeshtojmë faktorin e përbashkët I , marrim:

$$R = R_1 + R_2$$

Kur kemi dy apo më shumë rezistenca të lidhura në seri, formula e mësipërme merr formën:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

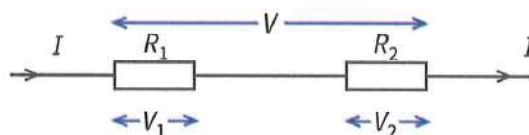


Figura 14.16 Rezistenca të lidhura në seri.

PYETJE

- 10 Llogaritni rezistencën e njëlshme të dy rezistencave nga 5Ω dhe një rezistence 10Ω të lidhura në seri.
- 11 F.e.m. e pilës së figurës 14.17 është $2.0V$. Diferenca e potencialeve në skajet e njëres nga llambat është $1.2V$. Përcaktoni diferencën e potencialeve në skajet e llambës tjetër.

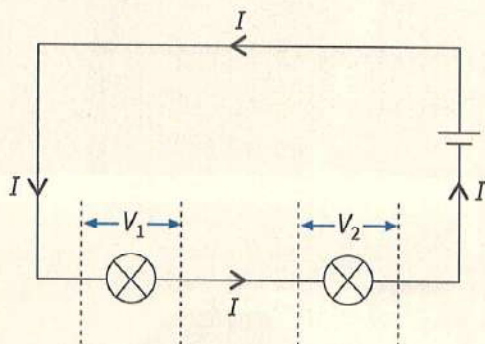


Figura 14.17 Qarku i pyetjes 11.

- 12 Keni pesë pila me f.e.m. $1.5V$ secila. Si do t'i lidhnit të gjitha ato në seri, për të marrë një f.e.m. prej:
a $7.5V$? **b** $1.5V$? **c** $4.5V$?

Rezistencat në paralel

Kur kemi dy rezistenca R_1 e R_2 të lidhura në paralel (figura 14.18), rryma ndahet ndërmjet tyre. Ndaj ligji i parë i Kirkoftit shkruhet në formën:

$$I = I_1 + I_2$$

Po të zbatojmë ligjin e dytë të Kirkoftit në lakun që përmban dy rezistencat, kemi:

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 = 0V$$

(sepse në lak nuk ka burim f.e.m.)

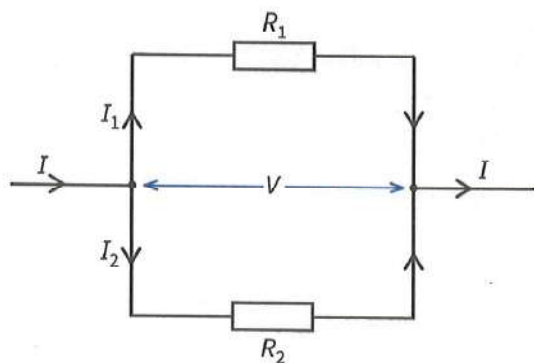


Figura 14.18 Rezistenca të lidhura në paralel.

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2}$$

Këtë e zëvendësojmë në shprehjen e ligjit të parë të Kirkoftit për këtë rast, dhe pasi thjeshtojmë faktorin e përbashkët V marrim:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Kur kemi lidhur tre apo më shumë rezistenca në paralel, barazimi i mësipërm merr formën:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Pra, kur rezistencat lidhen në paralel:

- diferenca e potencialeve në skajet e tyre është e njëjtë;
- rryma ndahet ndërmjet tyre;
- rezistenca e njëlshme llogaritet me formulën e të anasjellave.

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 3 Dy rezistenca nga 10Ω lidhen në paralel. Llogaritni rezistencën e njëlshme të tyre.

Hapi 1 Kemi $R_1 = R_2 = 10\Omega$, prandaj:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5}$$

Hapi 2 Duke i përmbytur të dyja anët e barazimit, marrim $R = 5\Omega$.

Kujdes! Mos harroni të bëni veprimin e fundit. (Gjithashtu, asnjëherë mos shkruani $\frac{1}{R} = \frac{1}{5} = 5\Omega$, sepse kështu thoni që $\frac{1}{5} = 5$).

PYETJE

- 13 Llogaritni rezistencën e njëvlershme të katër rezistencave nga 10Ω të lidhura në paralel.
- 14 Llogaritni rezistencat e kombinimeve që vijnë:
 a 100Ω dhe 200Ω në seri.
 b 100Ω dhe 200Ω në paralel.
 c 100Ω dhe 200Ω në seri dhe e gjithë kjo në paralel me 200Ω .
- 15 Llogaritni intensitetin e rrymës në qark, kur një bateri $12V$ me rezistencë të brendshme të papërfillshme lidhet me:
 a Një rezistencë 500Ω .
 b Dy rezistenca 500Ω dhe 1000Ω të lidhura në seri.
 c Dy rezistenca 500Ω dhe 1000Ω të lidhura në paralel.
- 16 Ju jepen një rezistencë 200Ω dhe dy rezistenca 100Ω . Cilat janë rezistencat e njëvlershme që mund të merrni, po të lidhni disa, asnjë ose të gjitha këto rezistenca në kombinime të ndryshme?

Zgjidhja e problemave me qarqe në paralel

Po rendisim disa fakte që mund t'ju ndihmojnë për të zgjidhur problema me qarqe në paralel (ose për të kontrolluar nëse rezultatet që keni marrë duken të arsyeshme).

- Kur dy apo më shumë rezistenca janë të lidhura në paralel, rezistenca e tyre e njëvlershme është më e vogël se secila prej rezistencave të veçuara. Kjo ndodh sepse, kur i lidhim rezistencat në paralel, rryma ka më shumë rrugë në dispozicion. Me që rezistenca e njëvlershme është më e vogël se secila prej rezistencave të veçuara, lidhja e tyre në paralel do të rrisë rrymën në qark. Figura 14.19 tregon rreziqet që mund të krijojë lidhja në paralel e shumë pajisjeve elektrike.
- Kur komponentët lidhen në paralel, diferenca e potencialeve në skajet e tyre është e njëjtë. Kjo do të thotë që pjesët e qarkut që nuk na duhen në llogaritjet tona mund të injorohen.
- Në mënyrë të ngjashme, për rezistencat në paralel mund të llogarisim rrymën që kalon në secilën prej tyre e pastaj t'i mbledhim këto rryma, për të marrë rrymën e plotë. Kjo mund të jetë më e lehtë se llogaritja e rezistencës së njëvlershme me formulën e të anasjellave. (Kjo ilustron në pyetjen 19.)

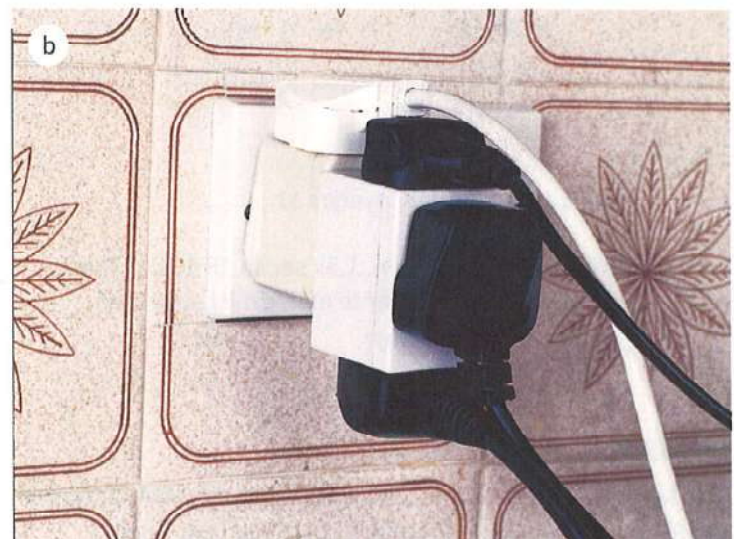
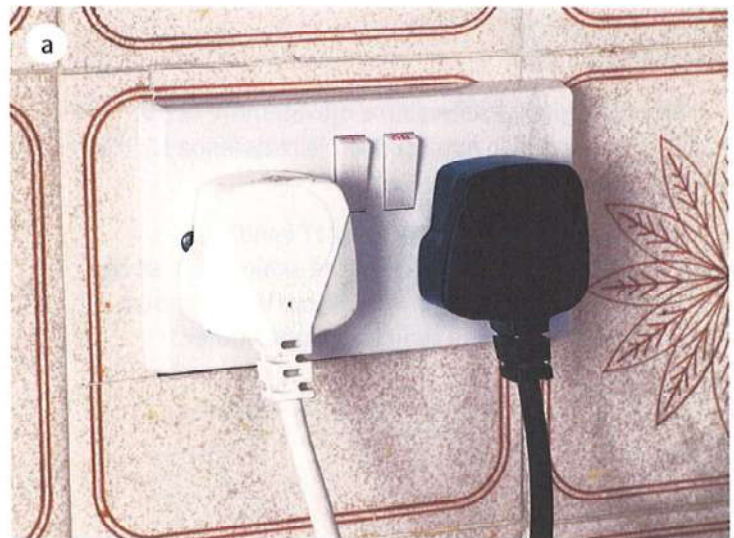


Figura 14.19 a Përdorimi i duhur i prizës. b Në këtë rast janë lidhur në paralel shumë pajisje (rezistenca). Kjo zvogëlon rezistencën e njëvlershme dhe rrit rrymën, deri në pikën ku ajo bëhet e rrezikshme.

PYETJE

- 17 Tri rezistenca 20Ω , 30Ω dhe 60Ω janë lidhur në paralel. Zgjidhni cila nga vlerat e mëposhtme jep rezistencën e tyre të njëvlershme:
 110Ω , 50Ω , 20Ω , 10Ω
 (Nuk ka nevojë të kryeni llogaritjet!)

PYETJE

- 18 Në qarkun e figurës 14.20 bateria me f.e.m. 10V ka rezistencë të brendshme të papërfillshme. Llogaritni intensitetin e rrymës në rezistencën 20Ω .
- 19 Llogaritni intensitetin e rrymës që del nga bateria në qarkun e figurës 14.20.

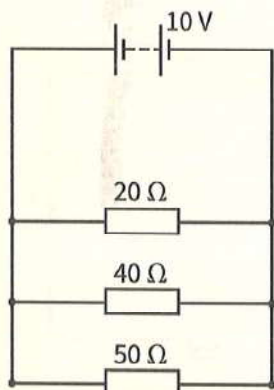


Figura 14.20 Diagrami i qarkut për pyetjet 18 e 19.

- 20 Sa duhet të jetë rezistenca e lidhur në paralel me një rezistencë 20Ω , që rezistenca e tyre e njëvlershme të jetë 10Ω ?
- 21 Ju jepen disa rezistenca 100Ω . Përshkruani si do të lidhnit numrin minimal të tyre, për të marrë rezistencën 250Ω .
- 22 Llogaritni intensitetin e rrymës që kalon në secilën nga pikat A—E të qarkut të paraqitur në Figurën 14.21.

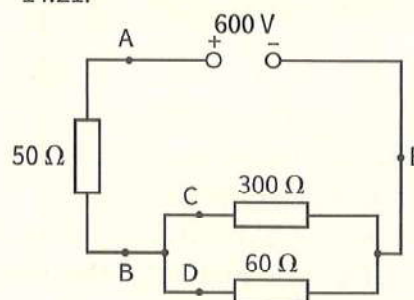


Figura 14.21 Për pyetjen 22.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 10.1: Ampermetrat dhe voltmetrat

Ampermetrat dhe voltmetrat lidhen ndryshe në qark (figura 14.22). Ampermetrat lidhen gjithmonë në seri, sepse ata masin intensitetin e rrymës në të. Për këtë arsye rezistenca e tyre duhet të jetë sa më e vogël, që energjia e shpenzuar në ta të jetë minimale. Futja e një ampermetri me rezistencë më të madhe do ta ulte mjaft rrymën në qark. Rezistenca e ampermetrit ideal është zero. Ampermetrat shifrorë kanë rezistenca shumë të vogla.

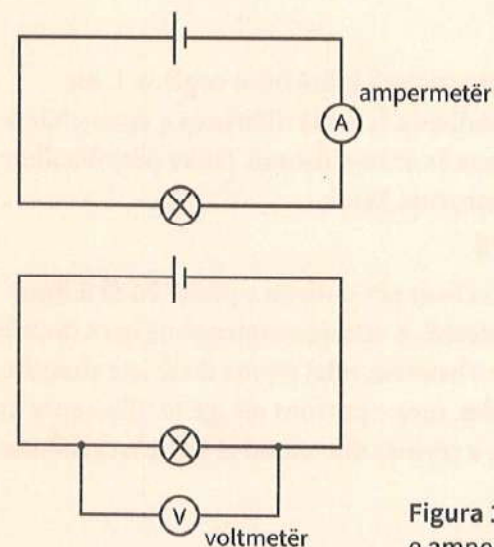


Figura 14.22 Lidhja e ampermetrit dhe voltmetrit.

Voltmetrat masin diferencën e potencialeve ndërmjet dy pikave të qarkut. Për këtë arsye ata lidhen në paralel dhe duhet të kenë rezistencë sa më të madhe, që të marrin sa më pak rrymë. Rezistenca e voltmetrit ideal është infinit. Në praktikë voltmetrat kanë rezistenca të rendit të $M\Omega$. Një voltmetër me rezistencë $10M\Omega$ që mat një tension $2.5V$ do të marrë një rrymë me intensitet $2.5 \cdot 10^{-7}A$ dhe shpenzojë vetëm $6.25 \cdot 10^{-7}J$ energji në sekondë, duke e kthyer atë në nxehësi.

Figura 14.23 paraqet disa instrumente matëse.

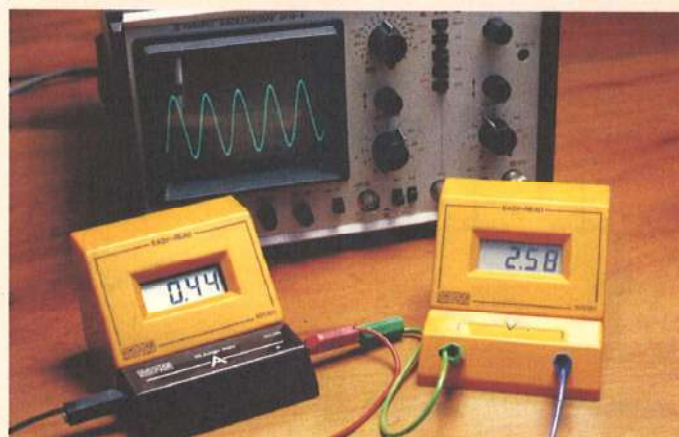


Figura 14.23 Aparate matëse elektrike: një ampermetër, një voltmetër dhe një oshiloskop. Ky i fundit shpërfaq tensionet që ndryshojnë shpejt.

PYETJE

- 23 a Një burim rryme 10V me rezistencë të brendshme të papërfillshme lidhet me një rezistencë 100Ω. Llogaritni intensitetin e rrymës në të.
- b Tani në qark lidhim një ampermetër me rezistencë 5.0Ω. Sa do të tregojë ai?

Rezistenca e brendshme e burimit

Me siguri e dini që burimet e tensionit nuk mund t'ju japin në polet e tyre saktësisht vlerën e tensionit që është e barabartë me f.e.m. e tyre. Kjo ndodh për një sërë arsyesh, më e rëndësishmja ndër të cilat është se burimi ka rezistencë të brendshme. Në rastin e pilave kjo shkaktohet nga substancat kimike brenda tyre, kurse burimet e tjera të rrymës kanë tela dhe komponentë në brendësi. Eksperimentet tregojnë se diferenca e potencialeve në skajet e një burimi të rrymës varet nga qarku në të cilin është lidhur ky burim. Në veçanti, kur i kërkohet të japë rrymë më të madhe, tensioni në skajet e burimit zvogëlohet.

Figura 14.24 paraqet një qark me ndihmën e të cilit mund të studiohet kjo dukuri, bashkë me skicën e grafikut që tregon si zvogëlohet tensioni në skajet e burimit me rritjen e rrymës që na jep ai.

Ngarkesat që përshkojnë qarkun duhet të kalojnë nëpër komponentët e ndryshëm elektrikë, si edhe nëpër rezistencën e brendshme të burimit. Këto ngarkesa marrin energji elektrike prej burimit. Kjo energji humbet duke u shndërruar në nxehtësi, ndërsa ngarkesat përshkojnë qarkun. Gjatë përdorimit burimet e tensionit dhe bateritë nxehen.

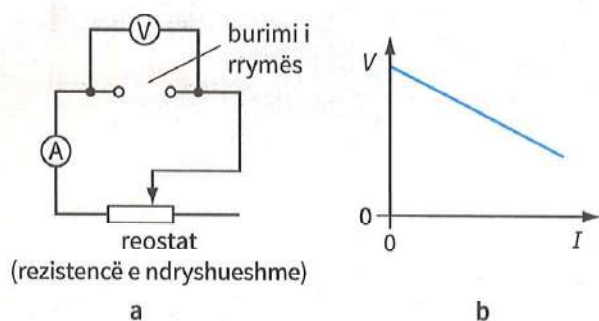


Figura 14.24 a Qarku për përcaktimin e f.e.m. dhe rezistencës së brendshme të burimit; b rezultate tipike.

Shpesh zgjidhja e problemave bëhet më e lehtë, po që se rezistencën e brendshme të burimit r e paraqesim veçmas në diagramet e qarqeve (figura 14.25). Këtu pila paraqitet si “e përsosur”. Ajo ka f.e.m. E . Në seri me të vendoset rezistenca e brendshme r . Vija e ndërprerë që rrethon E dhe r paraqet faktin se, në të vërtetë këto janë një komponent i vetëm.

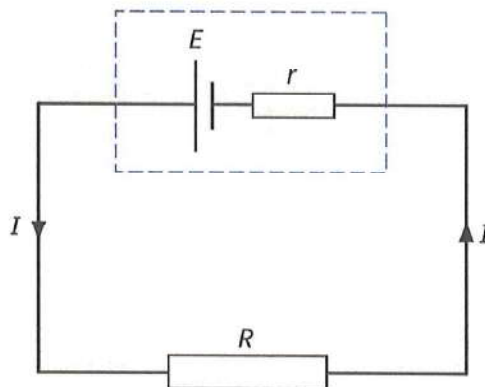


Figura 14.25 Shpesh është e volitshme ta paraqesim veçmas rezistencën e brendshme të burimit në diagramin e qarkut.

Tani mund të përcaktojmë intensitetin e rrymës në qark, kur kjo pilë lidhet me një rezistencë të jashtme R . Duket që R e r janë të lidhura në seri. Rryma I është e njëjtë për të dyja rezistencat. Rezistenca e njëvlershme e qarkut është $R+r$, ndaj shkruajmë:

$$E = I(R+r) \quad \text{ose} \quad E = IR + Ir$$

Forcën elektromotore të pilës E nuk mund ta masim drejtpërdrejt, sepse e vetmja gjë që mund të bëjmë është të lidhim një voltmetër në skajet e saj. Kjo diferencë e potencialeve V në skajet e pilës është gjithnjë e barabartë me diferencën e potencialeve në skajet e rezistencës R . Pra, kemi:

$$V = IR$$

Kjo diferencë potencialesh është më e vogël se E me madhësinë Ir . Madhësia Ir është diferenca e potencialeve në skajet e rezistencës së brendshme. Duke përmbledhur gjithçka në një barazim, kemi:

$$V = E - Ir = IR$$

Ky njihet si **ligji i Omit për qarkun e plotë**. Po të lidhim shkurt polet e baterisë, e vetmja rezistencë në qark do të jetë ajo e brendshme e baterisë, ndaj rryma do të jetë shumë e madhe. Por, kujdes, mos e provoni një gjë të tillë, sepse kjo dëmton burimin e rrymës dhe mund të jetë e rrezikshme.

PYETJE

- 23 Një bateri me f.e.m. 5.0V dhe rezistencë të brendshme 2.0Ω lidhet me një rezistencë të jashtme 8.0Ω . Vizatoni diagramin e qarkut dhe llogaritni intensitetin e rrymës në të.
- 24 a Llogaritni intensitetin e rrymës në secilin nga qarqet e figurës 14.26.
b Llogaritni edhe diferencën e potencialeve në skajet e secilës prej baterive.

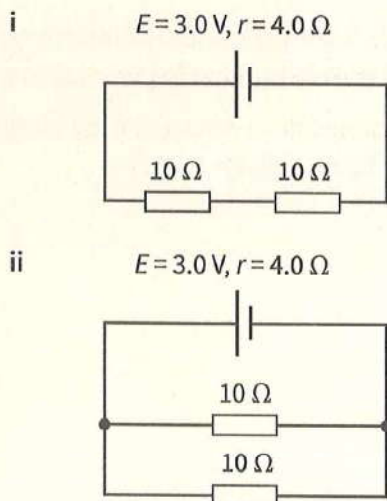


Figura 14.26 Për pyetjen 24.

- 25 Katër pila identike, secila me f.e.m. 1.5V dhe rezistencë të brendshme 0.10Ω , janë lidhur në seri. Me ta lidhet një llambë me rezistencë 2.0Ω . Llogaritni intensitetin e rrymës në qark.

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 4 Kur një bateri me f.e.m. 6.0V lidhet me një rezistencë 13.5Ω , intensiteti i rrymës në qark është 0.40A. Llogaritni rezistencën e brendshme të baterisë.

Hapi 1 Nga ligji i Omit për qarkun e plotë, nxjerrim r :

$$IR = E - Ir \Leftrightarrow IR = E - IR$$

Prej nga:

$$r = \frac{E}{I} - R = \frac{6.0}{0.40} - 13.5 = 1.5\ \Omega$$

PYETJE

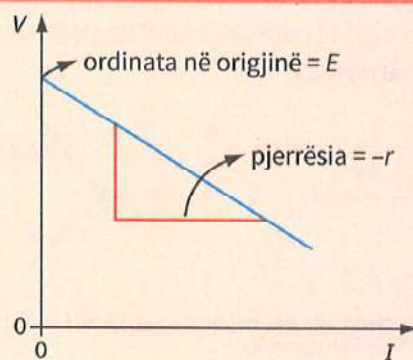
- 26 Kur një voltmetër me rezistencë të madhe lidhet në skajet e një baterie, ai tregon 3.0V. Kur në skaje lidhet një rezistencë 10Ω , leximi i voltmetrit bie në 2.8V. Përcaktoni rezistencën e brendshme të baterisë.
- 27 Rezultatet e një eksperimenti për përcaktimin e f.e.m. E dhe rezistencës së brendshme r të një burimi tensioni jepen në Tabelën 14.1. Ndërton grafikun dhe përcaktoni këto madhësi.

| V/V | 1.43 | 1.33 | 1.18 | 1.10 | 0.98 |
|-----|------|------|------|------|------|
| I/A | 0.10 | 0.30 | 0.60 | 0.75 | 1.00 |

Tabela 14.1 Rezultatet për pyetjen 27.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 14.2: Përcaktimi i f.e.m. dhe rezistencës së brendshme

Një ide mbi f.e.m. e një burimi tensioni apo baterie mund ta krijojmë duke lidhur një voltmetër në skajet e tij. Voltmetri ka rezistencë shumë të madhe, ndaj në të do të kalojë një rrymë shumë e vogël. Atëherë produkti Ir do të përbëjë një pjesë shumë të vogël të f.e.m. të burimit. Nëse përveç f.e.m., dëshirojmë të përcaktojmë edhe rezistencën e brendshme, këtë mund ta bëjmë me ndihmën e qarkut të figurës 14.24. Kur rezistenca e ndryshueshme vendoset në vlera të ndryshme, rryma në qark ndryshon. Mjafton të shënojmë vlerat e intensitetit të rrymës I dhe diferencës së potencialeve në terminalat e baterisë V . Atëherë rezistenca e brendshme r gjendet nga grafiku i V kundrejt I (figura 14.27).

Figura 14.27 E dhe r mund të gjenden nga grafiku.

Krahasoni barazimin $V = E - Ir$ me ekuacionin e vijës së drejtë $y = mx + c$. Po të vendosim V në boshtin e ordnatave dhe I në atë të abshisave, grafiku do të jetë vijë e drejtë. Ordinata në origjinë do të japë E , kurse pjerrësia e grafikut është $-r$.

Përmbledhje

- Ligji i parë i Kirkofit thotë se shuma e rrymave që hyjnë në një pikë çfarëdo të qarkut është e barabartë me shumën e rrymave që dalin nga ajo pikë.
- Ligji i dytë i Kirkofit thotë se shuma e forcave elektromotore në një lak çfarëdo të qarkut është e barabartë me shumën e diferencave të potencialeve në atë lak.
- Rezistenca e njëvlershme e disa rezistencave të lidhura në seri është e barabartë me shumën e këtyre rezistencave.
- E anasjella e rezistencës së njëvlershme të disa rezistencave të lidhura në paralele është e barabartë me shumën e të anasjellave të atyre rezistencave.
- Ampermetrat kanë rezistencë të vogël dhe lidhen në seri në qark.
- Voltmetrat kanë rezistencë të madhe dhe lidhen në paralel.
- Burimet e f.e.m. kanë rezistencë të brendshme r . Këtë e paraqesim në seri me burimin “e përsosur” me f.e.m. E .
- Diferenca e potencialeve në skajet e një burimi është më e vogël se f.e.m. e tij: $V = E - Ir$.

Pyetje për kapitullin

- 1 Me ndihmën e ligjit të parë të Kirkofit llogaritni rrymat e panjohura në shembujt e figurës 14.28. Në secilin prej rasteve tregoni kahun e rrymës.

[4]

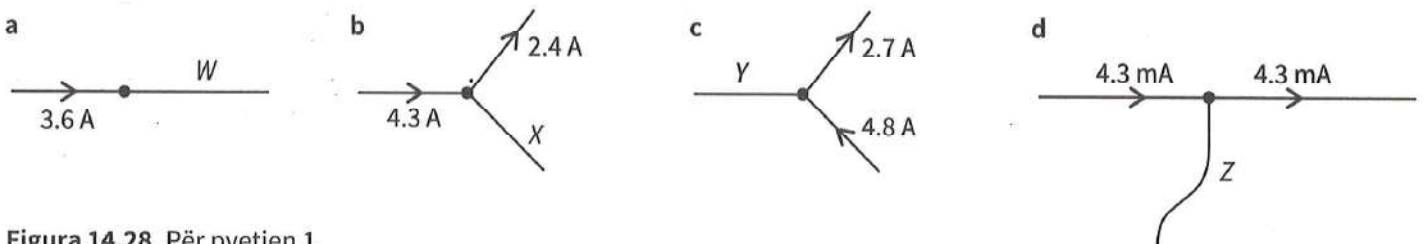


Figura 14.28 Për pyetjen 1.

- 2 Figura 14.29 paraqet një pjesë qarku.

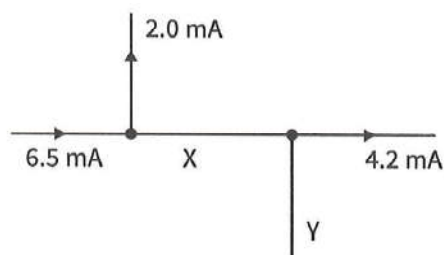


Figura 14.29 Për pyetjen 2.

Gjeni intensitetet dhe përcaktoni kahet e rrymave që kalojnë në X dhe Y.

[2]

- 3 Figura 14.30 paraqet katër qarqe. Gjeni diferencat e panjohura të potencialeve në secilin rast.

[5]

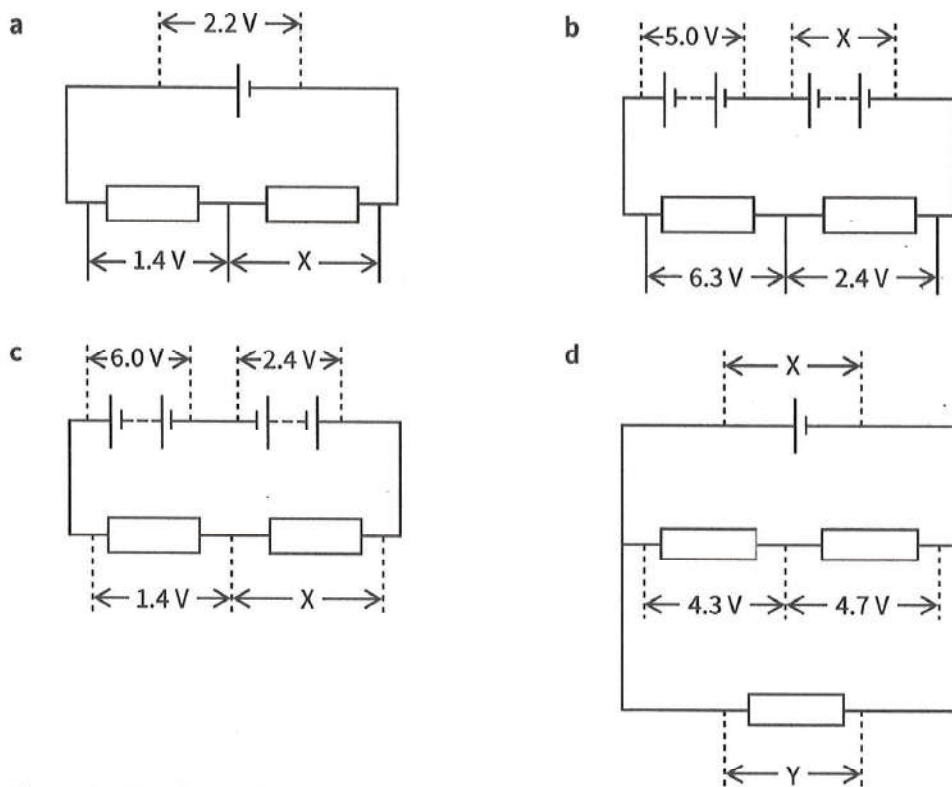


Figura 14.30 Për pyetjen 3.

- 4 Filamenti i një llambe dhe një rezistencë 220Ω janë lidhur në seri me një bateri me f.e.m. $6.0V$. Rezistenca e brendshme e baterisë është e papërfillshme. Një voltmetër i lidhur në skajet e rezistencës tregon $1.8V$. Llogaritni:

- intensitetin e rrymës në qark;
- diferencën e potencialeve në skajet e llambës;
- rezistencën e plotë në qark;
- numrin e elektroneve që kalon nëpër bateri në një minutë.

[1]

[1]

[1]

[4]

- 5 Diagrami i qarkut të figurës 14.31 paraqet një burim me f.e.m. 12V të lidhur me disa rezistenca.

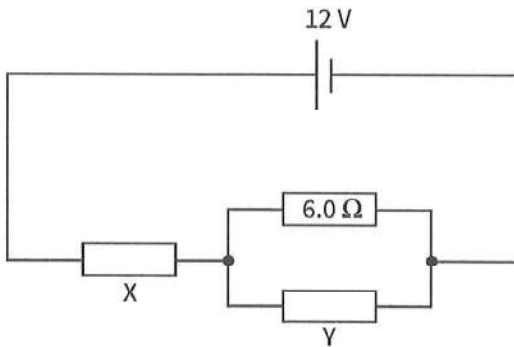


Figura 14.31 Për pyetjen 5.

Intensiteti i rrymës që kalon në rezistencën X është 2.0A dhe në rezistencën 6.0Ω është 0.5A. Llogaritni:

- intensitetin e rrymës që kalon në rezistencën Y; [1]
 - rezistencën e Y; [2]
 - rezistencën e X. [2]
- 6 a Shpjegoni dallimin ndërmjet **forcës elektromotore dhe diferencës së potencialeve**. [2]
- b Figura 14.32 paraqet një qark që përmban bateri dhe rezistenca. Pranojmë se rezistencat e brendshme të baterive janë të papërfillshme.

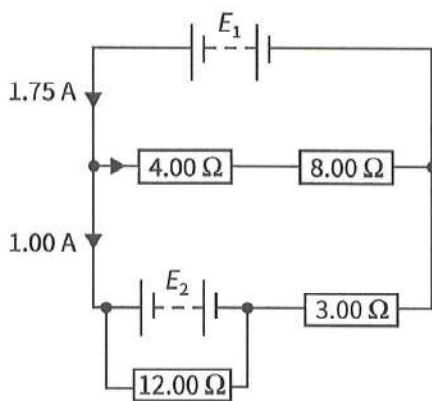


Figura 14.32 Për pyetjen 6.

- Me ndihmën e ligjit të parë të Kircokofit, gjeni rrymën në rezistencat 4.00Ω dhe 8.00Ω. [1]
- Llogaritni f.e.m. E_1 . [2]
- Llogaritni f.e.m. E_2 . [2]
- Llogaritni intensitetin e rrymës në rezistencën 12.00Ω. [2]

- 7 a Shpjegoni pse ampermetri duhet të ketë rezistencë të vogël.

[2]

Një nxënës ndërton qarkun e figurës 14.33, ku rezistenca e brendshme e baterisë është e papërfillshme. Voltmetri tregon 9.0V.

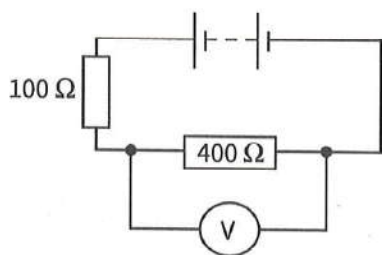


Figura 14.33 Për pyetjen 7.

- b i Rezistenca e voltmetrit është 12.00Ω. Llogaritni f.e.m. të baterisë. [4]
 ii Nxënësi e përsërit eksperimentin me një voltmetër me rezistencë të brendshme 12kΩ. Proveni se tani voltmetri do të tregojë 9.5V. [3]
 iii Nga rezultatet e mësipërme shpjegoni pse voltmetri duhet të ketë rezistencë sa më të madhe. [2]

- 8 a Shpjegoni çfarë kuptojmë me rezistencë. [1]

- b Figura 14.34 paraqet një kombinim rezistencash të lidhur me një bateri me f.e.m. 6.0V.

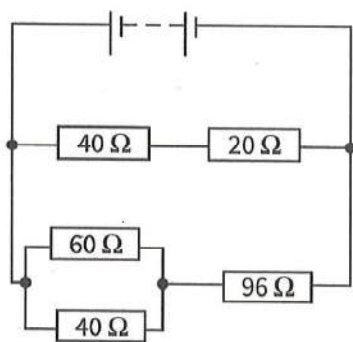


Figure 14.34 Për pyetjen 8.

Tregoni se rezistenca e njëlshme e kombinimit të rezistencave është 40 Ω. [3]

- c Llogaritni intensitetin e rrymës në rezistencën 60Ω. [3]

- 9 Një pilë me f.e.m. 1.5V lidhet me një rezistencë 0.30Ω . Intensiteti i rrymës në qark është 2.5A.
- Llogaritni diferencën e potencialeve në skajet e pilës dhe shpjegoni pse ajo nuk është e barabartë me f.e.m. e pilës. [2]
 - Tregoni se rezistenca e brendshme e pilës është 0.30Ω . [3]
 - Dikush thotë se fuqia e shpenzuar në rezistencën e brendshme është maksimale kur rezistenca R është e barabartë me rezistencën e brendshme r të pilës.
 - Llogaritni fuqinë e shpenzuar kur $R = r$. [1]
 - Tregoni se fuqia e shpenzuar kur $R = 0.50\Omega$ dhe $R = 0.20\Omega$ është më e vogël se ajo e shpenzuar kur $R = r$. [4]
- 10 a Shpjegoni çfarë është **rezistenca e brendshme e pilës**. [2]
- b Kur pila lidhet në seri me një rezistencë 2.00Ω , rryma në qark është 0.625A. Nëse në seri me të parën shtojmë një rezistencë tjetër 2.00Ω , intensiteti i rrymës bie në 0.341A.
- Llogaritni:
- rezistencën e brendshme të pilës; [2]
 - f.e.m. të pilës. [2]
- c Për të ndezur motorin, bateria duhet të japë rrymën me intensitet 200A. Shpjegoni pse një bateri e përbërë nga disa pila të lidhura në seri nuk është e përshtatshme si bateri makine. [2]
- 11 a Shpjegoni çfarë kuptojmë me forcë elektromotore të pilës. [2]
- Një nxënës lidh një voltmetër në skajet e një baterie dhe vërejt se ai tregon 8.94V. Pastaj ai lidh me baterinë një rezistencë 12Ω dhe sheh se diferenca e potencialeve bie në 8.40Ω .
- Shpjegoni pse bie tensioni në skajet e baterisë. [2]
 - Llogaritni intensitetin e rrymës në qark. [2]
 - Llogaritni rezistencën e brendshme të baterisë. [2]
 - Shpjegoni supozimet e bëra në llogaritjet tuaja. [1]



Kapitulli 15: Fusha magnetike

Rezultatet e të nxënit

Duhet të jeni në gjendje të:

- përshkruani fushën magnetike si fushë forcash dhe ta paraqesni atë me ndihmën e vijave të fushës;
- përcaktoni madhësinë, drejtimin dhe kahun e forcës që vepron mbi një përcjellës me rrymë të vendosur në fushën magnetike;
- përkufizoni induksionin e fushës magnetike dhe të përshkruani si mund të matet ai me ndihmën e një peshoreje të rrymës;
- përkufizoni momentin magnetik të një spire me rrymë dhe momentin rrotullues të fushës mbi të;
- përcaktoni madhësinë dhe drejtimin e forcës që ushtron fusha magnetike mbi një grimcë në lëvizje;
- shpjegoni parimet e metodës së matjes së shpejtësisë dhe raportit e/m të grimcave.

Magnetët dhe rrymat

Treni i paraqitur në figurën 15.1 mbahet pezull në një largësi të mirëpërcaktuar nga shinat me ndihmën e elektromagnetëve të kontrolluar nga kompjuterat. Në këtë kapitull do të shohim forcat dhe fushën magnetike, si lindin dhe si bashkëveprojnë ato.



Figura 15.1 Ky tren i shpejtësive të mëdha mbahet pezull nga elektromagnetët, në mënyrë që të shmanget fërkimi me shinat.

Burimi dhe paraqitja e fushës magnetike

Praninë e fushës magnetike e kuptojmë nga forca që ajo ushtron mbi polet magnetike. Siç e pamë edhe në rastin e fushave elektrike e gravitacionale, fusha magnetike është fushë forcash.

Fusha magnetike krijohet nga magnetët e përhershëm dhe nga rrymat elektrike. Me siguri që e keni parë tablonë e fushës së një magneti shufër (figura 15.2). Këtë tablo e marrim me ndihmën e pluhurit të hekurit ose të gjilpërave magnetike.

Tablonë e fushës magnetike e paraqesim me ndihmën e vijave të forcës:

- Vijat e fushës dalin nga poli nord dhe hyjnë në polin sud.
- Drejtimi i fushës magnetike në çdo pikë është sipas tangjentes me vijën e fushës në atë pikë.
- Fusha është më e fuqishme aty ku vijat e fushës janë më pranë njëra—tjetrës.

Fusha magnetike e elektromagnetëve krijohet nga rryma elektrike që kalon në të (figura 15.3a). Është marrë një bobinë, për të përqendruar fushën magnetike. Njëri nga skajet e bobinës bëhet poli nord (prej aty dalin vijat e fushës), kurse tjetri bëhet poli sud. Ndryshe, një bobinë e gjatë si ajo në figurë quhet **solenoid**. Tabloja e fushës së një solenoidi është shumë e ngjashme me atë të një magneti shufër (figura 15.2a), ku vijat e fushës dalin nga poli nord dhe hyjnë në polin sud. Fusha e solenoidit mund të fuqizohet mjaft, po t'i shtojmë atij një bërthamë prej materiali ferromagnetik (të pasur me hekur). P.sh., si bërthamë mund të shërbejë një shufër hekuri e vendosur

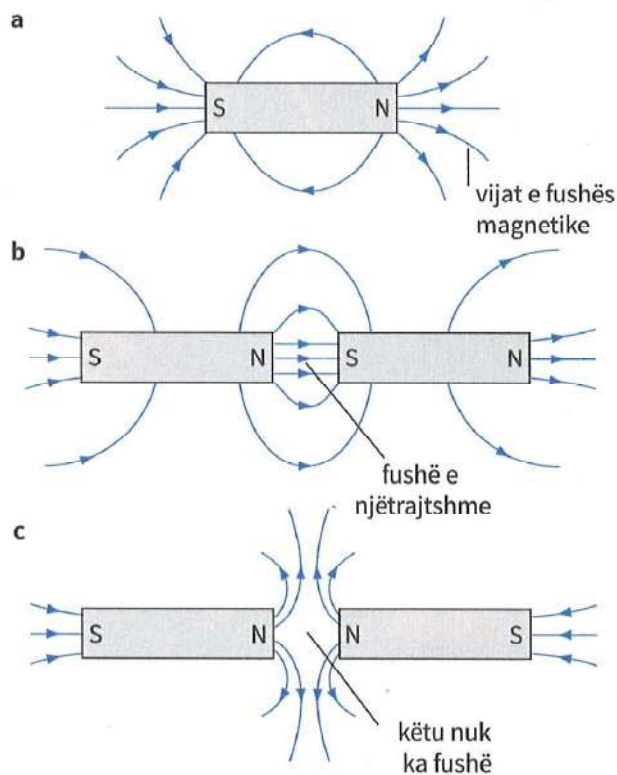


Figura 15.2 Tablotë e fushës magnetike: a të magnetit shufër; b të dy magnetëve shufër që tërhiqen; c të dy magnetëve shufër që shtyhen.

brenda solenoidit; vetë shufra e hekurit magnetizohet dhe kjo e bën fushën shumë më të fuqishme. Edhe fusha e një spire të vetme me rrymë (figura 15.3b) është e ngjashme me atë të solenoidit.

Fusha magnetike e një rryme drejtvizore është shumë e

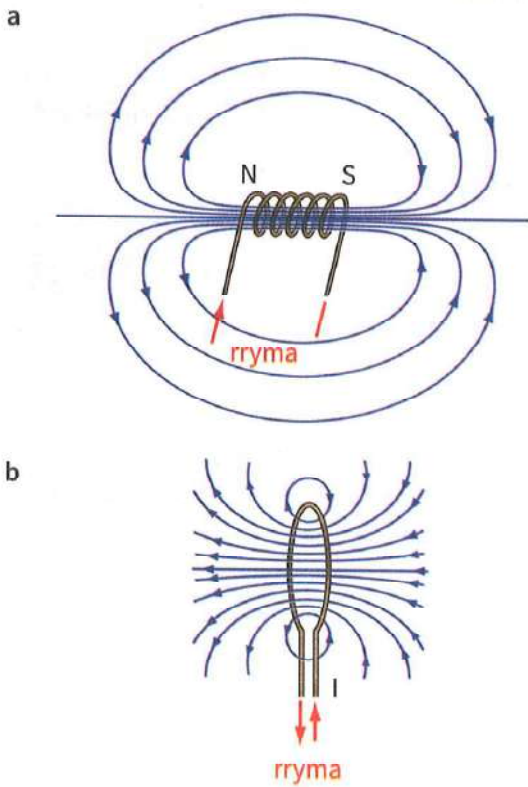


Figura 15.3 Tabloja e fushës magnetike të a një solenoidi dhe b një spire me rrymë.

ndryshme nga ajo e një solenoidi. Vijat e fushës magnetike të paraqitura në figurën 15.4 janë rrethore, me qendër në pikën ku rryma ndërpritet me planin horizontal. Me rritjen e largësisë nga rryma, vijat e fushës janë më larg njëra—tjetrës, gjë që pasqyron faktin se fusha dobësohet me rritjen e largësisë. Kur përmbysset rryma, përmbysset edhe kahu i fushës.

Të gjitha fushat magnetike krijohen nga ngarkesat në lëvizje. (Në rastin e rrymës në përcjellës, ngarkesat që zhvendosen janë elektronet.) Kjo është e vërtetë edhe në rastin e magnetëve të përhershëm. Në ta fusha magnetike krijohet nga lëvizja e elektroneve brenda atomeve të magnetit. Secili prej elektroneve krijon një rrymë të vogël kur rrotullohet rreth bërthamës dhe kjo rrymë është burimi i fushës magnetike. Në rastin e materialeve ferromagnetike si hekuri, fushat e dobëta të krijuara nga lëvizja e secilit prej elektroneve mblidhen, duke na dhënë një fushë të fuqishme e cila mbush hapësirën përreth magnetit. Në materialet jomagnetike këto fusha shuajnë njëra-tjetrën.

Drejtimi i fushës

Thamë se vijat e fushës magnetike dalin nga poli nord dhe hyjnë tek poli sud. Kjo është thjesht marrëveshje. Figura 15.5 paraqet disa rregulla të dobishme që na ndihmojnë të mbajmë mend drejtimin dhe kahun e fushës magnetike të krijuar nga një rrymë.

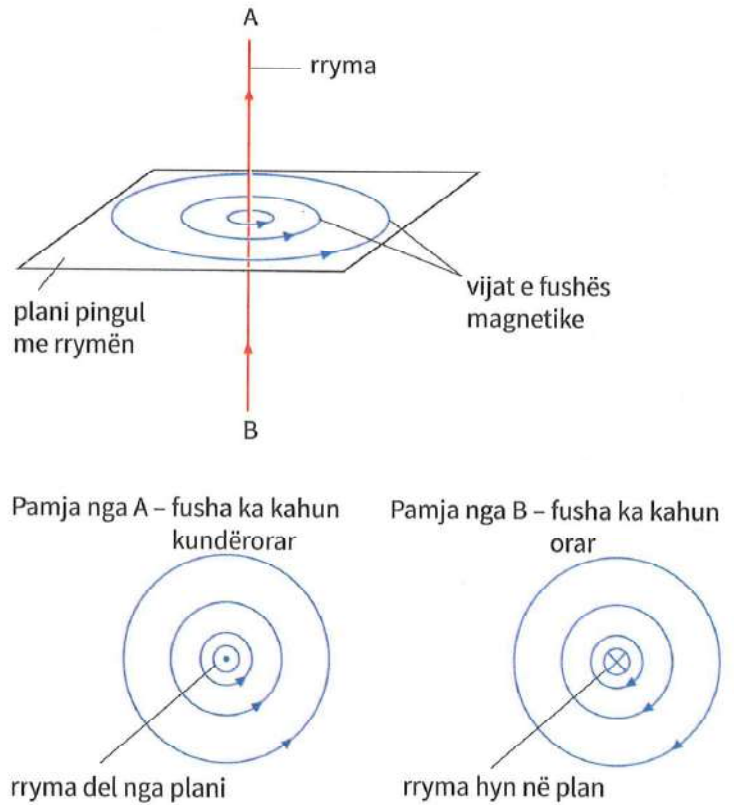


Figura 15.4 Tabloja e fushës magnetike përreth një rryme drejtvizore. Diagrami paraqet edhe konvencionin që përdoret për të treguar kahun e rrymës.

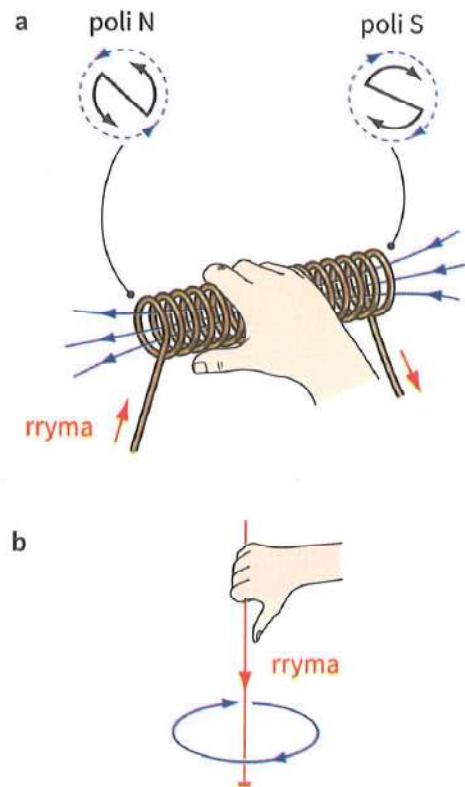


Figura 15.5 Dy rregulla për përcaktimin e kahut të fushës magnetike: a të solenoidit dhe b të rrymës drejtvizore.

Rregulla e turjelës (apo e dorës së djathtë) jep kahun e fushës magnetike të elektromagnetit. Nëse dorëza e turjelës rrotullohet sipas rrymës, kahu i avancimit të saj na jep fushën magnetike brenda solenoidit. Po ashtu, mund të mbështjellim solenoidin me dorën e djathtë, në mënyrë të tillë që gishtat të jenë sipas rrymës. Atëherë gishti i madh tregon polin nord të solenoidit.

Fusha rrethore e rrymës drejtvizore nuk ka pol nord apo sud. Përsëri kahu i fushës mund të gjendet me rregullën e turjelës, por tani kahu i avancimit është ai i rrymës dhe ai i rrotullimit të dorëzës së turjelës na jep kahun e fushës. Ose thjesht mbështilleni rrymën me dorën e djathtë, në mënyrë që gishti i madh të jetë sipas rrymës. Gishtat e tjerë do t'ju japin kahun e fushës magnetike.

PYETJE

- 3 Cili nga çiftet e elektromagnetëve të figurës 15.7 tërhiqet dhe cili shtyhet.

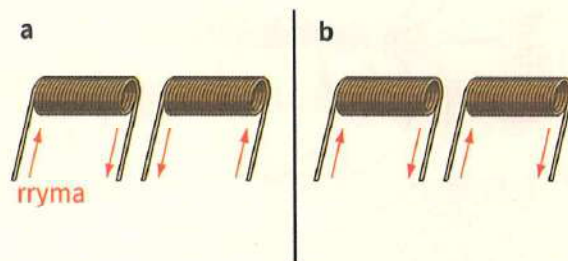


Figura 15.7 Dy çifte solenoidësh, për pyetjen.

Forca magnetike

Një përcjellës me rrymë krijon rreth vetes një fushë magnetike. Kjo fushë do të bashkëveprojë me një fushë të jashtme magnetike, duke bërë që mbi përcjellësin të veprojë një forcë. Në figurën 15.8 paraqitet një situatë e tillë e thjeshtë.

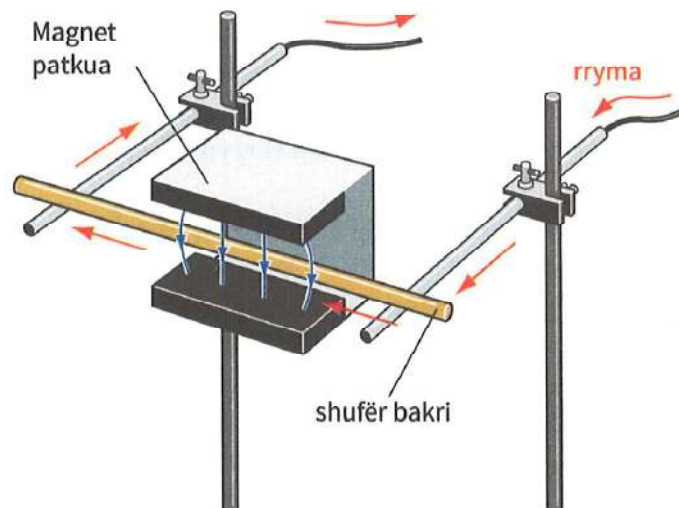


Figura 15.8 Shufra e bakrit është e lirë të rrokulliset mbi dy "shinat" horizontale të aluminit.

Magneti patkua krijon një fushë magnetike praktikisht të njëtrajtshme. Sapo takojmë çelësin dhe në shufrën prej bakri fillon të rrjedhë rrymë, ajo fillon të rrokulliset, gjë që tregon se mbi të vepron një forcë. Drejtimi dhe kahu i kësaj force përcaktohen me ndihmën e **rregullës së dorës së majtë** të Flemingut, siç shpjegohet më poshtë.

PYETJE

- 1 Skiconi tablonë e fushës magnetike përreth një rryme drejtvizore. Më pas, përbri skicës së parë, vizatoni një skicë tjetër që jep tablonë e fushës kur rryma dyfishohet dhe kahu i saj përmbysset.
- 2 Skiconi diagramin e figurës 15.6 dhe shënoni polet nord e sud të elektromagnetit. Në skicë paraqitni kahun e fushës magnetike në secilën nga pikat A, B, C e D.

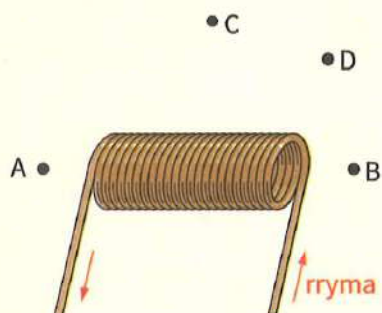


Figura 15.6 Një solenoid me rrymë, për pyetjen 2.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 15.1: Rregulla e dorës së majtë e Flemingut

Kushtojini vëmendje figurës 15.9. Aty shohim tre gishta, ku çdo dy prej tyre formojnë kënd të drejtë me njëri-tjetrin. Gishti tregues drejtohet sipas fushës, gishti i mesit sipas rrymës dhe gishti i madh tregon kahun e forcës.

Praktikojeni këtë rregull për të mësuar ta zbatoni saktë atë.

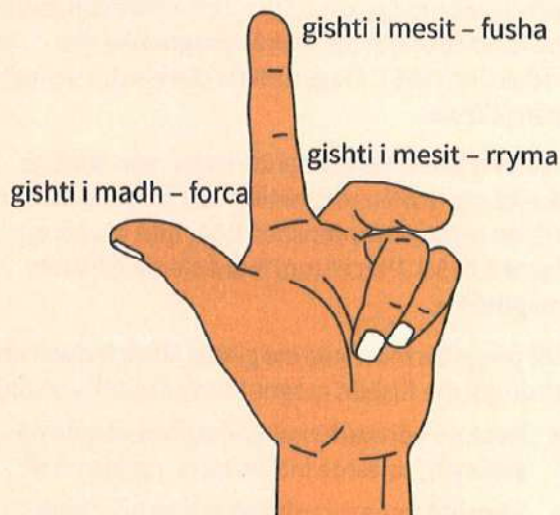


Figura 15.9 Rregulla e dorës së majtë e Flemingut.

Shpjegimi i forcës magnetike

Këtë forcë mund ta shpjegojmë me ndihmën e fushës magnetike të krijuar nga magneti dhe nga rryma që kalon në përcjellës. Këto fusha bashkëveprojnë, duke bërë që mbi shufër të ushtrohet një forcë.

Figura 15.10 paraqet:

- fushën e jashtme magnetike të magnetit;
- fushën magnetike të përcjellësit me rrymë;
- fushat e kombinuara të rrymës dhe magnetit.

Po t'i imagjinojmë vijat e fushës magnetike si shirita elastikë, e kuptojmë pse përcjellësi shtyhet jashtë në drejtimin që tregohet në figurë.

Lindja e kësaj force njihet si efekti motor (lëvizës) i fushës, sepse kjo forcë shfrytëzohet në motorët elektrikë. Në këta motorë rryma që kalon në bobinat krijon një fushë magnetike e cila bashkëvepron me fushën e krijuar nga magneti i përhershëm.

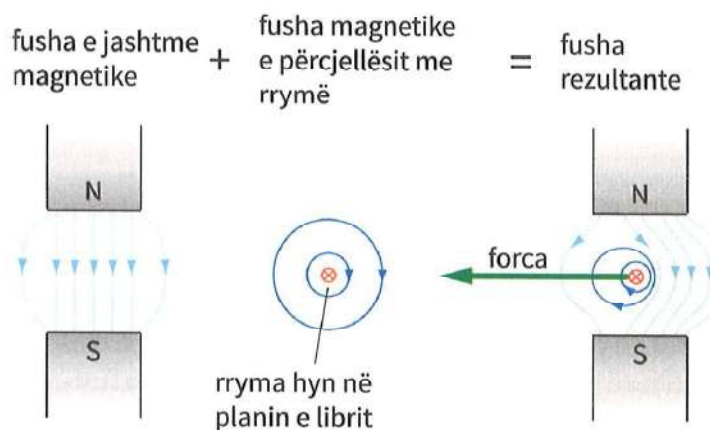


Figura 15.10 Kur vendoset në fushën e magnetit të përhershëm, mbi përcjellësin me rrymë vepron një forcë që jepet nga rregulla e dorës së majtë e Flemingut. Fusha e magnetit dhe ajo e rrymës mblidhen si në figurë.

PYETJE

- 4 Figura 15.11 paraqet tre shembuj të përcjellësve me rrymë në fushë magnetike. Në secilin nga rastet duhet të përcaktoni nëse mbi përcjellësin do të vepronte një forcë magnetike. Nëse po, cili do të jetë drejtimi dhe kahu i saj?

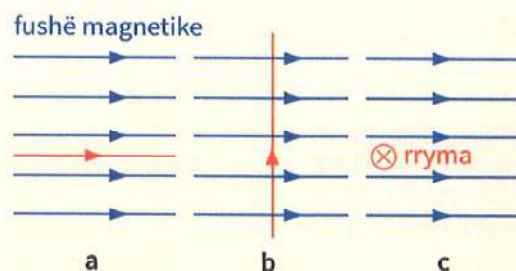


Figura 15.11 Tre përcjellës me rrymë në fushë magnetike.

Induksioni i fushës magnetike

Në rastin e fushave elektrike dhe gravitacionale, largësia ndërmjet vijave të fushës tregon sa e fuqishme është fusha: ajo është më e fuqishme aty ku vijat janë më afër njëra-tjetrës. E njëjta gjë vlen edhe për fushën magnetike. Nga pikëpamja sasiore kjo karakterizohet nga **induksioni i fushës magnetike**, që shënohet me B . Intensiteti i fushës magnetike ka vlerë më të madhe në afërsi të poleve të një magneti shufër dhe zvogëlohet me rritjen e largësisë prej tyre.

Kujtojmë se intensiteti i fushës gravitacionale është forca e ushtruar nga fusha mbi masën njësi, kurse ai i fushës elektrike është forca e ushtruar mbi ngarkesën njësi:

$$g = \frac{F}{m} \quad \text{dhe} \quad E = \frac{F}{Q}$$

Në mënyrë të ngjashme, induksioni i fushës magnetike përkufizohet nga forca magnetike që ushtrohet mbi një përcjellës me rrymë që formon kënd të drejtë me fushën. Në rastin e fushës magnetike të njëtrajtshme, induksioni B përkufizohet nga barazimi:

$$B = \frac{F}{IL}$$

ku F është forca e ushtruar mbi përcjellësin me rrymë, I është rryma që kalon nëpër këtë përcjellës dhe L është gjatësia e pjesës së përcjellësit që ndodhet brenda fushës magnetike të njëtrajtshme me induksion B . Kahu i forcës jepet nga rregulla e dorës së majtë e Flemingut.

Induksioni i fushës magnetike përkufizohet si vijon:

Induksioni i forcës magnetike në një pikë është forca që ushtrohet nga fusha mbi njësinë e gjatësisë së një përcjellësi me rrymë me intensitet një njësi, i cili formon kënd të drejtë me fushën.

Njësia e induksionit të fushës magnetike është Tesla T. Nga përkufizimi i induksionit të fushës magnetike rrjedh se $1\text{T} = 1\text{N A}^{-1}\text{m}^{-1}$.

Tesla përkufizohet si vijon:

Induksioni i fushës magnetike është 1T kur mbi një përcjellës në të cilin rrjedh rryma me intensitet 1A, që formon kënd të drejtë me fushën magnetike, ushtrohet forca 1N për njësi të gjatësisë.

Forca që vepron mbi përcjellësin jepet nga:

$$F = BIL$$

Vini re se këtë formulë mund ta zbatojmë vetëm kur përcjellësi formon kënd të drejtë me fushën magnetike. Forca e ushtruar nga fusha magnetike mbi një përcjellës me rrymë njihet me emrin **forca e Amperit**.

PYETJE

- Një rrymë me intensitet 0.20A rrjedh në një përcjellës me gjatësi 2.50m, i cili është vendosur në kënd të drejtë me fushën magnetike me induksion 0.06T. Llogaritni forcën e ushtruar mbi përcjellësin.
- Një përcjellës me gjatësi 20cm formon kënd të drejtë me fushën magnetike. Kur në përcjellës rrjedh rryma me intensitet 1.5A, mbi të vepron forca 0.015N. Përcaktoni induksionin e fushës magnetike.
- Një përcjellës me rrymë me gjatësi 50cm formon kënd të drejtë me fushën magnetike me induksion 5mT.
 - Nëse në përcjellës kalojnë 10^{18} elektrone në sekondë, sa është intensiteti i rrymës në të?
 - Sa është forca që ushtrohet mbi përcjellës?

SHENBULL I ZGJIDHUR

- Një motor elektrik ka një spirë drejtkëndëshe me përmasa $a = 0.05\text{m}$ dhe $b = 0.08\text{m}$ (figura 15.12). Spira ndodhet në fushë magnetike me induksion 0.10T. Rryma që kalon në spirë është 2.0A. Llogaritni momentin rrotullues që vepron mbi spirën në pozicionin e figurës.

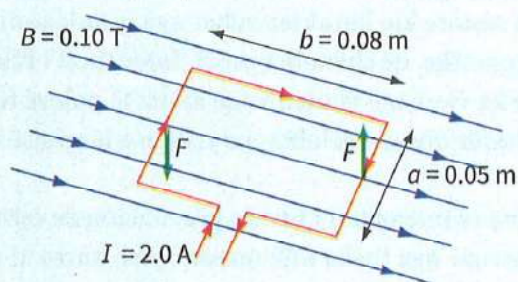


Figura 15.12 Një motor i thjeshtë elektrik: një spirë me rrymë në fushë të jashtme magnetike.

Hapi 1 Madhësitë e njohura janë:

$$B = 0.10\text{T}, \quad I = 2.0\text{A} \quad \text{dhe} \quad L = a = 0.05\text{m}$$

Hapi 2 Llogarisim forcën që vepron mbi një brinjë të spirës me ndihmën e formulës së ligjit të Amperit:

$$F = BIL = 0.10 \cdot 2.0 \cdot 0.05 = 0.01\text{N}$$

Hapi 3 Dy forcat që veprojnë mbi dy brinjët e kundërta të spirës janë me madhësi të barabarta dhe kahe të kundërta (janë antiparalele). Me fjalë të tjera, ato formojnë një çift forcash. Duke qenë se forcat janë pingule me krahun (brinja b e drejtkëndëshit), momenti i çiftit është:

$$M = Fb = 0.01 \cdot 0.08 = 8.0 \cdot 10^{-4}\text{N m}$$

Momenti magnetik dhe efekti rrotullues i fushës magnetike

Në shembullin e zgjidhur 1 pamë se momenti rrotullues që vepron mbi spirën e vendosur në fushën e jashtme në pozicionin në të cilin ajo ndodhet në figurën 15.12, është:

$$M = Fb = BIab = BIS$$

ku S është sipërfaqja e spirës. Madhësia $P = IS$ njihet si momenti magnetik i spirës. Atëherë, momenti rrotullues që vepron mbi spirën është i barabartë me produktin e induksionit të fushës magnetike me momentin magnetik të spirës. Natyrisht që ky barazim vlen kur plani i spirës është paralel me drejtimin e fushës dhe brinjët e saj janë pingule me fushën magnetike. Nëse plani i spirës formon këndin α me drejtimin e fushës magnetike atëherë momenti rrotullues që vepron mbi spirën është sa produkti i forcës së Amperit (BIa) me krahun $b \sin \alpha$. Pra:

$$M = BIab \sin \alpha = BIS \sin \alpha = PB \sin \alpha$$

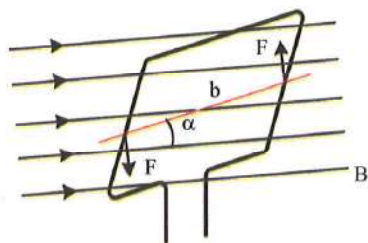


Figura 15.13 Momenti rrotullues mbi spirën në fushë magnetike

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 2 Përcjellësi OC (shih figurën 15.14) me gjatësi 0.20m formon këndin $\theta = 25^\circ$ me fushën magnetike me induksion 0.050T. Llogaritni forcën e Amperit, kur intensiteti i rrymës që rrjedh në përcjellës është 400mA.

Hapi 1 Shkruajmë madhësitë e njohura e të panjohura:

$$B = 0.050 \text{ T} \quad L = 0.20 \text{ m}$$

$$I = 400 \text{ mA} = 0.40 \text{ A} \quad \theta = 25^\circ$$

$$F = ?$$

Hapi 2 Shkruajmë formulën, zëvendësojmë vlerat dhe kryejmë llogaritjet:

$$F = BIL \sin \theta = 0.050 \cdot 0.40 \cdot 0.20 \cdot \sin 25^\circ \cong 1.7 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Hapi 3 Përcaktojmë drejtimin dhe kahun e forcës. Ajo formon kënd të drejtë me fushën dhe rrymën, pra, është pingule me planin e librit. Me rregullën e dorës së majtë përcaktojmë se kahu i saj është përposhtë, pra ajo hyn në planin e librit.

Forca e Amperit kur përcjellësi me rrymë nuk është pingul me fushën magnetike

Tani shqyrtojmë rastin kur përcjellësi me rrymë formon me fushën një kënd të ndryshëm nga ai i drejtë. Në figurën 15.14, ndërsa përcjellësi ndryshon orientim nga OA në OB, në OC e së fundi në OD, forca vjen gjithnjë duke u zvogëluar. Në pozicionin OD forca magnetike është zero. Për të llogaritur forcën, na duhet të gjejmë përbërësen e induksionit magnetik B sipas drejtimit pingul me rrymën. Kjo përbërëse është $B \sin \theta$, ku θ është këndi ndërmjet fushës magnetike dhe rrymës ose përcjellësit. Duke e zëvendësuar këtë në formulën e ligjit të Amperit, marrim:

$$F = (B \sin \theta)IL = BIL \sin \theta$$

Tani le të shohim shembullin e zgjidhur 2.

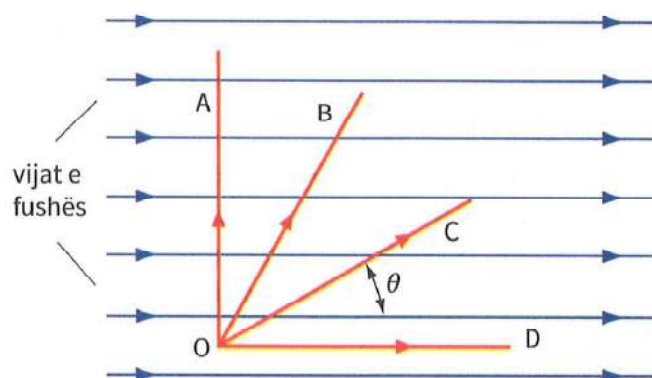


Figura 15.14 Madhësia e forcës së ushtruar nga fusha magnetike mbi përcjellësin me rrymë (forcës së Amperit) varet nga këndi ndërmjet tyre.

PYETJE

- 8 Bobina e një motori elektrik ka 200 mbështjella me rrymë me intensitet 1.0A. Spirat janë katrorë me brinjë 20cm dhe fusha e jashtme magnetike ka induksion 0.05T.
- Llogaritni forcën maksimale që ushtrohet mbi brinjët e spirës.
 - Në ç'pozicion duhet të jetë spira, në mënyrë që momenti rrotullues të jetë maksimal?
 - Renditni katër mënyra për të rritur momentin rrotullues që vepron mbi spirën.

PYETJE

- 9 Përcaktojmë drejtimin dhe kahun e forcës. Ajo formon kënd të drejtë me fushën dhe rrymën, pra, është pingule me planin e librit. Me rregullën e dorës së majtë përcaktojmë se kahu i saj është përposhtë, pra ajo hyn në planin e librit

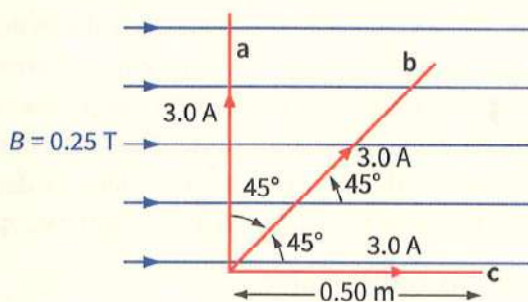


Figura 15.15 Tri rryma në fushë magnetike.

Forca magnetike që vepron mbi ngarkesat në lëvizje

Kujtojmë se fusha magnetike vepron mbi rrymat elektrike. Por rryma elektrike krijohet nga lëvizja e ngarkesave elektrike. Ndaj menjëherë na shkon në mendje se fusha magnetike duhet të veprojë edhe mbi grimcat e ngarkuara në lëvizje.

Presim që forca e ushtruar nga fusha magnetike e njëtrajtshme mbi grimcat e ngarkuara në lëvizje (figura 15.16) të varet nga tre faktorë:

- induksioni i fushës magnetike B ;
- ngarkesa Q e grimcës;
- shpejtësia v e grimcës.

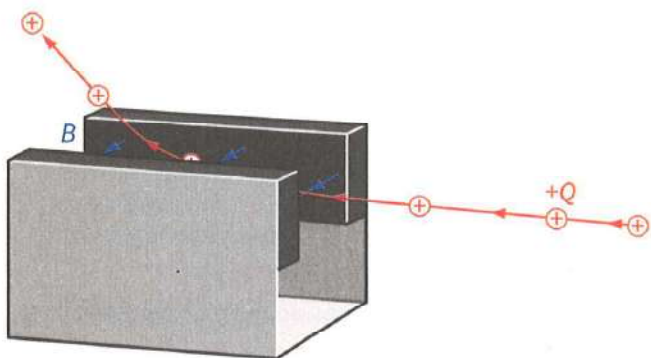


Figura 15.16 Trajektorja e një grimce të ngarkuar përkulet kur ajo hyn në fushë magnetike.

Kjo forcë njihet si **forca e Lorencit** dhe kur shpejtësia e grimcës formon kënd të drejtë me fushën magnetike, ajo jepet nga formula:

$$F = QvB$$

Drejtimi e kahu i saj jepet nga rregulla e dorës së majtë e Flemingut, ku në vend të rrymës kemi kahun e zhvendosjes së ngarkesës pozitive (pra, po qe se grimca që zhvendoset është elektron, merret kahu i kundërt). Forca e Lorencit gjithnjë formon kënd të drejtë me shpejtësinë (dhe fushën). Ndaj trajektorja e grimcës në fushë magnetike do të jetë rrethore (ose hark rrethi).

Nëse shpejtësia e grimcës formon këndin θ me fushën magnetike, përbërësja e shpejtësisë sipas drejtimin pingul me fushën është $v \sin\theta$. Atëherë forca e Lorencit merr formën:

$$F = QvB \sin\theta$$

Mund të tregohet lehtë se forca e Amperit dhe ajo e Lorencit janë në thelb të njëjta si vijon:

Meqë intensiteti i rrymës I është shpejtësia e rrjedhjes së ngarkesës, mund të shkruajmë:

$$I = \frac{Q}{t}$$

Duke zëvendësuar tek forca e Amperit, marrim:

$$F = \frac{BQL}{t}$$

Por, $\frac{L}{t}$ është shpejtësia e lëvizjes së grimcave, ndaj:

$$F = BQv$$

Në rastin e elektroneve, forca e Lorencit është e barabartë me:

$$F = Bev \quad (e = 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C})$$

Theksojmë se forca e Lorencit është gjithnjë pingule me shpejtësinë e grimcës dhe me fushën magnetike, dhe drejtimi e kahu i saj mund të gjenden me ndihmën e rregullës së dorës së majtë të Flemingut (figura 15.17).

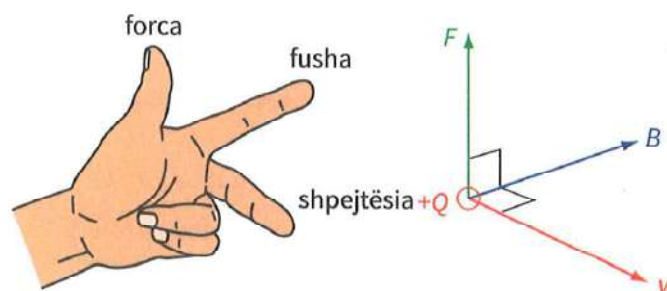


Figura 15.17 Rregulla e dorës së majtë e Flemingut, e zbatuar në rastin e një ngarkese pozitive në lëvizje.

- 10 Një tufë elektronesh që zhvendoset me shpejtësi $1.0 \cdot 10^6 \text{ ms}^{-1}$ hyn në fushën magnetike me induksion 0.50T . Llogaritni forcën që vepron mbi secilin prej tyre, kur (a) tufa formon kënd të drejtë me fushën magnetike dhe (b) tufa formon këndin 45° me fushën.
- 11 Pozitronet janë grimca identike me elektronet, përveçse ngarkesa e tyre është pozitive (+e). Me ndihmën e një diagrami tregoni si mund të ndahet një tufë e përzier me elektrone dhe pozitronet.

Orbita e ngarkesave në fushë magnetike

Shqyrtojmë një grimcë të ngarkuar që zhvendoset në kënd të drejtë me fushën magnetike. Ajo do të përshkojë një trajektore rrethore, sepse forca e Lorencit është gjithmonë pingule me shpejtësinë. Pra, ajo shërben si forcë qendërsynuese.

Figura 15.18 paraqet një tub në të cilin hyn një tufë elektronesh të shpejta. Në zonën e tubit është vendosur një fushë magnetike e njëtrajtshme, e cila formon kënd të drejtë me shpejtësinë e elektroneve. Atëherë veprimi i forcës së Lorencit bën që trajektorja e elektroneve të përkulet sipas rrethit. Fakti që kjo forcë shërben si qendërsynuese na ndihmon të llogarisim rrezën e orbitës së një grimcë të ngarkuar në fushë magnetike. Forca qendërsynuese që vepron mbi grimcën e ngarkuar jepet nga:

$$F_q = \frac{mv^2}{r}$$

Kjo është e barabartë me forcën e Lorencit. Pra kemi:

$$evB = \frac{mv^2}{r}$$

Prej këtui nxjerrim rrezën e orbitës r :

$$r = \frac{mv}{eB}$$

Ky rezultat tregon se:

- Grimcat e shpejta përshkruajnë rreth më të madh.
- Grimcat me masë më të madhe përshkruajnë rreth më të madh (ato kanë inerci më të madhe).
- Në fushë të fortë grimcat përshkruajnë rreth më të vogël.

Ky rezultat shfrytëzohet në mjaft zbatime shkencore si përshpejtuesit e grimcave apo mas spektrometrat. Ai mund edhe të shfrytëzohet për të gjetur raportin e ngarkesës me masën e/m të elektronit.

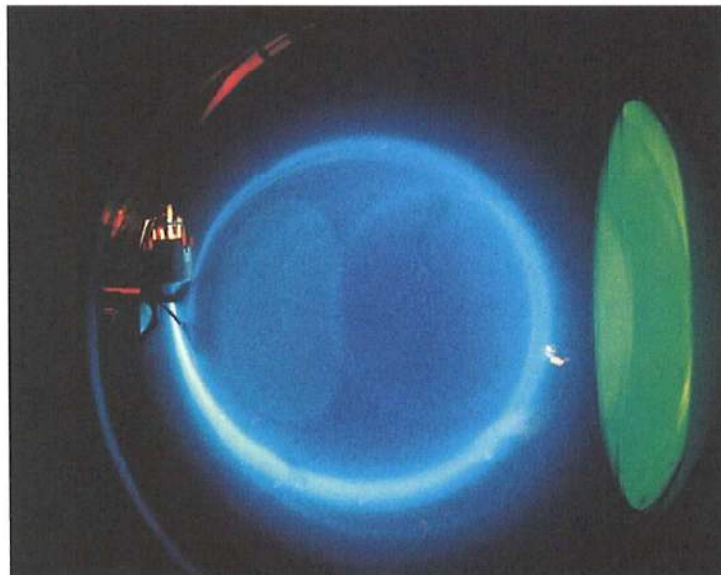


Figura 15.8 Në këtë tub, trajektorja e tufës së elektroneve përkulet sipas rrethit me ndihmën e një fushe magnetike. Trajektorja e tufës bëhet e dukshme nga prania e një sasive të vogël gazi brenda tubit.

Matja e raportit e/m të elektronit

Raporti e/m njihet edhe si ngarkesa specifike e elektronit (këtu fjala “specifike” nënkupton “për njësi të masës”).

Nga rezultati i mësipërm për rrezën e orbitës së grimcës në fushë magnetike, nxjerrim menjëherë se:

$$\frac{e}{m} = \frac{v}{Br}$$

Pra, për të matur ngarkesën specifike të elektronit, na duhet të masim shpejtësinë, fushën magnetike dhe rrezën e orbitës. Matja e induksionit të fushës magnetike dhe rrezës së orbitës ka vështirësitë e veta. P.sh., rrezën e orbitës nuk mund ta masim me vizore, sepse atëherë gabimi i matjes është shumë i madh. Gjithashtu, na duhet të masim edhe shpejtësinë e grimcave. Një mënyrë për ta bërë këtë është me ndihmën e matjes së diferencës së potencialeve ndërmjet katodës dhe anodës së tubit që prodhon tufën e elektroneve. Kjo diferencë e potencialeve bën që elektronet të përshpejtohen. Puna që kryen fusha elektrike mbi një elektron është Ve , ku V është diferenca e potencialeve ndërmjet katodës dhe anodës. Kjo është e barabartë me energjinë kinetike të elektronit që largohet nga anoda:

$$Ve = \frac{mv^2}{2}$$

ku m dhe v janë përkatësisht masa dhe shpejtësia e elektronit.

Nga më sipër nxjerrim e/m dhe barazojmë dy shprehjet:

$$\frac{e}{m} = \frac{v}{Br} = \frac{v^2}{2V} \Rightarrow v = \frac{2V}{Br}$$

Duke zëvendësuar këtë rezultat në pjesën e parë të barazimit të mësipërm marrim:

$$\frac{e}{m} = \frac{2V}{B^2 r^2}$$

Pra, për të llogaritur ngarkesën specifike të elektronit, mjafton të masim diferencën e potencialeve në të cilën është përshpejtuar ai, induksionin e fushës magnetike, si edhe rrezen e orbitës së elektronit në këtë fushë magnetike.

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 3 Një elektron lëviz në kënd të drejtë me një fushë magnetike me induksion 1.2mT . Shpejtësia e elektronit është $8.0 \cdot 10^6\text{ms}^{-1}$. Llogaritni rrezen e rrethit që përshkruan elektroni. (Ngarkesa e elektronit është $e = 1.60 \cdot 10^{-19}\text{C}$ dhe masa e tij $m = 9.11 \cdot 10^{-31}\text{kg}$.)

Hapi 1 Zëvendësojmë vlerat në formulën e marrë për rrezen e orbitës dhe kryejmë llogaritjet:

$$r = \frac{mv}{eB} = \frac{9.11 \cdot 10^{-31} \cdot 8.0 \cdot 10^6}{1.60 \cdot 10^{-19} \cdot 1.2 \cdot 10^{-3}} \cong 3.8 \cdot 10^{-2}\text{m} \text{ (3.8 cm)}$$

PYETJE

- 12 Kushtojini vëmendje fotografisë së tufës së elektroneve në figurën 15.18. Nëse tufa e elektroneve vërtitet në kahun kundërorar, cili është kahu i fushës magnetike (hyn apo del nga plani i librit)?
- 13 Një tufë elektronesh zhvendoset në kënd të drejtë me fushën magnetike, ndaj ajo ndjek një orbitë rrethore. Si do të ndryshojë forma dhe madhësia e trajektorës së elektroneve nëse:
- rritet induksioni i fushës magnetike;
 - përmbysset kahu i fushës magnetike;
 - ulet shpejtësia e elektroneve;
 - ndryshohet drejtimi i tufës, në mënyrë që shpejtësia e elektroneve të ketë një përbërëse paralele me fushën magnetike.

Përmbledhje

- Ngarkesat në lëvizje krijojnë fushë magnetike.
- Fusha magnetike e një rryme drejtvizore ka vija force me formën e rrathëve koncentrikë. Tabloja e fushës magnetike të një solenoidi apo spire të sheshtë i ngjan asaj të një magneti shufër. Kahu i fushës përcaktohet nga rregulla e turjelës (e dorës së djathtë).
- Induksioni i fushës magnetike matet me Tesla, dhe jepet nga raporti i forcës që vepron mbi një përcjellës me rrymë që formon kënd të drejtë me fushën, me intensitetin e rrymës që rrjedh në përcjellës dhe gjatësinë e përcjellësit.
- Forca magnetike që vepron mbi një përcjellës me rrymë (forca e Amperit) jepet nga:

$$F = BIL \sin \theta$$

- Momenti magnetik i një spire të sheshtë me rrymë jepet nga: $P = IS$, ku S është sipërfaqja e spirës.
- Momenti rrotullues që vepron mbi një spirë me moment magnetik P jepet nga: $M = PS \sin \alpha$, ku α është këndi që formon plani i spirës me fushën magnetike.
- Forca që vepron mbi një grimcë të ngarkuar në lëvizje (forca e Lorencit) jepet nga formula: $F = QvB \sin \theta$ dhe drejtimi e kahu i saj gjendet nga rregulla e dorës së majtë e Flemingu.
- Forca e Lorencit shërben si forcë qendërsynuese, ndaj vlen barazimi:

$$\frac{mv^2}{r} = evB$$

Pyetje për kapitullin

- 1 Një përcjellës me rrymë vendoset në fushë magnetike.
 - a Cili është pozicioni i përcjellësit në të cilin forca e Amperit mbi të është maksimale? [1]
 - b Po pozicioni në të cilin forca e Amperit është zero? [1]
- 2 Mbi një përcjellës me rrymë që formon kënd të drejtë me një fushë magnetike të njëtrajtshme vepron forca $4.70 \cdot 10^{-3} \text{N}$. Përcaktoni forcën që vepron mbi përcjellës, kur:
 - a intensiteti i rrymës në përcjellës trefishohet; [2]
 - b induksioni i fushës magnetike përgjysmohet; [2]
 - c gjatësia e përcjellësit reduktohet në 40% të gjatësisë fillestare. [2]
- 3 3.0cm të një përcjellësi prej bakri në të cilin rrjedh rryma me intensitet 1.2A futen në një fushë magnetike të njëtrajtshme, si në figurën 15.19. Kur këndi ndërmjet përcjellësit dhe fushës është 50° , forca që vepron mbi përcjellësin është $3.8 \cdot 10^{-3} \text{N}$.

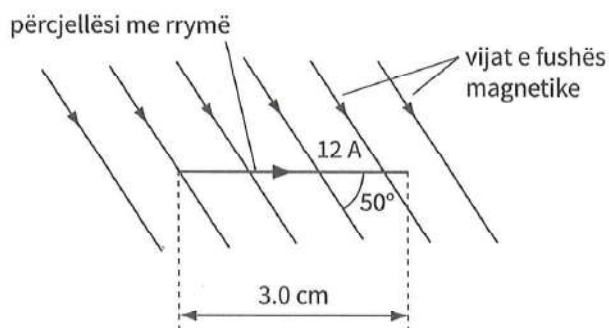


Figura 15.19 Për pyetjen 3.

- a Llogaritni induksionin e fushës magnetike. [3]
 - b Cili është drejtimi dhe kahu i forcës që vepron mbi përcjellësin? [1]
- 4 Figure 26.27 shows a view from above of two long, parallel strips of aluminium foil A and B, carrying a current downwards into the paper.



Figure 26.27 For End-of-chapter Question 4.

- a On a copy of the diagram, draw the magnetic field around and between the two strips. [2]
- b State and explain the direction of the forces caused by the current in the strips. [4]

- 4 Figura 15.20 paraqet një spirë drejtkëndëshe PQRS të vendosur në një fushë magnetike të njëtrajtshme.

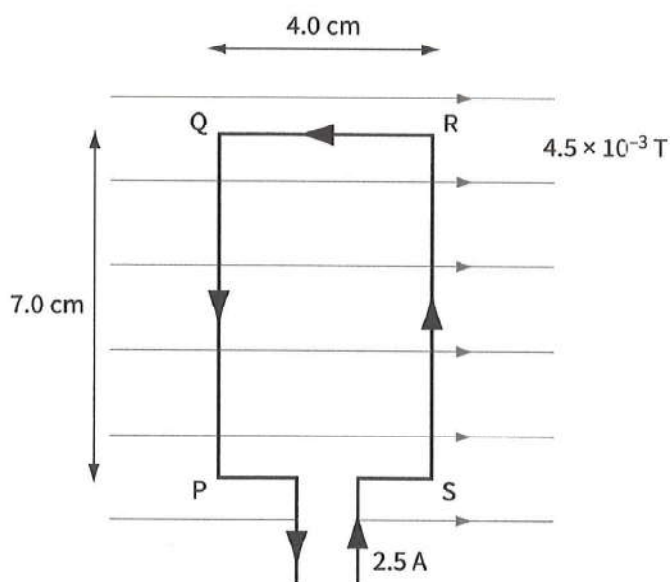


Figura 15.20 Për pyetjen 4.

Induksioni i fushës magnetike është 4.5mT dhe intensiteti i rrymës në spirë është 2.5A .

- Llogaritni forcën e ushtruar mbi brinjën PQ të spirës. [3]
 - Pse forca e ushtruar mbi brinjën QR është zero? [1]
 - Përshkruani lëvizjen e spirës menjëherë pasi takohet rryma në të. [2]
 - Llogaritni momentin rrotullues maksimal të ushtruar mbi spirën. [2]
- 5 Figura 15.21 paraqet një përcjellës me rrymë të vendosur ndërmjet poleve të një magneti në formë patkoi. Në përcjellës është ngjitur një shigjetë e vogël treguese.

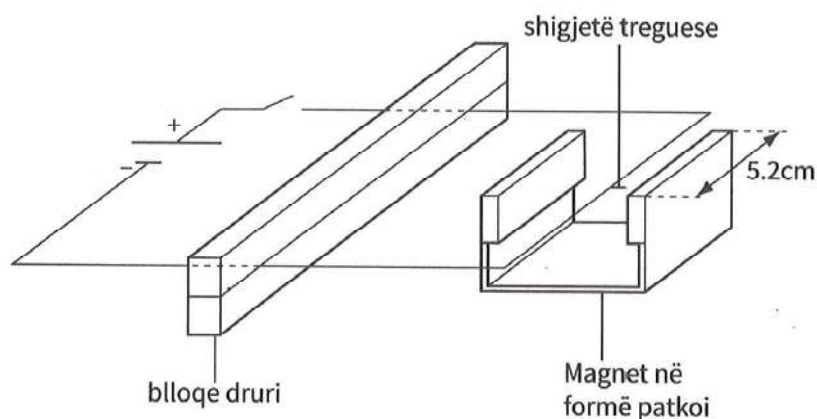


Figura 15.21 Për pyetjen 5.

Kur në përcjellës rrjedh rryma me intensitet 8.5A , shigjeta zhvendoset përsipër. Pastaj tek shigjeta ngjitet një copë e vogël letre, nën peshën e së cilës shigjeta kthehet në pozicionin fillestar. Masa e copës së letrës është 60mg . Pjesa e përcjellësit që ndodhet ndërmjet poleve të magnetit e ka gjatësinë 5.2cm .

- Cili është kahu i fushës magnetike? [1]
- Llogaritni forcën e Amperit të ushtruar mbi përcjellësin. [2]
- Llogaritni induksionin e fushës magnetike ndërmjet poleve të magnetit. [3]

- 6 a Forca që vepron mbi një përcjellës të vendosur në fushë magnetike është në përpjesëtim të drejtë me intensitetin e rrymës që kalon në përcjellës. Bëni diagramin dhe përshkruani si mund të demonstrohet kjo në laboratorin e shkollës. [5]
- b Në një pikë të dhënë mbi sipërfaqen e Tokës, përbërësja horizontale e fushës magnetike të saj është $1.6 \cdot 10^{-5} \text{T}$. Një përcjellës me gjatësi 3.0m dhe rëndesë 0.020N është vendosur mbi tryezën e laboratorit në drejtimin lindje-perëndim. Kur në përcjellës rrjedh një rrymë e madhe, ai shkëputet nga sipërfaqja e tryezës.
- i Cili është kahu i rrymës në përcjellës? [1]
- ii Llogaritni intensitetin minimal të rrymës që nevojitet për ta shkëputur përcjellësin nga tryeza. [3]

7 Figura 15.22 paraqet një përcjellës të fiksuar horizontal që kalon ndërmjet poleve të një magneti të përhershëm, duke qenë e baraslarguar prej tyre. Magneti është vendosur mbi një peshore. Kur në përcjellës nuk rrjedh rrymë, peshorja tregon 102.45g. Kur në përcjellës rrjedh rrymë me intensitet 4.0A, peshorja tregon 101.06g.

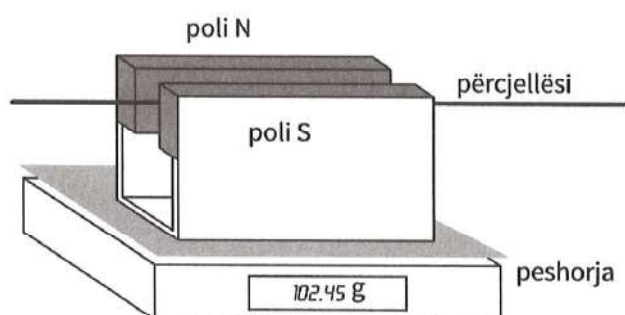


Figura 15.22 Për pyetjen 7.

- a Shpjegoni pse peshorja tregon më pak kur takohet çelësi e në përcjellës rrjedh rrymë. [2]
- b Shpjegoni cili është kahu i rrymës në përcjellës. [2]
- c Gjatësia e pjesës së përcjellësit që ndodhet brenda fushës është 5.0cm. Llogaritni vlerën mesatare të induksionit të fushës magnetike. [2]
- d Skiconi një grafik të varësisë së tregimit të peshores nga intensiteti i rrymës. [2]
- 8 Forca e Lorencit bën që trajektorja e elektronit në fushë magnetike të njëtrajtshme të jetë rrethore. Shpjegoni pse kjo forcë nuk shkakton rritjen e shpejtësisë së elektronit. [3]
- 9 Mbi një grimcë të ngarkuar në lëvizje ushtrohen forca, si nga fusha elektrike ashtu edhe nga ajo magnetike. Tregoni dy ndryshime ndërmjet këtyre dy forcave. [2]

- 10 Figura 15.23 paraqet trajektoren e një elektroni në praninë e ajrit. Elektroni vërtitet në kahun orar, kur fusha magnetike hyn në planin e librit, por rrezja e orbitës vjen duke u zvogëluar.

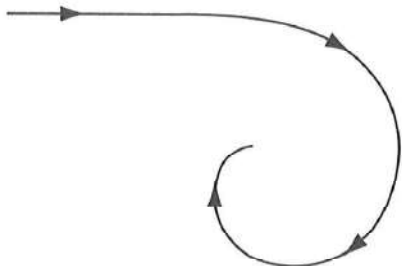


Figura 15.23 Për pyetjen 10.

- a i Shpjegoni origjinën e forcës që bën që trajektorja e elektronit të jetë spirale. [2]
 ii Shpjegoni pse rrezja e orbitës vjen duke u zvogëluar. [2]
- b Në një pikë të caktuar shpejtësia e elektronit është $1.0 \cdot 10^7 \text{ms}^{-1}$ dhe induksioni i fushës magnetike është 0.25T. Llogaritni: [2]
 i forcën e Lorencit që vepron mbi elektronin në këtë pikë; [2]
 ii rrezën e orbitës në këtë pikë. [2]
- 11 Figura 15.24 paraqet një mënyrë për t'i devijuar protonet nga burimi tek detektori, me ndihmën e fushës magnetike. Fusha magnetike ekziston vetëm brenda zonës së hijezuar. Trajektorja e protoneve shtrihet në planin e fletës.

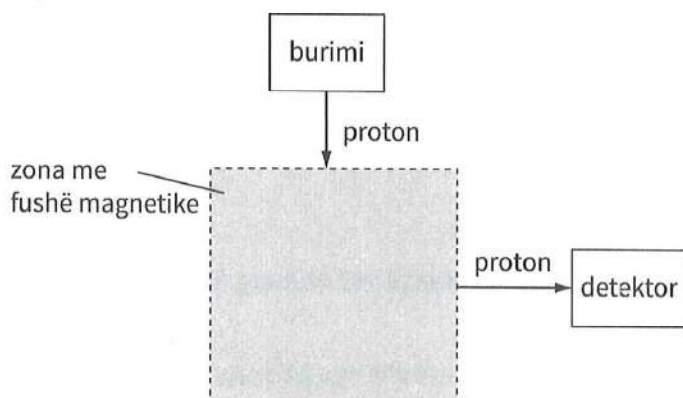


Figura 15.24 Për pyetjen 11.

- a i Skiconi trajektoren e protonit nga burimi tek detektori. Në dy pika të trajektores vizatoni shigjetat që paraqesin forcën e Lorencit që vepron mbi protonin. [3]
 ii Cili është kahu i fushës magnetike? [1]
- b Shpejtësia e protonit kur hyn në fushë është $4.0 \cdot 10^6 \text{ms}^{-1}$. Induksioni i fushës magnetike është 0.25T. Llogaritni: [1]
 i forcën e Lorencit që vepron mbi protonin; [1]
 ii rrezën e trajektores së protonit në fushë. [2]
- c Fushës magnetike i bëhen dy ndryshime që lejojnë që një elektron me shpejtësi sa ajo e protonit të devijohet sipas së njëjtës trajektore. Cilat janë dy ndryshimet që i bëhen fushës? [2]



Kapitulli 16: Induksioni elektromagnetik

Rezultatet e të nxënit

Duhet të jeni në gjendje të:

- përkufizoni fluksin magnetik dhe njësitë matëse të tij;
- përkruani eksperimente që ilustrojnë aspekte të induksionit elektromagnetik;
- zgjidhni problema me ndihmën e ligjeve të Faradeit dhe Lencit;
- shpjegoni zbatime të thjeshta të induksionit elektromagnetik.

Prodhimi i elektricitetit

Shumica e elektricitetit që ne përdorim gjenerohet duke shfrytëzuar induksionin elektromagnetik. Ky proces ndodh në gjeneratorët e centraleve elektrike (HEC-e dhe TEC-e), në turbinat me erë (figura 16.1) dhe në një shkallë më të vogël, në dinamot e biçikletave. Ky është procesi gjatë të cilit një përcjellës dhe një fushë magnetike zhvendosen lidhur me njëri-tjetrin, në mënyrë që të induktohet apo gjenerohet, rrymë ose forcë elektromotore (f.e.m.).

Figura 16.1 Kjo turbinë gjigante me erë shfrytëzon induksionin elektromagnetik për të prodhuar elektricitet. Se sa e madhe është turbina, mund ta kuptoni duke e krahasuar me dy inxhinierët që punojnë aty. (Në foto ata dallohen nga helmetat e bardha.)



Vrojtimi i induksionit

Ju vetë mund të kryeni disa eksperimente të thjeshta për të vërtetuar disa nga tiparet e dukurisë së induksionit elektromagnetik. Këto përshkruhen më poshtë.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 16.1: Vrojtimi i induksionit

Para se të kryeni secilin prej këtyre eksperimenteve, përpunoni të parashikoni çfarë do të vërtetoni.

Eksperimenti 1

Lidhni një motor të vogël elektrik me një voltmetër (figura 16.2). Rrotulloni trupin e motorit dhe vëzhgoni zhvendosjen e gjilpërës së voltmetrit. Çfarë ndodh nëse e rrotulloni më ngadalë motorin? Po kur ndaloni? Zakonisht ne lidhim motorin me burimin e rrymës dhe ai rrotullohet. Në këtë eksperiment ju keni rrotulluar motorin dhe kështu, ndërmjet terminaleve të tij keni marrë tension. Gjeneratori është pra një motor që punon në të zhdrejtë.

Eksperimenti 2

Lidhni një galvanometër të ndjeshëm në skajet e një bobinës (figura 16.3). Zhvendosni një magnet shufër drejt bobinës. Ndaloni e pastaj tërhiqeni mbrapsht magnetin. Si ndryshon zhvendosja e gjilpërës së galvanometrit? Provoni shpejtësi të ndryshme dhe polaritetet të kundërt të magnetit. Provoni magnetë të dobët dhe të fortë.

Me të njëjtat pajisje, provoni të zhvendosni bobinën lidhur me magnetin dhe vëzhgoni zhvendosjen e gjilpërës së galvanometrit.

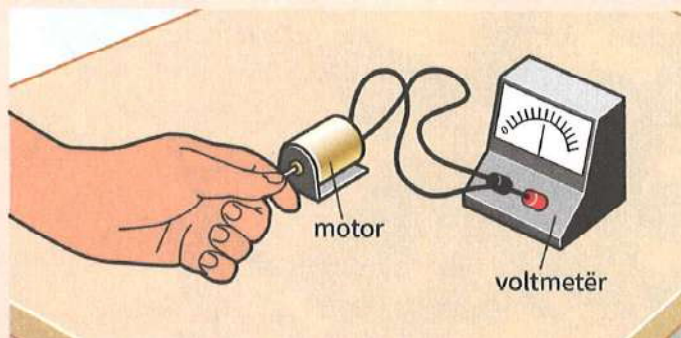


Figura 16.2 Motori që punon në të zhdrejtë bëhet gjenerator.

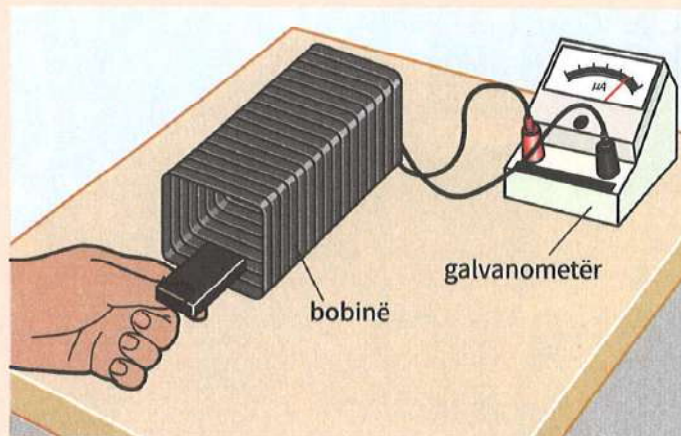


Figura 16.3 Zhvendosja e magnetit lidhur me bobinën gjeneron një rrymë të vogël.

Eksperimenti 3

Lidheni galvanometrën në skajet e një përcjellësi të gjatë. Zhvendoseni pjesën e mesme të përcjellësit lart e poshtë në fushën magnetike të një magneti patkua (figura 16.4). Dyfishojeni përcjellësin, në mënyrë që nëpër fushën magnetike të zhvendoset dy herë më shumë gjatësi. Çfarë ndodh me tregimin e galvanometrit? Si mund t'i jepni përcjellësit formë të mbyllur, që të merrni dyfishin e zhvendosjes së gjilpërës së galvanometrit?

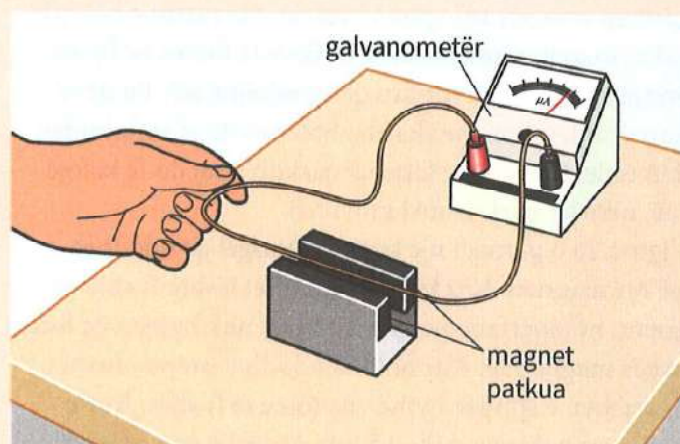


Figura 16.4 Studimi i rrymës së induktuar kur një përcjellës zhvendoset në fushë magnetike.

Faktorët që ndikojnë mbi rrymën e induktuar

Në të gjitha eksperimentet e përshkruara më sipër keni vërejtur se është induktuar një rrymë apo forcë elektromotore. Në secilin prej këtyre rasteve kemi të pranishme një fushë magnetike dhe një përcjellës. Kur përcjellësi ose fusha zhvendosen, lind një rrymë e induktuar. Kur ndalon lëvizja, rryma bëhet zero.

Nga këto tri eksperimente shohim se madhësia e rrymës apo f.e.m. të induktuar varet nga disa faktorë.

Në rastin e bobinës, faktorët janë:

- madhësia e induksionit magnetik,
- gjatësia e përcjellësit në fushë,
- shpejtësia e zhvendosjes së përcjellësit.

Në rastin e bobinës, faktorët janë:

- madhësia e induksionit të fushës magnetike,
- sipërfaqja tërthore e bobinës,
- numri i mbështjellave të saj,
- shpejtësia e lëvizjes së saj në fushë.

Shpjegimi i induksionit elektromagnetik

Kemi parë se zhvendosja relative e një përcjellësi dhe një fushe magnetike indukon rrymë në përcjellës kur qarku në të cilin ai është lidhur mbyllet. (Në eksperimentet e mësipërme, qarkun e mbyllte aparati matës.) Tani le t'i shpjegojmë këto vrojtme, duke u bazuar mbi atë që dimë lidhur me fushat magnetike.

Përcjellësi pret vijat e forcës së fushës magnetike

Fillojmë me rastin e një magneti shufër. Ai krijon fushë magnetike në hapësirën përreth tij. Kjo fushë paraqitet me ndihmën e vijave të forcës. Tani të shohim çfarë ndodh kur përcjellësi hyn në fushën magnetike (figura 16.5). Ndërsa zhvendoset, ai ndërpret vijat e forcës të fushës. Edhe kur e nxjerrim përcjellësin nga fusha, ai sërish pret vijat e forcës, por kësaj radhe në drejtimin e kundërt.

Themi se kjo ndërprerje e vijave të fushës prej përcjellësit është shkak i rrymës së induktuar në të. Nuk ka rëndësi nëse zhvendoset përcjellësi apo magneti; rezultati është i njëjtë: në përcjellës do të induktohet rrymë.

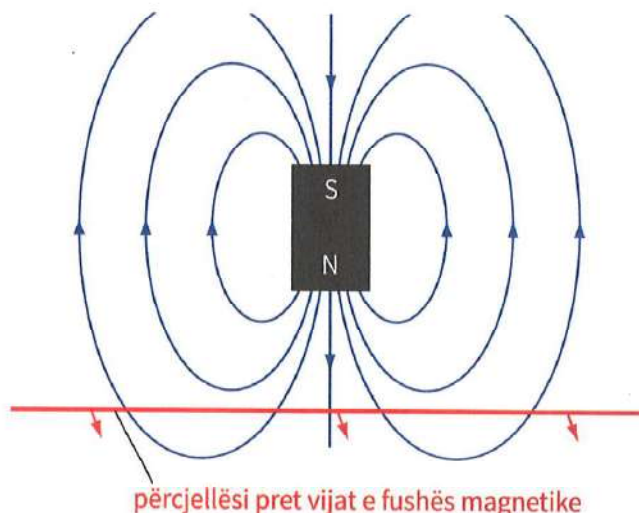


Figura 16.5 Kur përcjellësi zhvendoset në fushë magnetike, në të induktohet rrymë.

Efekti është më i fuqishëm, nëse marrim një bobinë. Nëse bobina ka N mbështjella, efekti do të jetë N herë më i fuqishëm sesa për një spirë të vetme. Në rastin e bobinës mund të imagjinojmë numrin e vijave të forcës që hyjnë në prerjen tërthore të spirave që e përbëjnë atë. Po që se ky numër ndryshon, në skajet e bobinës do të induktohet një forcë elektromotore (dhe në qarkun e saj do të kalojë rrymë, nëse ky qark është i mbyllur).

Figura 16.6 paraqet një bobinë të vogël që ndodhet pranë një magneti. Kur bobina ndodhet jashtë fushës së magnetit, në sipërfaqen e spirave të saj nuk hyjnë vija force të fushës magnetike. Kur bobina ndodhet brenda fushës, në sipërfaqen e spirave hyjnë vija force të fushës. Kur e zhvendosim bobinën duke e futur në fushë apo nxjerrë nga

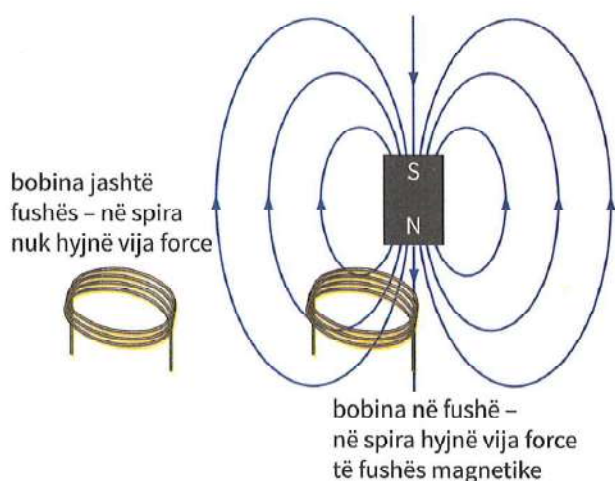


Figura 16.6 Kur bobina zhvendoset duke u futur apo dalë nga fusha magnetike, fluksi nëpër sipërfaqen e spirave të saj ndryshon.

PYETJE

- 1 Shpjegoni si induktohet rryma në dinamon e biçikletës, duke patur parasysh ato që thamë mbi ndërprerjen e vijave të forcës së fushës nga përcjellësi (figura 16.7).

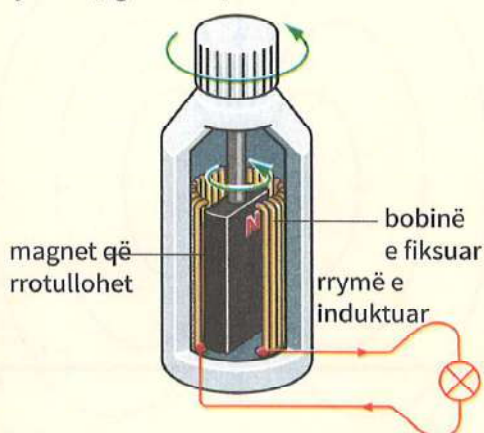


Figura 16.7 Në dinamon e biçikletës kemi një magnet të përhershëm, i cili rrotullohet brenda një bobine të fiksuar - për pyetjen 1.

fusha (apo edhe nga një zonë me fushë më të fuqishme në një zonë me fushë më të dobët dhe anasjelltas), ky numër i vijave të forcës ndryshon dhe kjo bën që në skajet e bobinës të shfaqet një forcë elektromotore.

Kahu i rrymës

Si mund ta parashikojmë kahun e rrymës së induktuar? Në rastin e efektit lëvizës (motor) ne përdorim rregullën e dorës së majtë të Flemingut. Induksioni elektromagnetik është si shëmbëllim i pasqyruar i efektit lëvizës. Në vend të rrymës e cila bën që mbi përcjellësin të ushtrohet forcë nga fusha magnetike, këtu ushtrojmë një forcë mbi përcjellësin,



Figura 16.8 Rregulla e dorës së djathtë e Flemingut.

duke e zhvendosur atë në fushën magnetike, gjë që indukton rrymë në përcjellës. Ndaj nuk duhet të çuditemi që në këtë rast përdorim pasqyrimin e rregullës së dorës së majtë: **rregullën e dorës së djathtë të Flemingut** (gjenerator).

Sërish tre gishtat përfaqësojnë të njëjtat gjëra (figura 16.8):

- gishti i madh: drejtimi i zhvendosjes;
- gishti tregues: fusha e jashtme magnetike;
- gishti i mesit: kahu i rrymës (konvencionale) të induktuar.

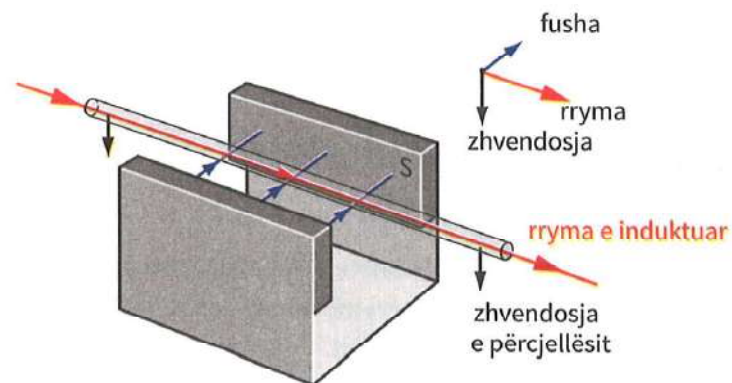


Figura 16.9 Parashikimi i kahut të rrymës së induktuar me ndihmën e rregullës së dorës së djathtë të Flemingut.

Në shembullin e paraqitur në figurën 16.9, përcjellësi zhvendoset përposhtë në fushën magnetike. Rryma e induktuar në përcjellës ka kahun e treguar. Kontrolloni këtu me dorën tuaj të djathtë. Kontrolloni edhe se përmbysjja e kahut të fushës magnetike do të sjellë si rezultat edhe përmbysjen e kahut të rrymës së induktuar në përcjellës.

Forca elektromotore e induktuar

Kur përcjellësi nuk është pjesë e një qarku të mbyllur, në të nuk mund të kalojë rrymë. Në atë rast, në njërin nga skajet e përcjellësit do të grumbullohet ngarkesë pozitive e në tjetrin ngarkesë negative. Pra, në këtë rast do të kemi një forcë elektromotore të induktuar.

Por a është ky termi i duhur? Mos vallë duhet të themi “diferencë potencialesh”? Ne e kemi parë ndryshimin ndërmjet diferencës së potencialeve dhe forcës elektromotore. Në këtë rast termi i duhur është “forcë elektromotore”, sepse duke zhvendosur përcjellësin në fushë magnetike, ne kryejmë punë dhe kjo shndërrohet

në energji elektrike. Këtë mund ta shohim edhe nga një këndvështrim tjetër: duke qenë se ne mund të lidhim skajet e përcjellësit e kështu rryma do të kalojë nëpër komponentin që mbyll qarkun, p.sh. një llambë e cila do të ndriçojë, duhet të kemi të pranishme një forcë elektromotore, pra, një burim energjie elektrike.

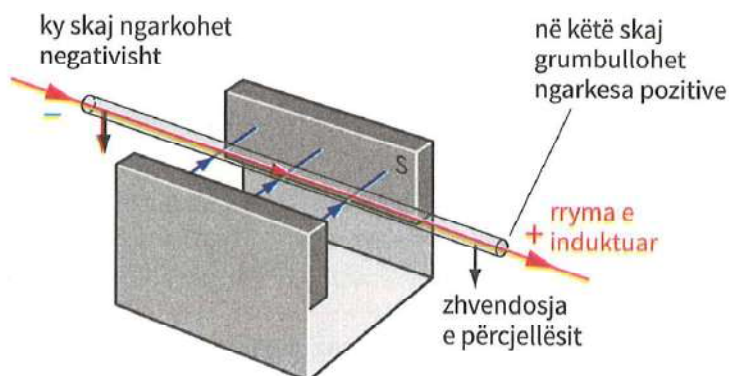


Figura 16.10 Në skajet e përcjellësit induktohet një forcë elektromotore.

PYETJE

- 2 Spira e figurës 16.11 rrotullohet në një fushë magnetike të njëtrajtshme. Tregoni kahun e rrymës së induktuar në pjesët AB e CD. Tregoni cili nga skajet, X apo Y, do të jetë i ngarkuar pozitivisht.
- 3 Kur avioni fluturon nga lindja në perëndim, krahët e tij janë një përcjellës që pret vijat e forcës së fushës magnetike të Tokës. Maja e cilit krah do të ngarkohet pozitivisht? Pse në hemisferën e jugut ngarkesa e kësaj maje do të jetë negative?

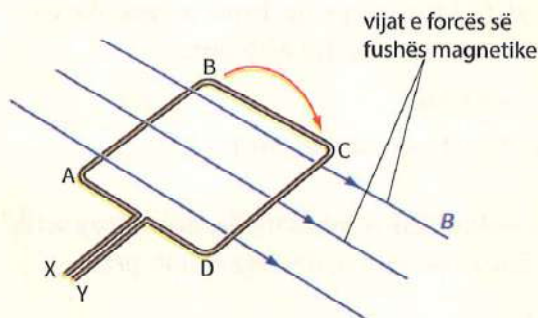


Figura 16.11 Një spirë që rrotullohet në fushë magnetike.

Figura 16.10 paraqet si ndodh që rryma e induktuar bëhet e njëvlershme me një forcë elektromotore të induktuar. Vini re se brenda përcjellësit rryma konvencionale rrjedh nga poli negativ në atë pozitiv, njëjloj si brenda baterive dhe burimeve të tjera të f.e.m. Në fakt, elektronet e lira brenda përcjellësit zhvendosen nga e djathta në të majtë, duke bërë që skaji i majtë i përcjellësit të ngarkohet negativisht. Po çfarë i bën elektronet të lëvizin? Zhvendosja e përcjellësit është e njëvlershme me zhvendosjen e elektroneve që ndodhen brenda përcjellësit në drejtimin e lëvizjes së përcjellësit. Këto elektrone ndodhen në fushë të jashtme magnetike, ndaj mbi të vepron forca e Lorencit e drejtuar nga e djathta në të majtë. Këtë ju mund ta verifikoni vetë.

Fluksi magnetik

Deri tani e kemi parë induksionin elektromagnetik nga pikëpamja cilësore. Tani do të shohim si llogaritet f.e.m. e

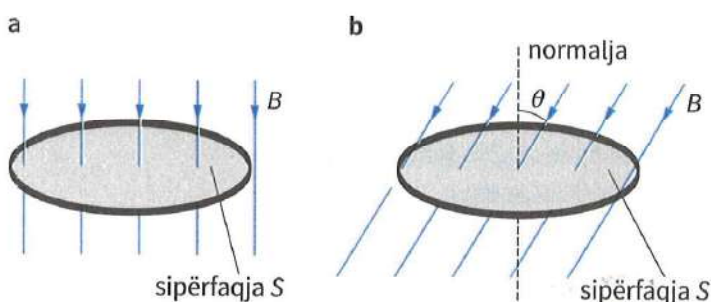


Figura 16.12 a Kur sipërfaqja është pingule me fushën, fluksi magnetik është BS . b Kur fusha formon këndin θ me sipërfaqen, fluksi magnetik bëhet $BA \cos \theta$.

induktuar dhe një mënyrë të përcaktimit të kahut të saj që vlen në të gjitha situatat.

Për ta bërë këtë, na duhet të përkufizojmë **fluksin e induksionit magnetik** nëpër një sipërfaqe S . Këtë mund ta mendojmë si numrin e vijave të fushës magnetike që hyjnë në një sipërfaqe S . Kur fusha magnetike është pingule me sipërfaqen, fluksi magnetik Φ është i barabartë me produktin e induksionit magnetik B me sipërfaqen S (figura 16.12a).

Fluksi magnetik Φ nëpër sipërfaqen S përkufizohet nga:

$$\Phi = BS$$

ku B është përbërësja e induksionit të fushës magnetike sipas normales me sipërfaqen.

Si mund ta llogarisim fluksin magnetik kur fusha nuk është normale me sipërfaqen? Duket qartë se, kur fusha është paralele me planin e sipërfaqes, fluksi magnetik përmes sipërfaqes S është zero. Në rastin e përgjithshëm, për të gjetur fluksin magnetik, duhet të gjejmë përbërësen e induksionit magnetik sipas drejtimit pingul me sipërfaqen. Figura 16.12b paraqet një fushë magnetike që formon këndin θ me normalen. Në këtë rast:

$$\Phi = B \cos \theta \cdot S = B S \cos \theta$$

(Vërejmë se, kur $\theta = 90^\circ$, $\Phi = 0$ dhe kur $\theta = 0^\circ$, $\Phi = BS$.)

Kur kemi një bobinë me N mbështjella, fluksi magnetik është N —fishi i fluksit përmes njërës nga spirat, pra:

$$\Phi = N B S \cos \theta$$

Njësia e fluksit magnetik është Veber (Wb). Ky është fluksi që kalon përmes sipërfaqes 1m^2 , kur induksioni i fushës magnetike është 1T . Pra, $1\text{Wb} = 1\text{T m}^2$.

Kurdo që kemi ndryshim të fluksit magnetik në qark, në të induktohet forcë elektromotore. Duke qenë se fluksi magnetik është i barabartë me $B S \cos \theta$, kemi tri mënyra për të marrë f.e.m. të induktuar:

- ndryshojmë induksionin e fushës magnetike B ;
- ndryshojmë sipërfaqen S të qarkut;
- ndryshojmë këndin θ .

Tani shohim shembullin e zgjidhur 1.

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 1 Figura 16.13 paraqet një solenoid me sipërfaqe të prerjes tërthore 0.10m^2 . Induksioni i fushës magnetike në të është $2.0 \cdot 10^{-3}\text{T}$ dhe solenoidi ka 250 mbështjella. Llogaritni fluksin e fushës magnetike në këtë solenoid.

Hapi 1 Duke qenë se këndi $\theta = 0^\circ$ zbatojmë formulën, zëvendësojmë vlerat dhe kryejmë llogaritjet:

$$\Phi = NBS = 250 \cdot 2.0 \cdot 10^{-3} \cdot 0.10 = 5.0 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$$

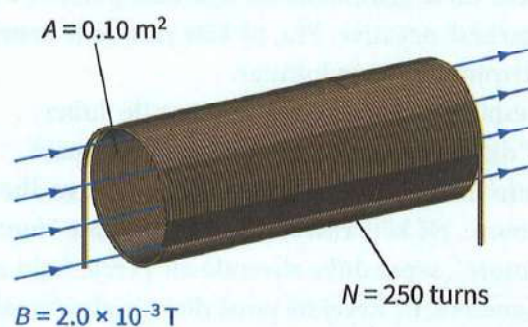


Figura 16.13 Një solenoid në fushë magnetike.

PYETJE

- 4 Duke patur parasysh fluksin magnetik, shpjegoni pse forca elektromotore e induktuar kur fusim një magnet brenda një bobine varet nga fuqia e magnetit.
- 5 Në një eksperiment për studimin e faktorëve që ndikojnë mbi madhësinë e f.e.m. të induktuar, një nxënës zhvendos një përcjellës sa para—mbrapa në hapësirën ndërmjet poleve të një magneti në formë patkoi, si në Figurën 16.14. Shpjegoni pse f.e.m. e gjeneruar në këtë mënyrë është shumë më e vogël se në rastin kur përcjellësin e zhvendosim lart e poshtë.

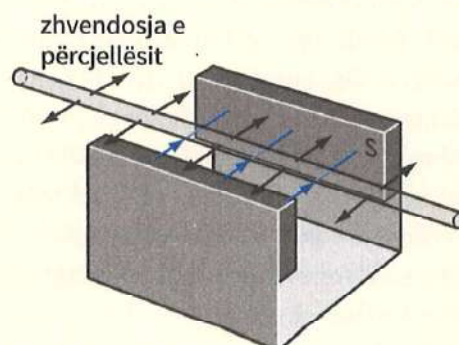


Figura 16.14 Ky përcjellës zhvendoset horizontalisht në fushë magnetike horizontale. Për pyetjen 5.

- 6 Në tipin e gjeneratorit që gjendet në centralin elektrik të figurës 16.15, kemi një elektromagnet të madh, i cili rrotullohet brenda një bobine të fiksuar. Aty gjenerohet një f.e.m. alternative 25kV me frekuencë 50Hz. Cili është faktori që përcakton frekuencën? Cilët janë faktorët që mendoni se do të ndikojnë mbi madhësinë e forcës elektromotore?



Figura 16.15 Gjeneratorët e këtij centrali elektrik prodhojnë elektricitet me f.e.m. 25kV. Për pyetjen 6.

- 7 Induksioni i fushës magnetike të një magneti në sipërfaqen e polit nord të tij është 0.15T dhe fusha është praktikisht e njëtrajtshme. Përmasat e polit janë 1.0cm×1.5cm. Llogaritni fluksin magnetik pranë këtij poli.
- 8 Përmasat e një solenoidi janë: diametri 5.0cm dhe gjatësia 25cm (figura 16.16). Ai ka 200 mbështjella. Rryma 2.0A që kalon në të krijon një fushë me induksion $2.0 \cdot 10^{-5}T$ brenda solenoidit. Llogaritni fluksin magnetik përmes solenoidit.

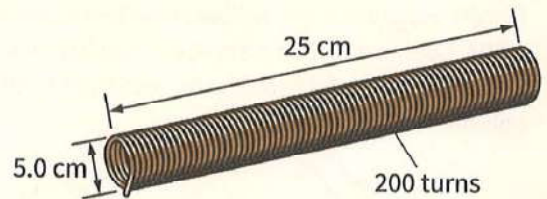


Figura 16.16 Solenoid. Për pyetjen 8.

- 9 Një spirë drejtkëndëshe me përmasa 5.0cm×7.5cm dhe 120 mbështjella ndodhet në pozicionin pingul me fushën me induksion 1.2T. Llogaritni fluksin magnetik përmes spirës.

Ligji i Faradeit i induksionit elektromagnetik

Pamë se induksioni elektromagnetik ndodh kur një përcjellës pret vijat e forcës të fushës magnetike, p.sh. kur një spirë rrotullohet në fushë magnetike e kështu ndryshon fluksi magnetik përmes saj. Madhësinë e forcës elektromotore të induktuar në qark e përcaktojmë me ndihmën e ligjit të induksionit elektromagnetik të formuluar nga Majkëll Faradei (Michael Faraday):

Madhësia e forcës elektromotore është në përpjesëtim të drejtë me shpejtësinë e ndryshimit të fluksit magnetik.

Në sistemin SI konstantja e përpjesëtueshmërisë është e barabartë me 1. Atëherë trajta matematike e ligjit të Faradeit është:

$$E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Kujtojmë se ky ligj na jep madhësinë e forcës elektromotore të induktuar; kahu i saj jepet nga ligji i Lencit, i cili shpjegohet në paragrafin që vijon.

Tani kushtojini vëmendje shembujve të zgjidhur 2 e 3.

SHEMBUJ TË ZGJIDHUR

- 2 Një përcjellës drejtvizor me gjatësi 0.20m zhvendoset me shpejtësi konstante 3.0ms^{-1} në kënd të drejtë me një fushë magnetike me induksion 0.10T. Me ndihmën e ligjit të Faradeit, gjeni madhësinë e forcës elektromotore të induktuar në skajet e përcjellësit.

Hapi 1 Për të gjetur f.e.m., na duhet të gjejmë shpejtësinë e ndryshimit të fluksit magnetik; me fjalë të tjera ndryshimin e fluksit magnetik në 1 sekondë.

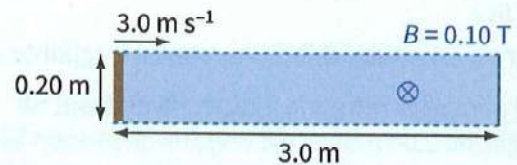


Figura 16.17 Një përcjellës që zhvendoset pret vijat e fushës magnetike.

Figura 16.17 tregon se përcjellësi zhvendoset me 3.0m në 1 sekondë. Atëherë:

$$\Delta\Phi = B \cdot \Delta S = 0.10 \cdot 3.0 \cdot 0.20 = 6.0 \cdot 10^{-2} \text{Wb}$$

Hapi 2 Përcaktojmë f.e.m. me ndihmën e ligjit të

SHEMBUJ TË ZGJIDHUR (vazhdim)

Faradeit.

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{6.0 \cdot 10^{-2}}{1.0} = 0.06V$$

Forca elektromotore e induktuar është rreth 60mV.

- 3 Ky shembull ilustron një mënyrë të matjes së induksionit të fushës magnetike, i paraqitur në figurën 16.18.

Një bobinë me 2500 mbështjella dhe sipërfaqe 1.2cm^2 vendoset ndërmjet poleve të një magneti, pingul me fushën magnetike. Induksioni i fushës magnetike është 0.50T . Bobina nxirret me shpejtësi nga fusha; koha për këtë është 0.10s . Sa është f.e.m. mesatare e induktuar në bobinë?

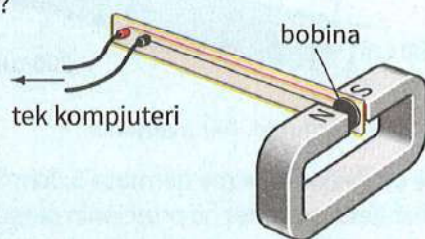


Figura 16.18 Bobina futet dhe nxirret nga fusha magnetike.

Hapi 1 Kur bobinën e nxjerrim nga fusha, fluksi në të bëhet zero. Na duhet të llogarisim fluksin përmes bobinës, kur ajo ndodhet brenda fushës.

$$\Phi = NBS = 2500 \cdot 0.50 \cdot 1.2 \cdot 10^{-4} = 0.15\text{Wb}$$

Hapi 2 Tani llogarisim forcën elektromotore të induktuar. Ndryshimi i fluksit është sa fluksi fillestar (sepse ai përfundimtar është zero) dhe koha gjatë së cilës ndodh kjo është 0.10s . Atëherë:

$$\Delta(N\Phi) = 0.15\text{Wb} \quad \text{and} \quad \Delta t = 0.10\text{s}$$

magnitude of induced e.m.f. = rate of change of flux linkage

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0.15}{0.10} = 1.5V$$

Pra, f.e.m. mesatare e induktuar është $1.5V$.

PYETJE

- 10 Një përcjellës me gjatësi L zhvendoset me shpejtësi v në kënd të drejtë me një fushë magnetike të njëtrajtshme me induksion B . Tregoni se f.e.m. e induktuar në përcjellës jepet nga:

$$E = BLv$$

(Për t'u orientuar, shihni shembullin e zgjidhur 2.)

- 11 Një përcjellës me gjatësi 10cm zhvendoset në largësinë 2.0cm sipas një drejtimi që formon kënd të drejtë me përcjellësin dhe fushën magnetike me induksion 1.5T . Kjo ndodh për 0.50s . Llogaritni forcën elektromotore mesatare të induktuar në përcjellës.
- 12 Figura 16.19 paraqet një bobinë me 2000 mbështjella dhe sipërfaqe 1.2cm^2 të vendosur ndërmjet poleve të një magneti të fuqishëm. Skajet e bobinës lidhen

me një voltmetër. Pastaj bobina nxirret nga fusha magnetike brenda kohës 0.20s dhe voltmetri regjistron një f.e.m. mesatare $0.40V$. Llogaritni induksionin e fushës magnetike ndërmjet poleve të një magneti.

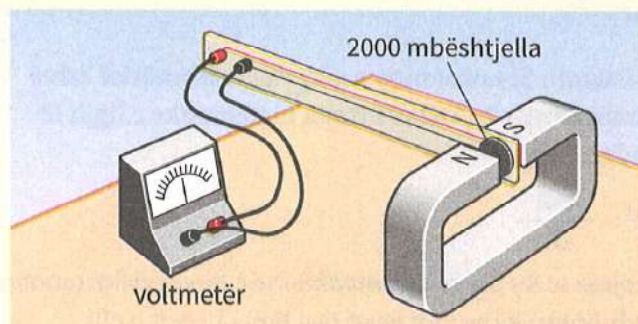


Figura 16.19 Matja e induksionit të fushës magnetike me ndihmën e një bobine.

Ligji i Lencit

Ligji i Faradeit na jep madhësinë e forcës elektromotore të induktuar. Tani na duhet të gjejmë kahun e forcës elektromotore; me fjalë të tjera, cili skaj i përcjellësit apo spirës bëhet poli pozitiv e cili poli negativ.

Rregulla e dorës së djathtë e Flemingut na jep kahun e rrymës së induktuar. Ky është një rast i veçantë i një ligji më të përgjithshëm, ligjit të Lencit (Lenz), të cilin do ta shpjegojmë në këtë paragraf.

Së pari e shohim dukurinë nga pikëpamja energjetike. Figura 16.20 paraqet një eksperiment që e kemi parë më herët. Brenda një solenoidi fusim polin nord të një magneti. Në solenoid induktohet rrymë, por cili është kahu i saj? Diagrami paraqet dy mundësitë.

Rryma që lind në solenoid e shndërron atë në elektromagnet. Njëri skaj i solenoidit bëhet poli nord e tjetri poli sud i elektromagnetit. Në figurën 16.20a, po qe se ky është kahu i rrymës së induktuar, skaji i solenoidit që ndodhet në pranë magnetit do të bëhet poli sud i tij. Këto pole do të tërhiqen dhe ne nuk do të kishim më nevojë ta shtynim magnetin, sepse vetë solenoidi do ta tërhiqte atë.

Në këtë rast, pa kryer fare punë, do të kishim energji elektrike në solenoid. Edhe magneti, duke u tërhequr nga solenoidi, do të fitonte energji kinetike. Padyshim që kjo nuk është e mundur: ligji i ruajtjes së energjisë na e ndalon!

Atëherë pasqyrimin e saktë të situatës e kemi në figurën 16.20b. Kur në solenoid fusim polin nord të magnetit, rryma e induktuar ka kah të tillë që skaji më afër magnetit të bëhet poli nord i solenoidit. Këto dy pole shtyhen dhe neve na duhet të kryejmë punë për ta futur magnetin në solenoid. Energjia që shpenzojmë ne shndërrohet në energji elektrike të rrymës. Nuk dhunohet ligji i ruajtjes së energjisë.

PYETJE

- 13 Në analogji me sa më sipër shpjegoni çfarë ndodh nëse: a) nuk e shtyjme më magnetin brenda solenoidit dhe b) e nxjerrim magnetin nga solenoidi.
- 14 Referojuni figurës 16.21. Shpjegoni pse situata a është e gabuar dhe b ajo e saktë.

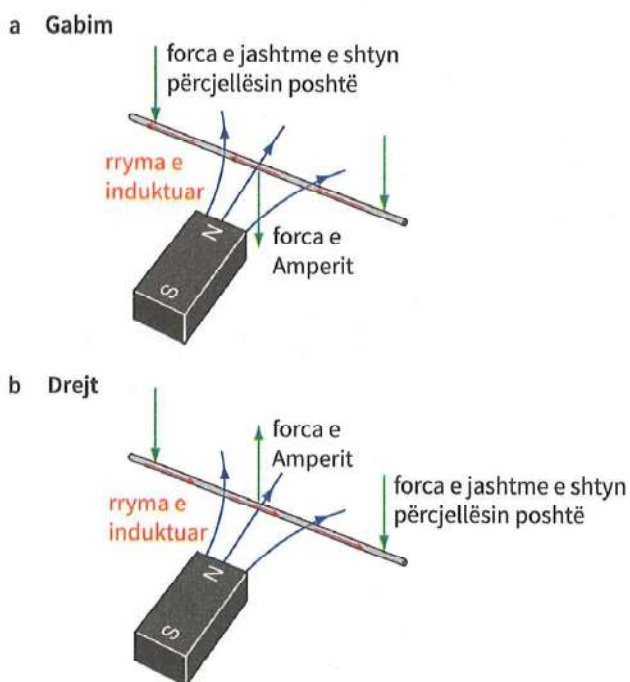


Figura 16.21 Zhvendosja e përcjellësit në fushën magnetike: kahu i rrymës së induktuar është si në b, jo si në a.

Ligji i përgjithshëm për forcën elektromotore të induktuar

Ligji i Lencit përgjithëson ligjin e ruajtjes së energjisë. Kahu i rrymës së induktuar është i tillë që gjithmonë të krijojë një forcë që kundërshton shkakun që e lindi atë. Nëse kahu i rrymës do të ishte i kundërti, ne do të merrnim energji nga hiçi. **Ligji i Lencit:**

Rryma apo forca elektromotore e induktuar ka kah të tillë që të japë efekte që kundërshtojnë ndryshimin që e lindi atë.

Të gjitha eksperimentet tregojnë se ky ligj është i saktë. Në rastin e figurës 16.20 gjilpëra magnetike tregojnë se skaji i solenoidit më afër magnetit është vërtet poli nord i tij dhe në figurën 16.21 kahu i rrymës verifikohet lehtë me ndihmën e një galvanometri.

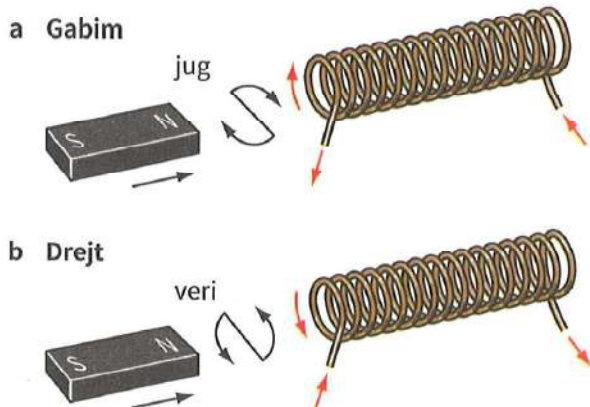


Figura 16.20 Kur fusim një magnet brenda solenoidit, kahu i rrymës së induktuar është si në b, e jo si në a.

Vërejmë se, duke kombinuar ligjin e Faradeit me atë të Lencit, marrim formën e mëposhtme të **ligjit Faradei—Lenc** (Faraday—Lenz):

$$E = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

ku shenja minus i referohet pikërisht faktit se kahu i f.e.m. të induktuar është i tillë që të kundërshtojë shkaktun që e lindi atë.

PYETJE

- 15** Një magnet shufër lëshohet brenda një solenoidi të gjatë, skajet e të cilit janë lidhur me një oshiloskop (figura 16.22 -28.24). Në ekranin e oshiloskopit mund të shihni si ndryshon me kohën f.e.m. e induktuar në solenoid, ndërsa magneti bie lirisht.

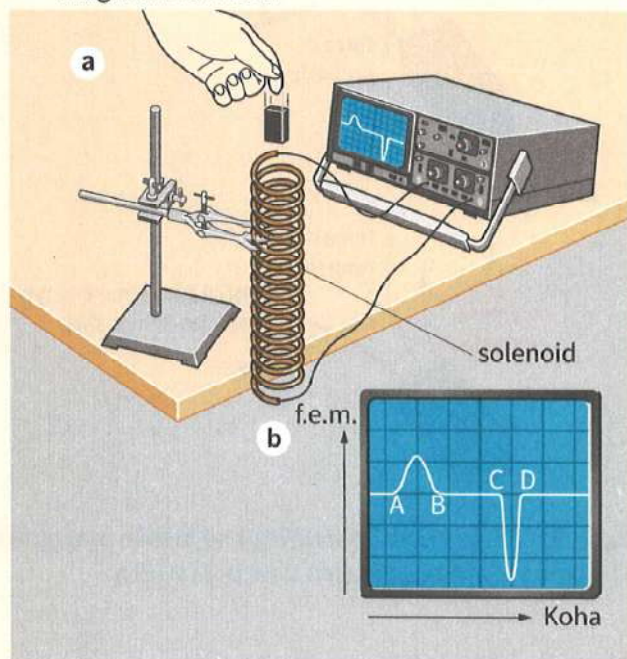


Figura 16.22 a Një magnet shufër bie nëpër një solenoid. b Në ekranin e oshiloskopit shohim si ndryshon me kohën f.e.m. e induktuar në solenoid.

- Shpjegoni pse ndërsa magneti hyn në solenoid, në këtë të fundit induktohet f.e.m. (pjesa AB e grafikut në ekran).
 - Shpjegoni pse gjatë kohës që i gjithë magneti ndodhet brenda solenoidit, në të nuk kemi f.e.m. të induktuar (pjesa BC).
 - Shpjegoni pse pjesa CD është me vlera negative, pse maksimumi i f.e.m. është më i lartë se ai i AB dhe pse CD zgjat më pak se AB.
- 16** Po ta rrotulloni me dorë dinamon e biçikletës, dritat e saj do të ndizen. Me ndihmën e ligjit të Lencit shpjegoni pse dinamoja rrotullohet më lehtë kur dritat janë të stakuara, sesa kur ato janë të ndezura.

Përdorimet e induksionit elektromagnetik: rrymat Fuko, gjeneratorët dhe transformatorët

Thamë se, kurdo që një përcjellës pret vijat e forcës së fushës magnetike (e thënë ndryshe, kur ndryshon fluksi i fushës magnetike përmes një sipërfaqeje), në të induktohet rrymë ose f.e.m. Tani le të shohim disa zbatime të kësaj dukuri.

Rrymat Fuko

Shqyrtojmë rastin e paraqitur në figurën 16.23. Një disk metalik, i cili është i fiksuar në skajin e një shufre, lëkundet në hapësirën ndërmjet dy poleve të kundërta magnetike.

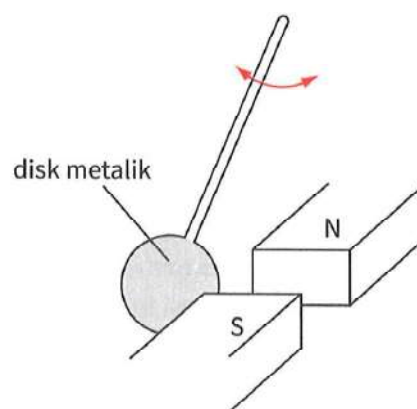


Figura 16.23 Demonstrimi i frenimit me ndihmën e rrymave Fuko.

Në mungesë të magnetëve disku lëkundet për një kohë të gjatë, sepse rezistenca e ajrit është shumë e vogël. Në praninë e magnetëve lëkundjet e diskut shuhen shpejt. Kur disku hyn në fushën magnetike, njëra anë e tij pret vijat e forcës të fushës dhe në atë anë (por jo në anën tjetër) kemi f.e.m. të induktuar. Meqë disku është përcjellës, kjo f.e.m. bën që në të të lindin rryma. Këto rryma njihen si rryma Fuko (Foucault). Ato rrjedhin brenda vetë diskut në formë rrrathësh. Ligji i Lencit thotë se këto rryma do të krijojnë një forcë që e kundërshton lëvizjen, si në figurën 16.21. Rrymat Fuko, si gjithë rrymat e tjera, shkaktojnë ngrohjen e diskut dhe energjia e lëkundjeve shpenzohet shpejt, duke u shndërruar në nxehtësi. Lëkundjet shuhën me ndihmën e rrymave Fuko.

Ky parim përdoret në disa lloje sistemesh frenuese elektromagnetike ose me rryma Fuko. P.sh. një elektromagnet i madh që qëndron pezull poshtë trenit mund të bëjë që rrymat Fuko që lindin në shina të ngadalësojnë trenin. Edhe më mirë, po qe se motori i trenit është elektrik, energjia kinetike e trenit mund të

shfrytëzohet për të rrotulluar motorin dhe për të gjeneruar një forcë elektromotore. Me ndihmë e qarqeve elektronike të përshtatshme, energjia e rrymës së induktuar mund të kthehet tek burimi i rrymës që ushqen trenin. Ky është një shembull i frenimit rigjenerues.

Gjeneratorët

Po të rrotullojmë një bobinë brenda fushës magnetike, mund të gjenerojmë elektricitet. Figura 16.24 paraqet një spirë në tri pozicione të ndryshme gjatë rrotullimit. Vini re se shpejtësia e ndryshimit të fluksit është maksimale kur spira kalon nëpër pozicionin horizontal: njëra nga brinjët po zhvendoset përposhtë e tjetra përsipër; ndërkohë të dyja ato presin fuqishëm vijat e forcës së fushës magnetike. Në këtë pozicion f.e.m. e induktuar është maksimale. Ndërsa, kur spira ndodhet në pozicionin vertikal, fluksi magnetik në të praktikisht nuk ndryshon dhe f.e.m. e induktuar është zero.

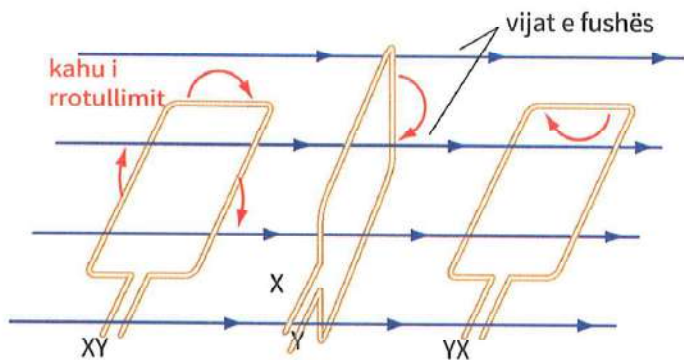


Figura 16.24 Spira që rrotullohet në fushë magnetike

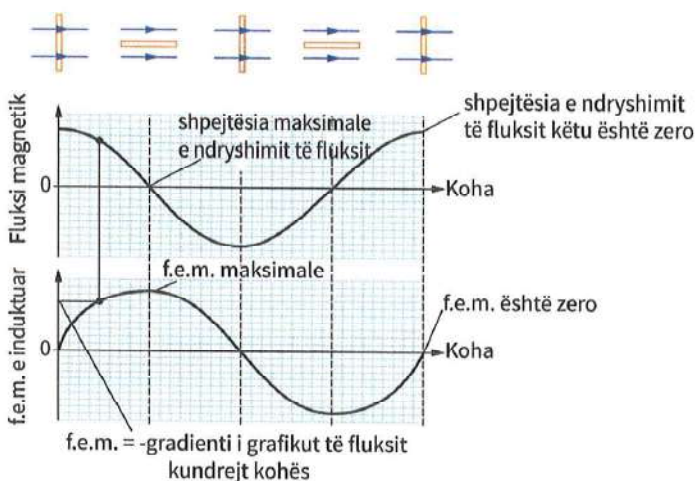


Figura 16.25 Fluksi magnetik përmes spirës ndryshon gjatë rrotullimit të saj. Kjo krijon një f.e.m. alternative. Orientimi i spirës tregohet mbi grafikët.

Figura 16.25 paraqet ndryshimin me kohën të fluksit magnetik përmes spirës që rrotullohet. Sipas ligjit të Faradei—Lencit, f.c.m. e induktuar është e barabartë me minus gradientin e grafikut të fluksit kundrejt kohës.

- Kur fluksi është maksimal, shpejtësia e ndryshimit të tij është zero dhe po aq është edhe f.e.m. e induktuar..
- Kur fluksi është zero, shpejtësia e ndryshimit të tij është maksimale (pjerrësia e grafikut është maksimale) dhe f.e.m. e induktuar gjithashtu është maksimale.

Pra, në një spirë të këtillë marrim f.c.m. të ndryshueshme: kjo është mënyra se si gjenerohet rryma alternative. Në praktikë është më e lehtë të mbajmë të fiksuar bobinën e madhe dhe të rrotullojmë një elektromagnet brenda saj (figura 16.26). Pikërisht kështu funksionon edhe dinamoja e biçikletës, por aty pjesa që rrotullohet është një magnet i përhershëm (figura 16.7).

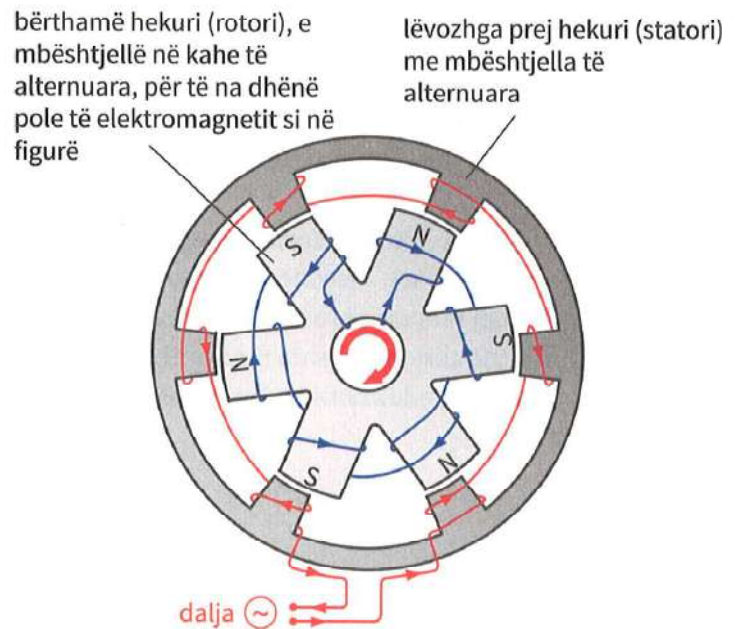


Figura 16.26 Brenda gjeneratorit kemi një elektromagnet, i cili rrotullohet në hapësirën brenda një bobine të madhe.

Transformatorët

Një zbatim tjetër i rëndësishëm i induksionit elektromagnetik janë transformatorët. Paraqitjen skematike të një transformatori e gjeni në figurën 16.27. Në mbështjellën parësore dërgohet rrymë alternative, e cila krijon fluks magnetik të ndryshueshëm në bërthamën prej hekuri të butë. Ky fluks përshkon prerjen tërthore të mbështjellës dytësore, ku sipas ligjit të Faradeit, induktohet një forcë elektromotore e ndryshueshme. Bërthama e transformatorit është e ndërtuar prej bashkimit të fletëve të holla të hekurit të ndara nga njëra-tjetra me material izolator. Kjo bëhet për të minimizuar humbjet e energjisë

prej rrymave Fuko që gjenerohen aty. Në kapitullin pasardhës do të flasim më gjerë lidhur me transformatorët dhe përdorimet e tyre në qarqet e rrymës alternative.

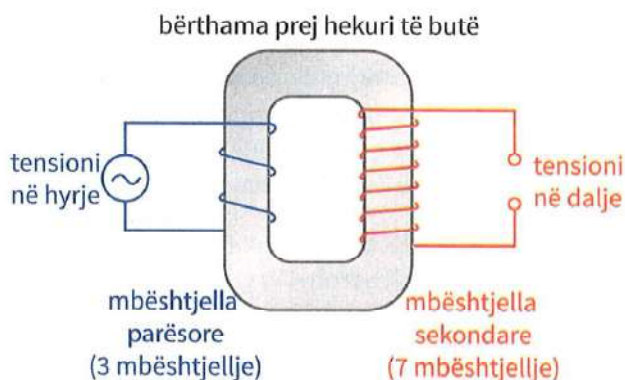


Figura 16.27 Ndërtimi i transformatorëve.

Vetitë magnetike të materialeve

A e keni pyetur ndonjëherë veten pse bërthamat e elektromagnetëve apo transformatorëve ndërtohen prej hekuri? Përgjigjen kësaj pyetjeje në vija të përgjithshme ia keni dhënë më parë, por tani do të thellohemi pak në shpjegimet tona.

Kur një material çfarëdo futet në fushë të jashtme magnetike, ai **magnetizohet**. Me këtë kuptojmë që materiali reagon ndaj pranisë së fushës, duke e ndryshuar atë. Në përgjithësi induksioni i fushës magnetike brenda materialit B_m lidhet me induksionin e fushës së jashtme B_0 sipas barazimit:

$$B_m = \mu B_0$$

PYETJE

17 Figura 16.28 paraqet një spirë përcjellëse ABCD e cila rrotullohet në fushë magnetike horizontale të njëtrajtshme. Tregoni kahun e rrymës së induktuar në spirë, si edhe kahet e forcave që lindin mbi brinjët AB e CD dhe që kundërshtojnë rrotullimin e spirës.

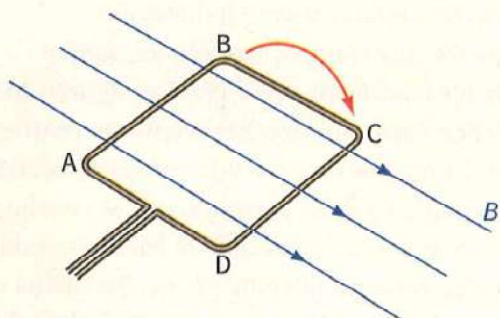


Figura 16.28 Spira që rrotullohet në fushën magnetike.

ku μ është një koeficient pozitiv që njihet si **përshkueshmëri magnetike** e materialit.

Materialet klasifikohen mbi bazën e vlerave të përshkueshmërisë së tyre magnetike si vijon:

- **Materiale diamagnetike** si bismuthi, merkuri, argjendi, karboni, plumbi, bakri, uji. Në këto materiale mungojnë momentet magnetike në mungesë të fushës së jashtme. Kur këto materiale futen në fushë të jashtme magnetike, në atomet e tyre ndodhin disa dukuri me natyrë kuantomekanike të cilat bëjnë që ato të sillen si momente magnetike të vogla. Sipas ligjit të Lencit, ato prodhojnë një fushë që kundërshton shkaktun që i lindi, pra, fushën e jashtme magnetike. Ndaj përshkueshmëria magnetike e këtyre materialeve është pak më e vogël se 1. Efekti diamagnetik është i pranishëm në të gjithë materialet, por në dy klasat e tjera që do t'i përshkruajmë më poshtë ai "mundet" nga efekte të tjera, më të fuqishme.
- **Materiale paramagnetike** si uraniumi, platini, tungsteni, ceziumi, alumini, magnezi, litiumi, oksigjeni, natriumi, hidrogjeni, etj. Në fakt, shumica e materialeve janë paramagnetike. Në këto materiale, edhe në mungesë të fushës së jashtme, kemi praninë e momenteve elementare magnetike (kujtojmë se lëvizja e elektroneve rreth bërthamave është e barasvlershme me një rrymë të vogël, e cila krijon një moment magnetik elementar). Por, në mungesë të fushës së jashtme këto momente

18 Rryma e prodhuar nga dinamoja e biçikletës (figura 16.7) është alternative apo e vazhduar? Pse?

19 F.e.m. maksimale e prodhuar në një bobinë që rrotullohet në fushë magnetike varet nga katër faktorë: induksioni i fushës magnetike B , sipërfaqja e spirave të bobinës S , numri i mbështjellave të bobinës N dhe frekuenca e rrotullimit. Me ndihmën e ligjit të Faradeit tregoni pse f.e.m. e induktuar duhet të jetë në përpjesëtim të drejtë me secilin prej tyre.

elementare kanë orientime të çfarëdoshme në hapësirë, ndaj shuma e tyre (vektoriale) është zero.

Kur materiali futet në fushë të jashtme magnetike, këto momente elementare orientohen sipas fushës, duke e fuqizuar atë. Ky efekt është më i fuqishëm se ai diamagnetik, por gjithsesi i dobët. Ndaj materialet paramagnetike kanë përshkueshmëri magnetike pak më të madhe se 1.

- **Materiale ferromagnetike**, si hekuri, çeliqet, nikeli, kobalti, gadoliniumi, disproziumi. Këto janë materiale me vlera shumë të mëdha të përshkueshmërisë magnetike që shkojnë nga disa dhjetëra deri në disa dhjetëra mijëra, në varësi të materialit. Edhe këto materiale përmbajnë momente magnetike në mungesë të fushës dhe bashkëveprimet ndërmjet këtyre momenteve elementare janë shumë të fuqishme; aq të fuqishme,

sa mjafton një fushë e jashtme shumë e dobët (si ajo e Tokës) për t'i magnetizuar.

Bashkëveprimet ndërmjet momenteve elementare kanë natyrë kuantomekanike dhe efektet kooperative të këtyre bashkëveprimeve janë përgjegjëse për ferromagnetizmin. Materialet ferromagnetike ndahen në të buta (ato që e humbasin magnetizimin kur hiqet fusha) dhe të forta (që mbajnë magnetizim të përhershëm edhe pas heqjes së fushës).

Përmbledhje

- Fluksi i fushës magnetike me induksion B përmes sipërfaqes S është i barabartë me $\Phi = BS$. Kur kemi një bobinë me N mbështjella, fluksi është N herë më i madh. Fluksi magnetik matet me Veber ($1\text{Wb}=1\text{Tm}^2$)
- Kur një përcjellës zhvendoset në mënyrë që të presë vijat e fushës magnetike, ose kur fluksi magnetik në një përcjellës të mbyllur ndryshon, në ta lind një forcë elektromotore e induktuar.

- Ligji i Faradei-Lencit thotë se f.e.m. e induktuar është e barabartë me:

$$E = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

ku shenja minus i referohet faktit se kahu i kësaj f.e.m. është i tillë që të kundërshtojë shkakun që e lindi atë.

- Në gjeneratorët e rrymës alternative kemi induktim të f.e.m., sepse fluksi magnetik në bobinën që rrotullohet ndryshon vazhdimisht.

Pyetje për kapitullin

- 1 Një nxënës mendon se rryma në transformator kalon nëpër bërthamë dhe vjen në mbështjellën dytësore. Përshkruani si do ta demonstronit faktin se nuk ndodh kështu dhe shpjegoni si induktohet në fakt rryma në mbështjellën dytësore. Shfrytëzoni ligjin e Faradeit. [3]
- 2 Një bobinë katrore me 100 mbështjella ka brinjë 5.0cm. Ajo vendoset në fushën magnetike me induksion 200mT, në mënyrë që fusha të jetë pingule me sipërfaqen tërthore të bobinës.
 - a Llogaritni fluksin magnetik në bobinë. [2]
 - b Tani bobina nxirret nga fusha magnetike në 0.10s. Llogaritni forcën elektromotore mesatare të induktuar në të. [3]
- 3 Një aeroplan, largësia ndërmjet skajeve të krahëve të të cilit është 40m, fluturon horizontalisht me shpejtësi 300ms^{-1} në një zonë ku përbërësja vertikale e fushës magnetike të Tokës është $5.0 \cdot 10^{-5}\text{T}$. Llogaritni forcën elektromotore të induktuar. [3]
- 4 Çfarë janë rrymat Fuko? Jepni një shembull të një situatë ku rrymat Fuko janë të dobishme dhe një ku ato janë të padëshirueshme. [3]
- 5 Figura 16.25 paraqet fluksin magnetik dhe f.e.m. të induktuar gjatë rrotullimit të një spire. Shpjegoni pse f.e.m. e induktuar është maksimale kur fluksi është zero dhe zero kur fluksi është maksimal. [4]
- 6 a Shpjegoni çfarë kuptojmë me **fluks magnetik** 1Wb. [2]
- b Figura 16.29 paraqet si ndryshon me kohën induksioni magnetik në një bobinë me 240 mbështjella dhe sipërfaqe të prerjes tërthore $1.2 \cdot 10^{-4}\text{m}^2$.

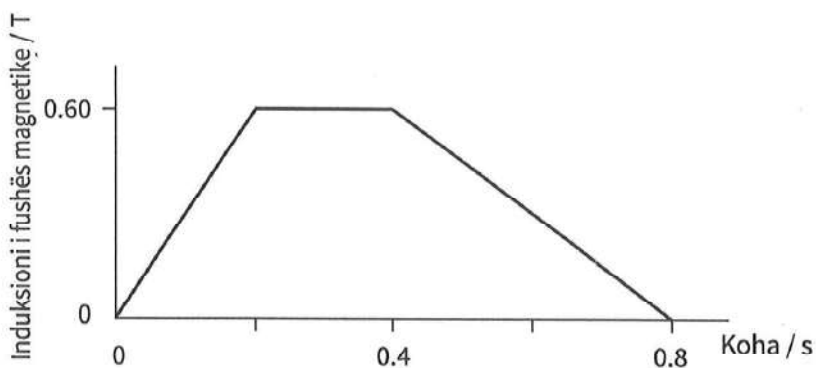


Figura 16.29 Për pyetjen 6.

- i Përcaktoni shpejtësinë maksimale të ndryshimit të fluksit në bobinë. [2]
- ii Përcaktoni forcën elektromotore të induktuar në bobinë. [2]
- iii Skiconi një grafik që tregon si ndryshon me kohën forca elektromotore e induktuar. Vendosni vlerat në boshtet e kohës dhe f.e.m.. [2]

- 7 Figura 16.30 paraqet një bobinë katrore që po hyn në një zonë me fushë magnetike të njëtrajtshme me induksion 0.30T . Fusha magnetike është pingule me planin e bobinës. Bobina ka 150 mbështjella dhe brinjë me gjatësi 2.0cm . Ajo zhvendoset me shpejtësi konstante 0.50 m s^{-1} .

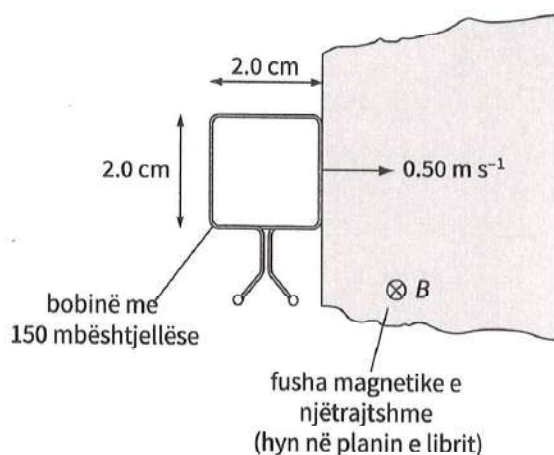


Figura 16.30 Për pyetjen 7.

- a i Llogaritni kohën që i duhet bobinës për të hyrë plotësisht në fushën magnetike. [1]
 ii Përcaktoni fluksin magnetik në bobinë, kur ajo ka hyrë plotësisht në fushë. [2]
- b Shpjegoni pse, gjatë kohës që bobina po hyn në fushë, forca elektromotore e induktuar mbetet konstante. [1]
- c Nga përgjigjja e pikës a, llogaritni f.e.m. të induktuar në bobinë. [4]
- d Sa është f.e.m. e induktuar në bobinë, kur ajo ndodhet plotësisht brenda fushës magnetike? Shpjegoni pse. [2]
- e Skiconi grafikun e varësisë së f.e.m. të induktuar nga koha, duke filluar nga çasti kur bobina fillon të hyjë në fushë. Boshti i kohës duhet të mbulojë kohën nga 0 në 0.08s . [2]
- 8 a Formuloni ligjin e Faradeit të induksionit elektromagnetik. [2]
- b Një bobinë cilindrike me diametër 200mm ka 600 mbështjella (figura 16.31). Ajo vendoset me mbështjellat pingule me fushën magnetike horizontale me induksion 50mT . Më pas, bobina rrotullohet me 90° rreth boshtit të vet vertikal për 120ms .

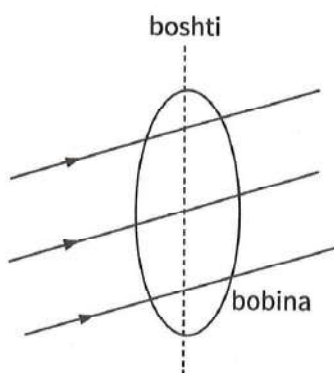


Figura 16.31 Për pyetjen 8.

Llogaritni:

- i fluksioni magnetik në bobinë para rrotullimit; [2]
 ii ndryshimin e fluksit magnetik prej rrotullimit; [2]
 iii forcën elektromotore mesatare në bobinë gjatë rrotullimit. [2]

- 9 a Formuloni **ligjin e Lencit** dhe shpjegoni si do ta demonstroit atë me ndihmën e një bobine dhe një magneti. Tregoni çfarë aparatesh të tjera do t'ju duhen. [4]
- b Frenat e një automjeti konsistojnë në një disk alumini i vendosur në boshtin e rrotës (figura 16.32). Elektromagnetët bëjnë që në disk të induktohet forcë elektromotore.

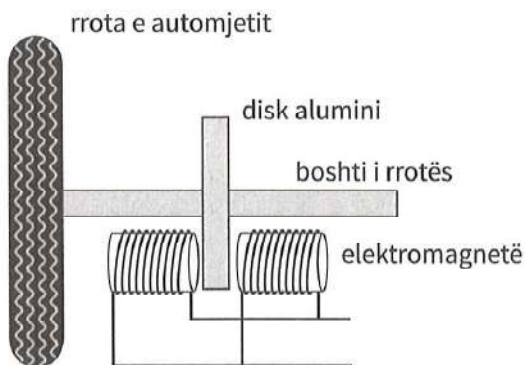


Figura 16.32 Për pyetjen 9.

- i Shpjegoni si ndodh që induktimi i një f.e.m. e ngadalëson automjetin. [3]
- ii Shpjegoni pse efekti frenues rritet me rritjen e shpejtësisë së automjetit. [2]
- 10 Në një bosht horizontal është montuar një rrotë biçiklete. Rota ndodhet në një zonë me fushë magnetike të njëtrajtshme me induksion 5.0mT (figura 16.33). Mbi perimetrin metalik të rrotës dhe mbi bosht janë vendosur kontakte rrëshqitëse.

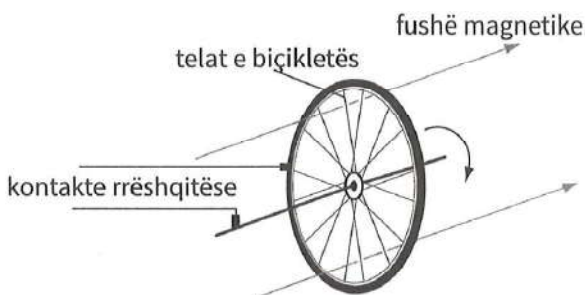
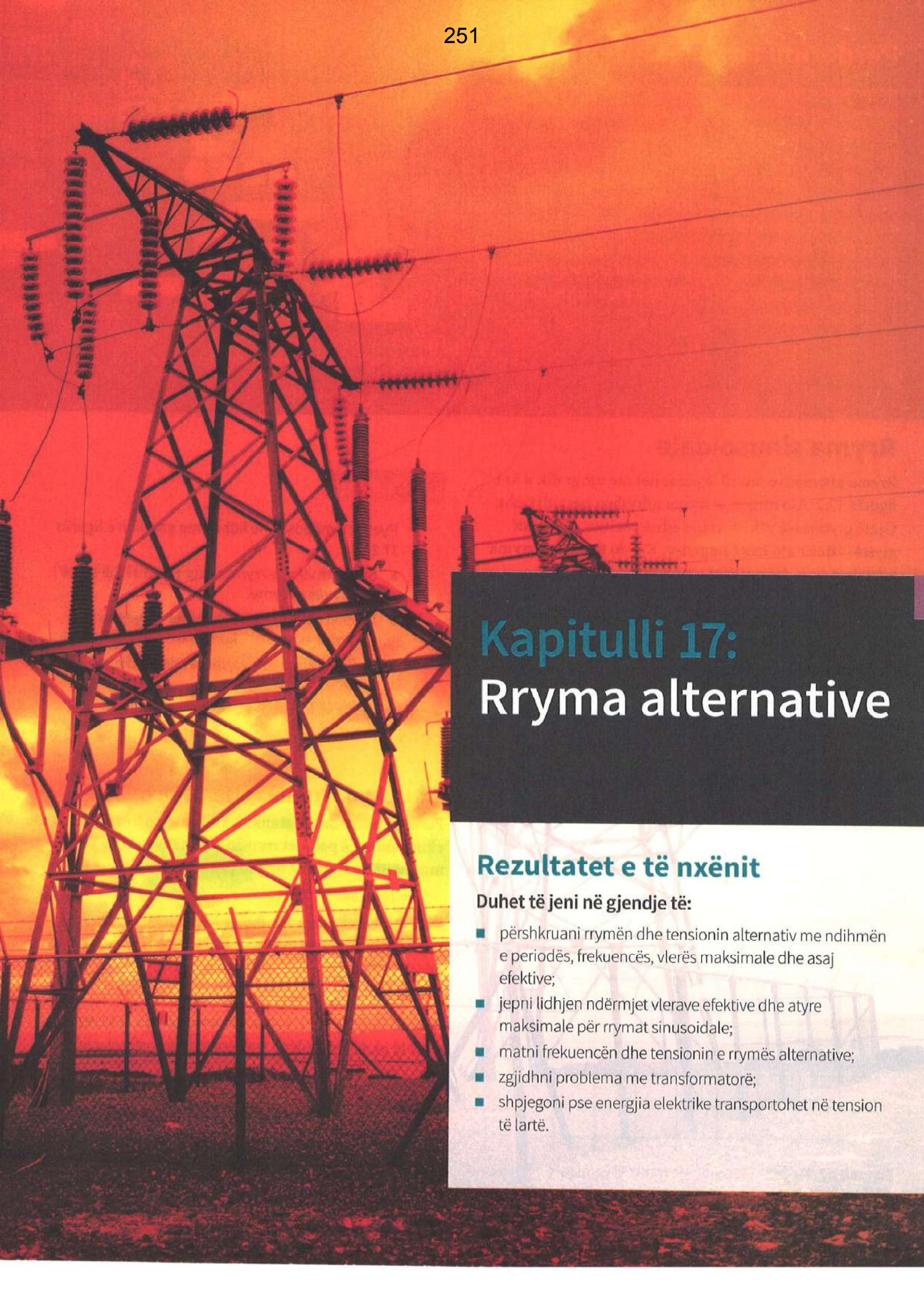


Figura 16.33 Për pyetjen 10.

- a i Shpjegoni pse, kur rrotullohet rrotë, induktohet një forcë elektromotore [2]
- ii Shpjegoni dy mënyra për të rritur këtë f.e.m.. [2]
- b Rota kryen pesë rrotullime në sekondë dhe e ka rrezën 15cm . Llogaritni:
- i sipërfaqen e përshkuar nga telat në një sekondë; [2]
- ii forcën elektromotore ndërmjet kontakteve. [2]



Kapitulli 17: Rryma alternative

Rezultatet e të nxënit

Duhet të jeni në gjendje të:

- përshkruani rrymën dhe tensionin alternativ me ndihmën e periodës, frekuencës, vlerës maksimale dhe asaj efektive;
- jepni lidhjen ndërmjet vlerave efektive dhe atyre maksimale për rrymat sinusoidale;
- matni frekuencën dhe tensionin e rrymës alternative;
- zgjidhni problema me transformatorë;
- shpjegoni pse energjia elektrike transportohet në tension të lartë.

Përdorimi i rrymës alternative

Në vendet e zhvilluara rrjeti elektrik jep rrymë alternative. Rrjetet e para elektrike u zhvilluan në fund të shekullit XIX; në atë kohë në vende të ndryshme përdoreshin tensione dhe frekuenca të ndryshme. Në disa vende rrjeti jepte rrymë të vazhduar. Sot në gjithë botën janë vendosur standarde, me tensione 110V ose 220V (apo të ngjashëm) dhe frekuenca 50Hz ose 60Hz.

Në këtë kapitull do të shohim disa nga arsyet pse rryma alternative është zgjedhur si standard. Fillimisht na duhet të studiojmë natyrën dhe karakteristikat e rrymës alternative.



Figura 17.1 Rrjetat elektrike publike kanë mundësuar forma të reja të ndriçimit të rrugëve dhe reklamave.

Rryma sinusoidale

Rryma alternative mund të paraqitet me një grafik si ai i figurës 17.2. Ajo tregon se rryma ndryshon periodikisht. Gjatë gjysmës së ciklit rryma është pozitive dhe gjatë gjysmës tjetër ajo është negative. Kjo do të thotë se rryma ndryshon kah. Në pajisjet e ndryshme që e marrin energjinë nga rrjeti rryma rrjedh sa para-mbrapa në përcjellësit që lidhin pajisjen me stacionin ku gjenerohet rryma. Madhësia dhe kahu i rrymës në një çast të dhënë të kohës gjenden në grafik.

Grafiku na thotë se elektronet e përcjellësit ku rrjedh rryma alternative zhvendosen para-mbrapa në lëvizje lëkundëse. Rryma ndryshon me kohën sipas ligjit sinusoidal. (Në parim, një rrymë e çfarëdoshme, kahu i së cilës ndryshon nga pozitiv në negativ, mund të quhet alternative, por ne do të merremi vetëm me ato rryma që kanë një trajtë të rregullt sinusoidale.)

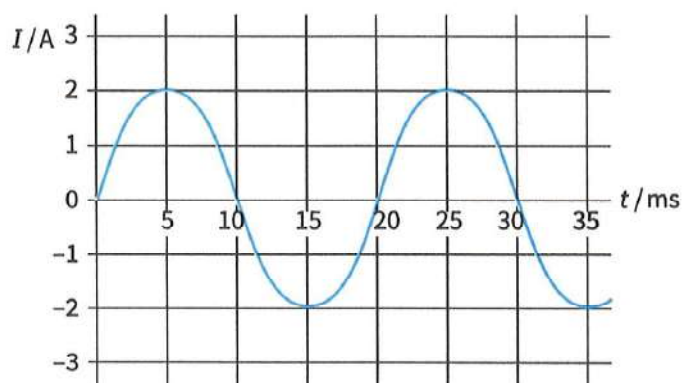


Figura 17.2 Ky grafik paraqet një rrymë sinusoidale alternative.

PYETJE

- 1 Pyetjet e mëposhtme lidhen me grafikun e figurës 17.2.
 - a Sa është vlera e rrymës I kur $t = 5\text{ms}$? Cili është kahu i kësaj rryme?
 - b Në cilin çast të kohës rryma ka të njëjtën madhësi, por kah të kundërt?
 - c Sa është koha e nevojshme për një cikël të plotë?
 - d Sa është frekuenca e kësaj rryme alternative?

Ekuacioni i rrymës alternative

Përveçse ndërtimi të grafikut, ne mund edhe të shkruajmë ekuacionin që paraqet rrymën alternative. Ai na jep madhësinë e rrymës I në çdo çast t të kohës:

$$I = I_0 \sin \omega t$$

ku ω është frekuenca këndore e burimit. Ajo lidhet me frekuencën (numrin e cikleve në një sekondë) me anë të relacionit:

$$\omega = 2\pi f$$

Nëse shënojmë me T kohën që nevojitet për të kryer një cikël të plotë (periodën), frekuenca jepet nga relacioni:

$$f = \frac{1}{T}$$

Madhësia I_0 njihet si vlera maksimale, apo amplituda e rrymës alternative, e cila gjendet nga pika më e lartë në grafik.

PYETJE

2 Pyetjet që vijojnë lidhen me grafikun e figurës 17.2.

- Sa janë I_0 dhe ω ?
- Shkruani ekuacionin e kësaj rryme.

3 Një rrymë alternative (e matur në Amperë, A) paraqitet nga ekuacioni:

$$I = 5.0 \sin 120\pi t$$

- Sa janë I_0 , ω dhe f ? Sa është perioda T e saj?
- Skiconi grafikun që paraqet këtë rrymë.

Tensioni alternativ

Rryma alternative prodhohet në centrale elektrike nga gjeneratorë si ata të paraqitur në figurën 17.3.



Figura 17.3 Gjeneratorët e një centrali të madh elektrik.

Në parim gjeneratori konsiston në një bobinë e cila rrotullohet brenda fushës magnetike. Në bobinë induktohet një forcë elektromotore, sipas ligjeve të induksionit elektromagnetik. Kjo f.e.m. ndryshon sipas sinusoidës, ndaj për të mund të shkruajmë ekuacionin e mëposhtëm, i ngjashëm me atë të rrymës alternative:

$$V = V_0 \sin \omega t$$

KU V_0 është vlera maksimale e tensionit. Këtë mund edhe ta paraqesim grafikisht, si në figurën 17.4.

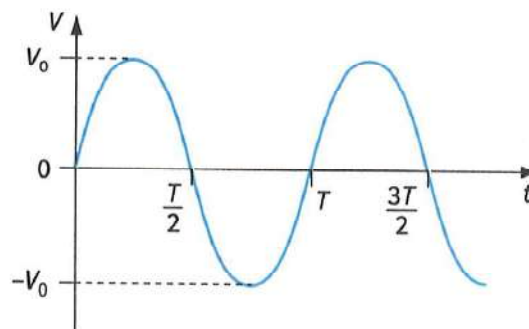


Figura 17.4 Tension alternativ.

PYETJE

4 Një tension alternativ jepet nga ekuacioni:

$$V = 300 \sin 100\pi t$$

- Sa janë V_0 , ω dhe f e këtij tensioni?
- Sa është vlera e V kur $t = 0.002$ s?
- Skiconi një grafik që paraqet dy cikle të plota të këtij tensioni.

Matja e frekuencës dhe e tensionit

Frekuenca dhe tensioni mund të maten me ndihmën e një oshiloskopi. Kemi dy lloje oshiloskopësh: ai tradicional me tub katodik, që përdor një tufë elektronesh, dhe ai shifror i cili është mjaft kompakt dhe është në gjendje të ruajë të dhënat dhe t'i paraqesë ato më vonë.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 17.1: Matjet me oshiloskop

Oshiloskopi është një tub me tufë elektronesh. Nëpërmjet rregullimit e koordinimit të sinjaleve që dërgohen në pllakat horizontale e vertikale (figura 17.5), arrihet që në ekran të merret forma e saktë e sinjalit që duam të analizojmë.

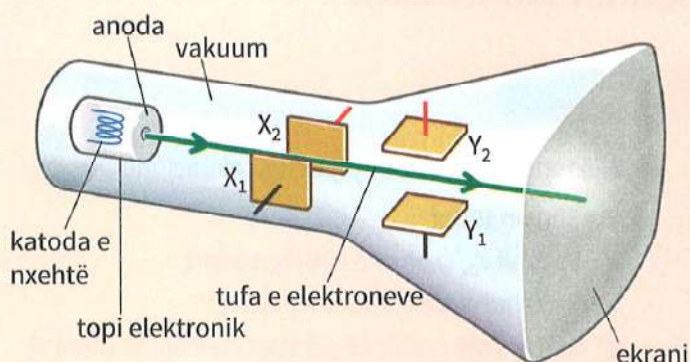


Figura 17.5 Ndërtimi i një oshiloskopi me rreze katodike. Rrezet katodike (tufa e elektroneve) prodhohen nga topi elektronik e pastaj devijohen nga fushat elektrike, para se të godasin ekranin fluoreshent.

Butonat e kontrollit

Një skemë e thjeshtuar e butonave të kontrollit jepet në figurën 17.6. Zhvendosja horizontale e ajo vertikale kontrollojnë lëvizjen e gjithë gjurmës sipas x dhe y përkatësisht. Dy butonat që duhet të dini t'i përdorni janë time-base dhe amplifikimi apo ndjeshmëria sipas y . Këto japin shkallët sipas boshteve përkatëse.

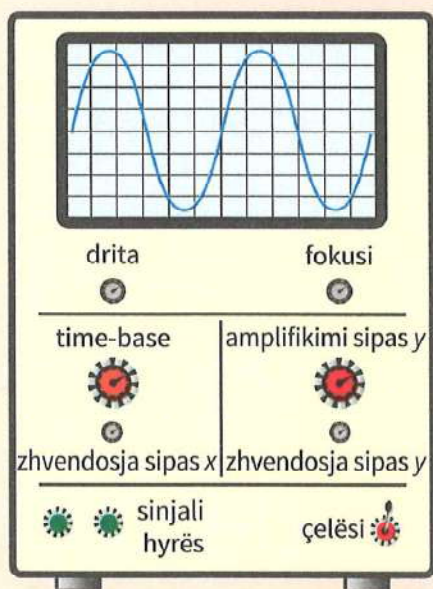


Figura 17.6 Butonat e kontrollit të një oshiloskopi me rreze katodike.

Në figurën 17.6 shohim se butoni i kontrollit time-base ka të shënuara njësitë. Supozojmë se aty thuhet 5ms/cm apo 5ms/ndarje. Kjo do të thotë se 1cm (ose 1 ndarje) në boshtin x vlen 5ms. Nëse këtë e ndryshojmë në 1ms/cm, atëherë 1cm vlen 1ms, e kështu me radhë.

Amplifikimi sipas y ka njësi Volt/cm ose Volt/ndarje. Nëse butoni është vendosur në 5V/cm, atëherë 1cm vlen 5V.

Duhet të mbajmë mend se boshti x përfaqëson kohën dhe ai y përfaqëson tensionin.

Përcaktimi i amplitudës dhe frekuencës

Po t'i kushtoni vëmendje gjurmës së paraqitur në figurën 17.7, do të shihni se amplituda e sinjalit është 2cm dhe perioda sipas boshtit x është 4cm.

Nëse amplifikimi apo ndjeshmëria sipas y është vendosur në 2V/cm, atëherë amplituda e tensionit është $2 \cdot 2 = 4V$. Nëse time-base është vendosur në 5ms/cm, perioda e ciklit është $4 \cdot 5 = 20ms$.

Duke qenë se boshti x jep kohën, gjurma në ekranin e oshiloskopit na mundëson matjen e frekuencës. Në shembullin e mësipërm, meqë $T = 20ms$, $f = 1/T = 50Hz$.

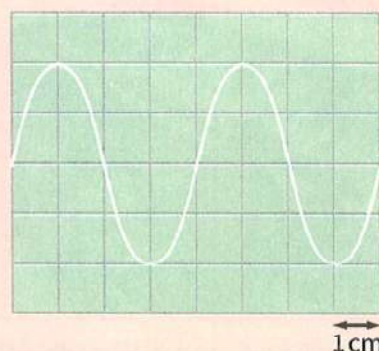


Figura 17.7 Gjurma që shfaqet në ekranin e oshiloskopit kur sinjali hyrës është rrymë sinusoidale alternative.

PYETJE

- 5 Nëse shkallët e vendosura në oshiloskopin, gjurma në ekranin e të cilit paraqitet në figurën 17.7, janë 5V/cm dhe 10ms/cm, sa janë amplituda, perioda dhe frekuenca e sinjalit hyrës?
- 6 Vizatoni gjurmën në ekranin e oshiloskopit, kur sinjali hyrës është sinusoidal me frekuencë 100Hz dhe amplitudë 10V, dhe shkallët e boshteve janë 10ms/cm dhe 10V/cm.

Fuqia e rrymës alternative

Ne e marrim energjinë elektrike nga rrjeti. Por, nëse rryma dhe tensioni ndryshojnë vazhdimisht, a do të thotë kjo se edhe fuqia ndryshon gjithë kohën? Përgjigja e kësaj pyetjeje është PO. Mund t'ju ketë rënë në sy se drita e disa llambave fluoreshente luhet vazhdimisht, veçanërisht nëse e shohim me bisht të syrit. Edhe drita e një llambe me filament tungsteni do të lëkundej, por frekuenca e rrjetit është zgjedhur në mënyrë të tillë që filamenti të mos ketë kohë të ftohet ndjeshëm në intervalin ndërmjet maksimumeve të tensionit të rrjetit.

Vlerat efektive

Ne e njohim lidhjen matematike mes amplitudës V_0 të tensionit alternativ dhe tensionit të vazhduar i cili zhvillon të njëjtën fuqi elektrike. Tensioni i vazhduar është i barabartë me rreth 70% të V_0 . (Mbase prisnit që kjo të ishte sa gjysma, por në fakt është më e madhe, për shkak të formës së sinusoidës.) Ky tension i vazhduar njihet si tension efektiv alternativ. Po njëjloj do të karakterizohej edhe vlera efektive e rrymës alternative I_{ef} :

Vlera efektive e rrymës alternative është ajo rrymë e vazhduar që në rezistenca zhvillon të njëjtën fuqi mesatare me rrymën alternative.

(Një rezistencë e tillë do të ishin llambat e veprimtarisë praktike 17.2.) Analiza e plotë, të cilën do ta bëjmë këtu më poshtë, tregon se I_{ef} lidhet me I_0 nëpërmjet:

$$I_{ef} = I_0 / \sqrt{2} \quad \text{ose} \quad I_{ef} = 0.707 I_0$$

Prej këtu vjen faktori 70%. Vëmë në dukje se ky faktor vlen vetëm për rrymën alternative sinusoidale.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 17.2: Krahasimi i rrymës alternative me atë të vazhduar

Meqë fuqia e zhvilluar nga rryma alternative ndryshon vazhdimisht, na nevojitet një mënyrë për të dhënë fuqinë mesatare. Për ta bërë këtë, do të krahasojmë rrymën alternative me një të vazhduar dhe të përpiqemi të gjejmë intensitetin e rrymës së vazhduar që zhvillon të njëjtën fuqi mesatare si rryma alternative.

Figura 17.8 tregon si mund të bëhet kjo në praktikë. Vendosim dy llamba përbri njëra-tjetrës; njëren e lidhim me një burim alternativ (djathtas) dhe tjetrën me një burim të vazhduar (bateritë në të majtë). Tensioni

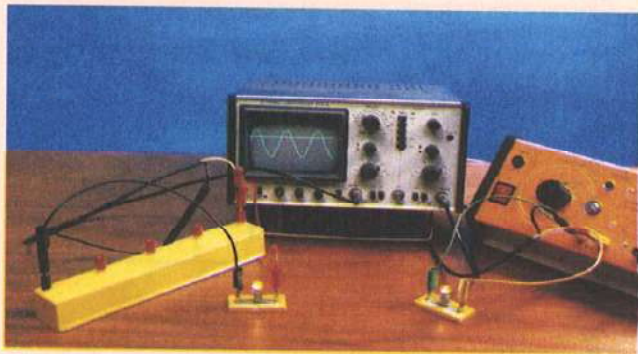


Figura 17.8 Krahasimi i rrymës së vazhduar me atë alternative që zhvillon të njëjtën fuqi. Dy llambat janë njëjloj të shndritshme.

alternativ ndryshohet derisa dy llambat të ndriçojnë njëjloj, gjë që tregon se ato japin të njëjtën sasi energjie në njësinë e kohës. Pastaj, tensionet në dalje të dy burimeve krahasohen në një oshiloskop me dy sinjale hyrëse.

Në figurën 17.9 shohim një pamje tipike të ekranit të oshiloskopit. Aty shohim se gjurma e rrymës alternative, herë ndodhet mbi atë të rrymës së vazhduar, e herë nën këtë të fundit. Kjo nuk na çudit: një pjesë të kohës rryma alternative zhvillon fuqi më të madhe se ajo e vazhduar e pjesën tjetër të kohës ajo zhvillon fuqi më të vogël, por fuqia mesatare është e njëjtë për të dyja këto.

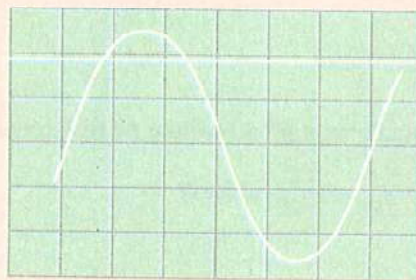


Figura 17.9 Gjurma në ekranin e oshiloskopit në eksperimentin e figurës 17.8.

PYETJE

- 7 Sa është vlera efektive e intensitetit të rrymës alternative me ekuacion
 $I = 2.5 \sin 100\pi t$?
- 8 Rrjeti i mjaft vendeve evropiane jep një tension efektiv 220V. Sa është vlera maksimale e tensionit në rrjet?

Llogaritja e fuqisë

Rëndësia e vlerave efektive është se, ato na lejojnë të përdorim formulat që kemi marrë për rrymën e vazhduar për llogaritjen e madhësive që lidhen me rrymën alternative. Pra, për të llogaritur fuqinë mesatare të shpenzuar në një rezistencë, mund të shfrytëzojmë formulat e zakonshme të fuqisë:

$$P = I^2 R = IV = \frac{V^2}{R}$$

Kujtojmë se I dhe V përfaqësojnë vlerat efektive të rrymës dhe tensionit, si në shembullin e zgjidhur 1. Po të zëvendësoni në formulë vlerat maksimale, rezultati do të jetë sa dyfishi i atij të saktë.

Po nga vjen ky dysh? Kujtojmë se vlera efektive lidhet me atë maksimale nëpërmjet $I_0 = \sqrt{2} I_{ef}$. Ndaj, po të llogarisim I^2 duke marrë I_0 në vend të I_{ef} , do të kemi shumëzuar me $\sqrt{2}^2 = 2$. (E njëjta gjë ndodh po të marrim V_0 në vend të V_{ef}) Pra, për rrymën alternative sinusoidale, fuqia maksimale është sa dyfishi i asaj mesatare.

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 1 Diferenca e potencialeve në skajet e një rezistence 20Ω është sinusoidale me amplitudë 25V. Sa është fuqia mesatare e zhvilluar në të?

Hapi 1 Kujtojmë se:

$$V_{ef} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

Atëherë: $V_{ef}^2 = V_0^2/2$

Hapi 2 Fuqia mesatare e zhvilluar në rezistencë:

$$P = \frac{V_{ef}^2}{R} = \frac{V_0^2}{2R} = \frac{25^2}{2 \cdot 20} = 15.6 \text{ W}$$

PYETJE

- 9 Sa është fuqia mesatare e shpenzuar kur nëpër një rezistencë 100Ω rrjedh rrymë alternative sinusoidale me intensitet maksimal 3.0A ?
- 10 Vlera maksimale e tensionit sinusoidal në skajet e një rezistence $1\text{k}\Omega$ është 325V .
- Sa është tensioni efektiv?
 - Me ndihmën e ligjit të Ohmit $V = IR$ llogaritni intensitetin efektiv të rrymës që rrjedh në rezistencë.
 - Sa është fuqia mesatare e shpenzuar në rezistencë?
 - Sa është fuqia maksimale e çliruar në rezistencë?

Shpjegimi i vlerave efektive të rrymës dhe tensionit

Tani do të shqyrtojmë shkurt nga vjen ky faktor $\sqrt{2}$. Formula $P = I^2 R$ na tregon se fuqia është në përpjesëtim të drejtë me katrorin e intensitetit të rrymës I . Figura 17.10 paraqet si mund të llogaritet I^2 i rrymës alternative. Intensiteti i rrymës I ndryshon sipas sinusoidës dhe është negativ gjatë gjysmës së ciklit. Por I^2 është gjithnjë pozitive. Ajo lëkundet me periodë sa gjysma e asaj të vetë rrymës.

Tani, po të shqyrtojmë vlerën mesatare të katrorit të intensitetit të rrymës $\langle I^2 \rangle$, shohim se ajo është sa gjysma e katrorit të intensitetit maksimal të rrymës (sepse grafiku është simetrik):

$$\langle I^2 \rangle = \frac{I^2}{2}$$

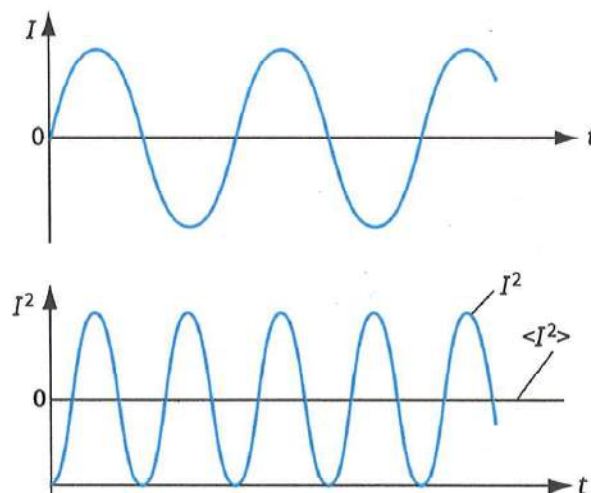


Figura 17.10 Intensiteti i rrymës alternative merr vlera pozitive e negative, ndërsa katrori i tij është gjithmonë pozitiv.

Për të gjetur vlerën efektive të I , marrim rrënjën katrore të mesatares së katrorit. Prej këtij vjen ai faktor $\sqrt{2}$.

Pse në rrjet kemi rrymë alternative?

Ka disa arsye pse parapëlqehet përdorimi i tensionit alternativ në rrjetet kombëtare të energjisë elektrike. Arsyeja më e rëndësishme është se rryma alternative mund të transformohet në tensione të larta, duke zvogëluar intensitetin e rrymës që rrjedh (fuqia e transmetuar mbetet e njëjtë), gjë që ul humbjet në linjat e transmetimit. Si rregull, në centralet elektrike gjenerohet energji elektrike me tension 25kV. Ajo transformohet në tension rreth 400kV (në disa vende deri në 1MV). Më pas ajo transmetohet për shumë kilometra nëpërmjet linjave të tensionit të lartë (figura 17.11), para se të transformohet sërish, duke e ulur tensionin deri në vlerën që i dërgohet konsumatorit. Transformatorët që përdoren për ngritjen dhe uljen e tensionit do t'i diskutojmë më poshtë.

Ky tension i lartë sjell probleme: linjat duhet të qëndrojnë në lartësi të mëdha, të varura në shtylla, të vilat duhet të izoloohen me izolatorë të cilësisë së lartë, për të mos lejuar kalimin e rrymës nga telat tek shtyllat. Ndërsa rryma rrjedh në tela, ajo humbet fuqi, për shkak të rezistencës së tyre. Telat ngrohen; kjo ngrohje vjen si pasojë e ligjit të Xhul—Lencit. Sa më i vogël të jetë intensiteti i rrymës, aq më të vogla janë humbjet. Kjo ilustron me shembullin e zgjidhur 2.

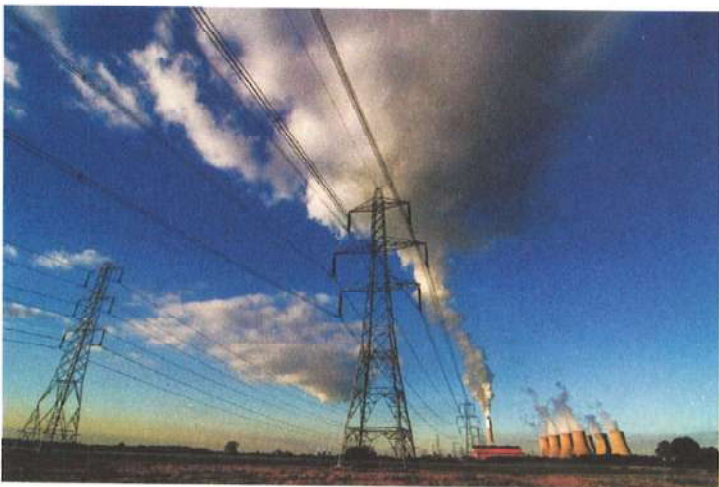


Figura 17.11 Linjat e tensionit e çojnë energjinë elektrike nga centralet elektrike tek konsumatori.

SHMBULL I ZGJIDHUR

- 2 Një central elektrik gjeneron elektricitet me fuqi 10MW. Elektriciteti transmetohet në tela me rezistencë 10Ω . Llogaritni humbjet në linja, po që se elektriciteti transmetohet me tension 50kV dhe 250kV.

Hapi 1 Nga formula $I = \frac{P}{V}$, llogarisim intensitetin e rrymës në secilin rast:

$$\text{kur tensioni është } 50\text{ kV: } I = \frac{10 \cdot 10^6}{5 \cdot 10^4} = 200\text{ A}$$

$$\text{kur tensioni është } 250\text{ kV: } I = \frac{10 \cdot 10^6}{25 \cdot 10^4} = 40\text{ A}$$

Hapi 2 Llogarisim humbjet në secilin rast me ndihmën e formulës $P = I^2 R$:

$$\text{kur tensioni është } 50\text{ kV: } P = 200^2 \cdot 10 = 4 \cdot 10^5 = 400\text{ kW}$$

$$\text{kur tensioni është } 250\text{ kV: } P = 40^2 \cdot 10 = 1.6 \cdot 10^4 = 16\text{ kW}$$

Kemi treguar se, kur rritet tensioni pesë herë, humbjet zvogëlohen 25 herë.

Kursimet në ekonomi

Energjia që shpenzohet për ngrohjen e telave të transmetimit është humbje për ekonominë. Kjo humbje vjen nga dy faktorë. Së pari, për të gjeneruar elektricitet, duhen shpenzuar para. Së dyti, nevojiten më shumë centrale elektrike, dhe ato janë shumë të kushtueshme. Transformimi i elektricitetit në tensione të larta kursen disa për qind të faturës kombëtare të energjisë dhe kjo do të thotë se do të na nevojiten më pak centrale elektrike.

Pretendohet se ndërtimi i pak centraleve të mëdha elektrike ka leverdi ekonomike, por kjo sjell kundërshtimet e ambientalistëve, të cilët dëshirojnë të shohin shumë centrale elektrike të vegjël lokalë. Kjo kur centralet elektrike djegin karburante fosile. Kur centralet elektrike gjenerojnë elektricitet nga energjia e ujit, ndërtimi i shumë syresh dëmton seriozisht lumenjtë, veçanërisht jetën dhe biodiversitetin në ta. Dihet se copëzimi i habitateve çon pashmangshmërisht në zhdukjen e llojeve të ndryshme të qenieve të gjalla.

Transformatorët

Figura 17.12 paraqet ndërtimin e një transformatori të thjeshtë. N_p mbështjellat parësore mbështillen në bërthamën e hekurit. Mbështjella dytësore me N_s spira mbështillet në anën tjetër të bërthamës. (Janë të mundura shumë konfiguracione të ndryshme, me forma të ndryshme të bërthamës dhe mbështjellat larg njëra-tjetrës ose njëra mbi tjetrën.)

Diferenca e potencialeve V_p e zbatuar në skajet e mbështjellës parësore bën që në të rrjedhë rryma alternative me intensitet I_p . Kjo krijon një fushë magnetike alternative në bërthamën prej hekuri të butë. Pra, mbështjella dytësore përshkohet nga një fushë magnetike e

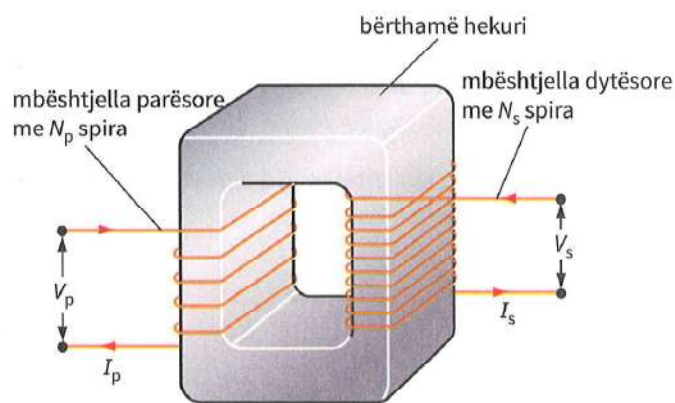


Figura 17.12 Madhësitë karakteristike në një transformator të thjeshtë me bërthamë hekuri.

ndryshueshme, ndaj në të induktohet rrymë alternative me induksion I_s . Pra, në skajet e dytësorit do të kemi tensionin alternativ V_s .

Vini re se ndërmjet parësorit dhe dytësorit nuk ka lidhje elektrike. Energjia transferohet nga njëri tek tjetri nëpërmjet fushës magnetike në bërthamën e transformatorit.

Ndryshimi i tensionit

Transformatori i paraqitur në figurën 17.12 ka 5 spira në mbështjellën parësore dhe 10 në atë dytësore. Ky është transformator rritës, sepse tensioni në dalje është më i lartë se ai në hyrje.

Po si ndodh kjo? Kemi 5 spira që krijojnë fluksin magnetik në bërthamë. Ky fluks përshkon 10 spira në dytësor. Meqë fluksi i plotë $N\Phi$ është në përpjesëtim të drejtë me numrin e spirave, rrjedh se fluksi në dytësor është sa dyfishi i atij në parësor. Kur ndryshon fluksi magnetik, forca elektromotore e induktuar në dytësor është dy herë më e madhe se tensioni në hyrje të parësorit.

Atëherë lidhja ndërmjet tensioneve në parësor dhe dytësor jepet nga:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

Me fjalë të tjera, raporti i tensioneve është i barabartë me raportin e numrit të spirave të transformatorit. Në transformatorin e figurës 17.12, nëse tensioni në parësor është 1V, ai në dytësor do të jetë 2V; 50V do të na japin 100V e kështu me radhë.

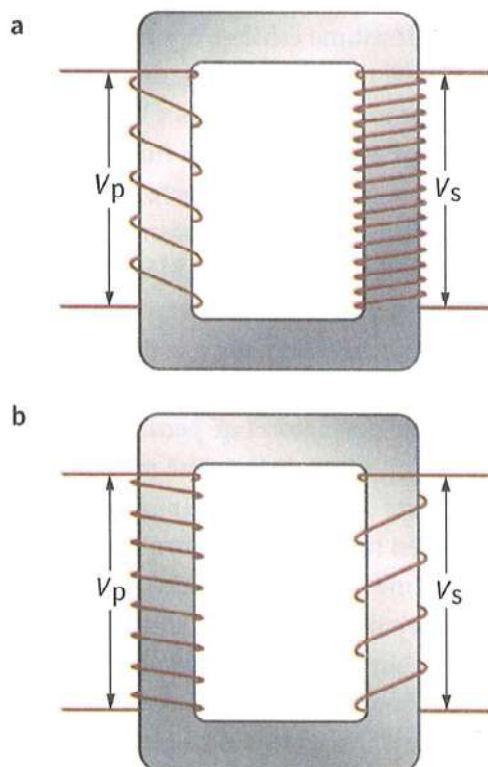


Figura 17.13 Dy transformatorë: a - rritës dhe b - zbritës.

Transformatori që ka më pak spira në dytësor sesa në parësor quhet zbritës. Ai jep në dalje tension më të ulët se ai në hyrje. Figura 17.13 paraqet dy llojet e transformatorëve. Shembulli i zgjidhur 3 na tregon si të kryejmë llogaritjet.

PYETJE

- 11 a Sa është raporti i numrit të spirave të transformatorit të paraqitur në figurën 17.13a?
 - b Po në atë të figurës 17.13b?
 - c Nëse tensioni në parësorin e secilit prej tyre është 10V, sa do të jetë tensioni në dytësorë?
- 12 Një central elektrik gjeneron elektricitet me tension 25kV. Ky duhet të transformohet në 400kV, për t'u transmetuar më tutje. Nëse mbështjella parësore ka 2000 spira, sa të tilla duhet të ketë mbështjella dytësore?

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 3 Një radio kërkon tension 6.0V, por duhet të lidhet me rrjetin që jep 220V. Llogaritni raportin e numrit të spirave në këtë transformator. Nëse parësori ka 5000 spira, sa të tilla duhet të ketë dytësori?

Hapi 1 Raporti i numrit të spirave jepet nga:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{6.0}{220} \approx 0.027$$

Hapi 2 Dimë se $N_p = 5000$, llogarisim N_s .

$$N_s = N_p \frac{V_s}{V_p} = 5000 \cdot \frac{6.0}{220} \approx 136$$

Pra, dytësori duhet të ketë rreth 136 spira.

Fuqia e transformatorit

Nëse në transformator nuk ka humbje fuqie, produkti i intensitetit të rrymës me tensionin në parësor dhe dytësor duhet të jetë i barabartë:

$$I_p V_p = I_s V_s \quad \text{ose} \quad \frac{V_s}{V_p} = \frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p}$$

Me fjalë të tjera, raporti i rrymave është i barabartë me të anasjellin e raporteve të tensioneve dhe numrit të spirave. Po që se tensioni rritet, ulet intensiteti i rrymës dhe anasjelltas. Kjo shpjegon funksionin e transformatorëve në transmetimin e energjisë, siç thamë më sipër.

Vini re se kjo lidhje u nxor duke pranuar se nuk ka humbje energjie në transformator. Në praktikë kemi humbje, sepse teli i mbështjellave ka rezistencë. Po ashtu, fluksi i ndryshueshëm magnetik indukton rryma Fuko në bërthamë. Këto rryma shkaktojnë nxehjen e bërthamës. Transformatorët e mëdhenj, si ai i figurës 17.14, kanë fuqi të madhe. Një pjesë e vogël e saj shkon dëm dhe nxehësia e krijuar largohet me ndihmën e lëngut ftohës që pompohet në transformator dhe nëpër veshët që duken në foto.

Raporti i fuqisë në dytësor (dalje) me atë në parësor (hyrje) quhet **rendiment i transformatorit**. Pra, rendimenti i transformatorit:

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} = \frac{I_s V_s}{I_p V_p}$$

Transformatorët duhet të ndërtohen me shumë kujdes, për të minimizuar humbjet e energjisë. Në rrugën nga centrali deri tek konsumatori, elektriciteti mund të kalojë nëpër rreth dhjetë transformatorë. Nëse në njërin prej tyre



Figura 17.14 Instalimi i një transformatori të ri.

humbet 1% e energjisë, humbja totale do të ishte e rendit të 10%. Kjo do të kërkonte që të ndërtonim hidrocentrale që të punonin vetëm për të mbuluar këto humbje. Transformatorët e sotëm kanë nivel humbjesh të rendit të 0.1%. Ky fakt kontribuon mjaft në kursimin e energjisë gjatë transmetimit.

PYETJE

- 13 Një transformator rritës e ka raportin e numrit të spirave 10:1. Kur në skajet e parësorit kemi tension alternativ 20V, intensiteti i rrymës në të është 50mA.
- Llogaritni tensionin në dytësor dhe intensitetin e rrymës në të, duke pranuar që në transformator nuk ka humbje të energjisë.
 - Në praktikë tensioni në dytësor është 180V dhe intensiteti i rrymës është 4.5mA. Sa është rendimenti i transformatorit (sa janë humbjet në të)?
- 14 Tabela 17.1 jep informacion lidhur me tre transformatorë. Plotësoni tabelën. (Pranojmë se në transformatorë nuk ka humbje energjie.)

| Transformatori | N_p | N_s | V_p/V | V_s/V | I_p/A | I_s/A | P/W |
|----------------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|-------|
| A | 100 | 500 | 230 | | 1.0 | | |
| B | 500 | 100 | 230 | | 1.0 | | |
| C | 100 | | 12 | 240 | 0.2 | | |

Tabela 17.1 Të dhënat e transformatorëve për pyetjen 14.

Përmbledhje

- Rryma alternative sinusoidale paraqitet nga ekuacioni $I = I_0 \sin \omega t$, ku I_0 është vlera maksimale e intensitetit të rrymës.
- Vlera efektive e intensitetit të rrymës është sa intensiteti i rrymës së vazhduar që zhvillon në një rezistencë të njëjtën fuqi si rryma alternative; për rrymën sinusoidale, $I_{ef} = I_0 / \sqrt{2}$.
- Energjia elektrike transmetohet në tension të lartë; kjo bën që rryma të reduktohet, duke reduktuar humbjet në rezistenca.
- Energjia elektrike transmetohet në tension të lartë; kjo bën që rryma të reduktohet, duke reduktuar humbjet në rezistenca.
- Energjia elektrike transmetohet në tension të lartë; kjo bën që rryma të reduktohet, duke reduktuar humbjet në rezistenca.
- Energjia elektrike transmetohet në tension të lartë; kjo bën që rryma të reduktohet, duke reduktuar humbjet në rezistenca.
- Transformatorët përdoren për të ndryshuar tensionin e rrymës alternative. Tensioni rritet apo zvogëlohet në përpjesëtim me raportin e spirave të transformatorit.
- Në transformatorin pa humbje raporti i intensiteteve të rrymës është i anasjellti i raportit të tensioneve në parësor dhe dytësor, i cili është i barabartë me raportin e numrit të spirave përkatëse.
- Rendimenti i një transformatori jepet nga raporti i fuqisë në dalje (dytësor) me atë në hyrje (parësor).

Pyetje për kapitullin

- 1 Shkruani shprehjet që japin varësinë nga koha të:
 - a tensionit alternativ V ; [1]
 - b intensitetit të rrymës alternative I ; [1]
 - c fuqisë P të zhvilluar nga kjo rrymë dhe tension. [1]
- 2 Intensiteti i një rryme alternative jepet nga ekuacioni $I = 2 \sin 50\pi t$ (në Amperë).
 - a Sa është intensiteti maksimal i rrymës? [1]
 - b Sa është frekuenca e rrymës? [2]
 - c Skiconi grafikun që paraqet dy cikle të rrymës. Shënoni vlerat e madhësive në boshte. [2]
 - d Llogaritni intensitetin efektiv të rrymës dhe vendoseni këtë në grafik. [1]
 - e Gjeni dy çaste të kohës për të cilat $I = I_{ef}$. [3]
- 3 Tensioni i rretit me vlerë efektive 220V lidhet me parësorin e një transformatori i cili ka 1200 mbështjella. Tensioni efektiv në dalje (dytësor) është 6.0V.
 - a Llogaritni numrin e mbështjellave në dytësor. [1]
 - b Dytësori lidhet me një rezistencë 6.0Ω. Llogaritni:
 - i fuqinë mesatare të shpenzuar në rezistencë; [1]
 - ii intensitetin maksimal të rrymës në parësor. [3]

- 4 Grafiku i figurës 17.21 paraqet varësinë e rrymës së parësorit të një transformatori nga koha. Intensiteti i rrymës në dytësor është zero.

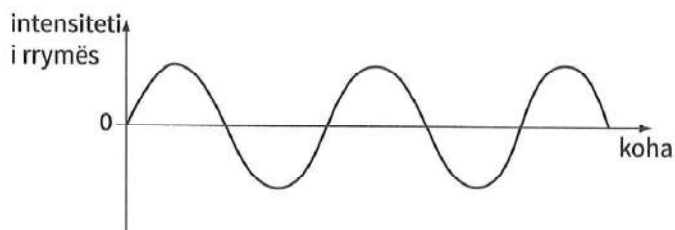


Figura 17.21 Për pyetjen 4.

- a Në të njëjtin sistem boshtesh ndërtoni grafikun e varësisë nga koha të:
- fluksit magnetik në bërthamën e transformatorit;
 - forcës elektromotore të induktuar në parësorin e transformatorit.
- b Si lidhen me njëri-tjetrin dy grafikët e mësipërm?
- 5 Në figurën 17.22 paraqitet tensioni në skajet e një rezistence 200Ω . Një ndarje e boshtit x vlen 5ms dhe e boshtit y : 0.5V .

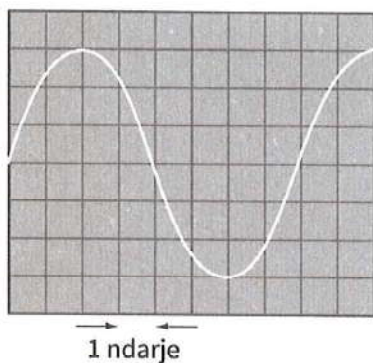


Figura 17.22 Për pyetjen 5.

Përcaktoni:

- periodën, dhe prej këtu, frekuencën e tensionit;
 - tensionin maksimal, dhe prej këtu, atë efektiv;
 - intensitetin efektiv të rrymës në rezistencë;
 - fuqinë mesatare të shpenzuar në rezistencë.
- 6
- Cila është lidhja ndërmjet intensitetit maksimal dhe atij efektiv të rrymës sinusoidale.
 - Intensiteti i rrymës së vazhduar në një rezistencë është 2.0A . Kur e njëjta rezistencë lidhet me një burim alternativ, vlera maksimale e intensitetit të rrymës në të është 2.0A . Nxehtësitë e çliruara në dy rastet janë të ndryshme.
 - Shpjegoni pse këto dy nxehtësi janë të ndryshme dhe thoni cila është më e madhe.
 - Llogaritni raportin e fuqisë së zhvilluar nga rryma e vazhduar dhe nga ajo alternative.
 - Tregoni një avantazh të përdorimit të rrymës alternative në shtëpi.

7 * Rezistenca e një linje të tensionit të lartë është 4.0Ω . Tensioni efektiv në hyrje është 400kV dhe fuqia 500MW.

a i Shpjegoni çfarë është **tensioni efektiv**.

[2]

ii Llogaritni tensionin minimal që duhet të mbajnë izolatorët e linjës pa u “shpuar”.

[2]

b i Llogaritni intensitetin efektiv të rrymës në linjë.

[2]

ii Llogaritni fuqinë e humbur në linjë.

[2]

iii Shpjegoni pse elektriciteti është mirë të transmetohet në tension të lartë.

[2]

c Tensioni ulet nga 400kV në 120kV me një transformator zbritës. Përshkruani parimin bazë të punës së një transformatori të tillë.

[2]

Kapitulli 18: Lëkundjet

Rezultatet e të nxënit

Duhet të jeni në gjendje të:

- jepni shembuj të lëkundjeve të lira dhe të detyruara;
- përdorni terminologjinë e saktë për përshkrimin e lëkundjeve;
- përkufizoni lëkundjet harmonike me lidhjen $a = -\omega^2 x$;
- kujtoni dhe përdorni barazimet që lidhin zhvendosjen dhe shpejtësinë në lëkundjet harmonike;
- ndërtoni dhe përdorni paraqitjen grafike të lëkundjeve harmonike;
- përshkruani shndërrimet e energjisë në lëkundjet harmonike;
- përshkruani efektet e fërkimit mbi lëkundjet, me shembuj praktikë;
- jepni shembuj të lëkundjeve të detyruara dhe rezonancës, si edhe të përshkruani efektet e fërkimit mbi rezonancën.

Lëkundjet në motor

Figura 18.1 paraqet pamjen e një prerjeje të motorit të një makine moderne; aty shohim katër pistona që lëkunden deri në 5000 herë në minutë, kur motori punon me fuqi maksimale. Që të jenë në gjendje të llogarisin stresin e krijuara mbi pistona kur makina është në punë, inxhinierët duhet të kuptojnë mirë fizikën e lëkundjeve.



Figura 18.1 Pistonat e motorit të makinës lëkunden lart e poshtë gjatë punës së tij.

Lëkundje të lira dhe të detyruara

Lëkundjet janë kudo të pranishme. Një zog në fluturim lëkund krahët sa lart-poshtë. Edhe krahët e aeroplanëve lëkunden, por nuk është kjo mënyra se si ata fluturojnë. Krahët e aeroplanit janë të gjatë e të hollë dhe ata lëkunden lehtë, sepse nuk janë krejtësisht të palëvizshëm. Edhe shumë struktura të tjera lëkunden: urat kur mbi to kalon trafiku, ndërtesat kur fryn erë e fortë, etj.

Le të përkufizojmë saktë termin **lëkundje**. Një trup **lëkundet** kur ai zhvendoset sa para-mbrapa, në të dyja anët e pozicionit të tij të ekuilibrit. Po të mos lëkundet më, trupi kthehet në pozicionin e tij të ekuilibrit..

Lëkundjet i shfrytëzojmë në mënyra të ndryshme: për kënaqësi (një fëmijë në shilarës), për muzikë (lëkundjet e telave të instrumenteve muzikore), për të matur kohën (lëvizja e lavjerrësit apo lëkundjet e një kristali të kuarcit). Kurdo që prodhohet një tingull, molekulat e ajrit lëkunden, duke i transmetuar njëra-tjetrës energjinë e tingullit. Me rritjen e temperaturës, atomet e një kristali lëkunden gjithnjë e më fort.

Këta shembuj të lëkundjeve mund të duken shumë të ndryshëm nga njëri-tjetri. Në këtë kapitull do të shohim karakteristikat e përbashkëta të të gjitha lëkundjeve.

E lirë apo e detyruar?

Lëkundjet që kuptohen më pa vështirësi janë lëkundjet e lira. Po të ngacmojmë telin e kitarës, ai vazhdon të lëkundet për njëfarë kohe pasi e lëshojmë. Ai lëkundet me një frekuencë (numri i lëkundjeve në njësinë e kohës) të dhënë. Kjo quhet **frekuencë natyrale** e lëkundjes dhe

prodhon tingullin (notën) që dëgjojmë. Po të ndryshojmë gjatësinë e telit, do të ndryshojë edhe frekuenca e tij natyrale. Në mënyrë të ngjashme krahët e diapazonit kanë një frekuencë natyrale të lëkundjes, të cilën mund ta vrojtoni kur e godisni atë me çekiçin prej gome apo tape. Çdo oshilator (lëkundës) ka një frekuencë natyrale të lëkundjes, që është frekuenca me të cilën ai lëkundet lirisht pas një ngacmimi fillestar.

Nga ana tjetër, shumë trupa mund të detyrohen të lëkunden. Kur jeni ulur në autobus keni vërejtur se lëkundjet e motorit i transmetohen trupit tuaj, duke ju bërë të lëkunden me të njëjtën frekuencë. Këto nuk janë lëkundje të lira të trupit tuaj; janë lëkundje të detyruara. Frekuenca e tyre nuk është frekuenca natyrale e lëkundjeve të trupit tuaj, por frekuenca e imponuar nga lëkundjet e motorit.



Figura 18.2 Vizorja që lëkundet lirisht me frekuencën e vet natyrale.

PYETJE

- 1 Cilat nga këto lëkundje janë të lira e cilat të detyruara:
 - a lëkundja e krahëve të një mushkonje;
 - b lëvizja e lavjerrësit të orës së gjyshit;
 - c lëkundjet e telave të pianos pasi i kemi ngacmuar;
 - d lëkundjet e një ndërtese gjatë tërmetit.

Po njëlloj, ne mundemi ta bëjmë vizoren metër të lëkundet duke e tundur lart e poshtë. Megjithatë, frekuenca e saj natyrale është shumë më e madhe, gjë që do ta kuptoni po të mbani të fiksuar njërin skaj të saj dhe të përkulni skajin tjetër (figura 18.2).

Vrojtimi i lëkundjeve

Shumë lëkundje janë shumë të shpejta ose të vogla për t'u vrotuar. Syri ynë nuk përgjigjet dot ndaj lëkundjeve me frekuencë më të madhe se 5Hz (pesë lëkundje në sekondë); ato i shohim të turbullta. Për të kuptuar karakteristikat

VEPRIMTARI PRAKTIKE 18.1: Vrojtimi i lëkundjeve të ngadalta

Masa e lidhur me sustën

Një karrocë laborator, e ngarkuar me disa masa, lidhet me dy susta nga të dyja anët. Sustat fiksohen në dy mbajtëse (figura 18.3). E zhvendosim karrocën nga njëra anë dhe shohim se ajo fillon të lëkundet sa para-prapa. Dëgjoni zhurmën që bën karroca teksa lëkundet. Ku bëhet maksimale shpejtësia e saj? Si ndryshon shpejtësia kur karroca ndodhet në pozicionet e zhvendosjes maksimale? Çfarë ndodh me sustat gjatë lëkundjeve të karrocës?

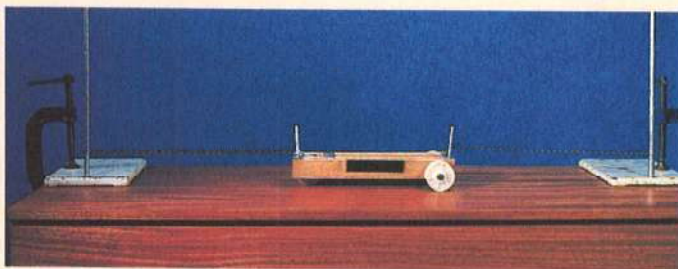


Figura 18.3 Një karrocë e lidhur me dy susta lëkundet lirisht.

Lavjerrësi matematik

Në tavan fiksojmë një fill me gjatësi të paktën 2m dhe në skajin tjetër të fillit lidhim një masë, përmasat e së cilës janë shumë më të vogla se gjatësia e fillit (figura 18.4). Ky sistem quhet lavjerrës matematik. E zhvendosim masën nga njëra anë dhe pastaj e lëshojmë. Lavjerrësi do të lëkundet me frekuencën e tij natyrale. Përpiquni të vini re karakteristikat e lëvizjes së tij. Ku i ngjan lëvizjes lëkundëse të karrocës? Ku ndryshon nga ajo?

Koni i altoparlantit

Një gjenerator sinjalesh ku kemi zgjedhur një frekuencë të ulët (themi 1Hz), bën të lëkundet membrana e një

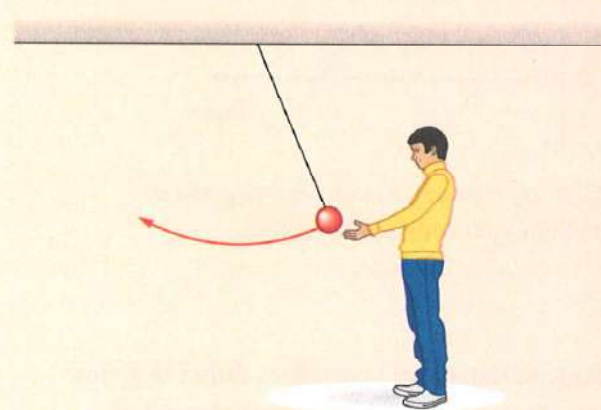


Figura 18.4 Lavjerrësi lëkundet para-mbrapa.

altoparlanti (figura 18.5). Duhet të vrotimi konin e altoparlantit. Krahasojeni lëvizjen e tij me atë të lavjerrësit dhe të karrocës. Provoni të zgjidhni një frekuencë më të madhe (themi 100Hz). Nëse keni mundësi, lëvizjen e konit mund ta bëni më të dukshme me ndihmën e një stroboskopi, apo duke e lyster qendrën e tij me ngjyrë të bardhë. A vrotimi të njëjtën mënyrë lëvizjeje?

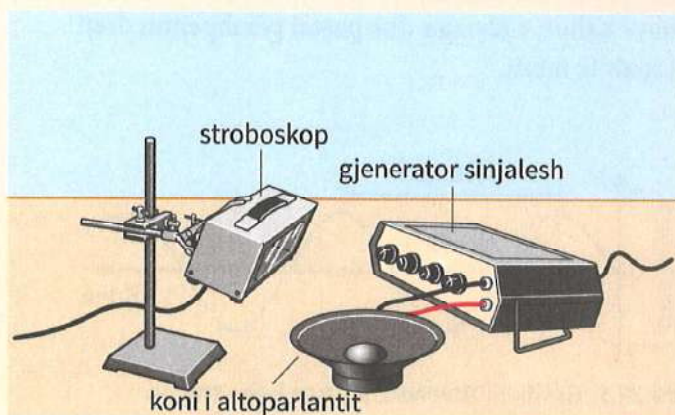


Figura 18.5 Koni i altoparlantit kryen lëkundje të detyruara.

PYETJE

- 2 Si do të ishte forma e grafikut shpejtësi-kohë të lëkundjeve të veprimtarisë praktike 18.1? Ky grafik do të ishte sinusoidal, si ai i figurës 18.6a, apo dhëmbë sharre si ai i figurës 18.6b?

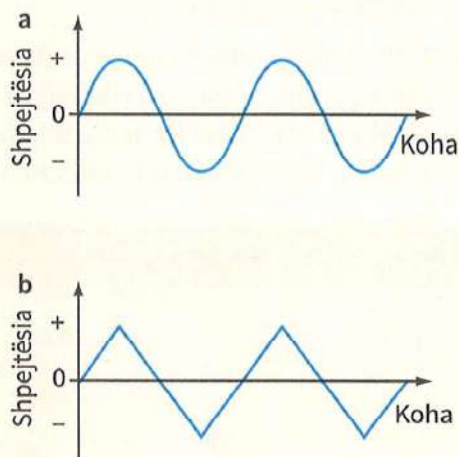


Figura 18.6 Dy forma të mundshme të grafikut shpejtësi-kohë të trupave që lëkunden.

e përgjithshme të sistemeve lëkundëse, duhet të gjejmë sisteme të përshtatshme që lëkunden mjaft ngadalë. Veprimtaria praktike 18.1 përshkruan tri situata të përshtatshme për vrojtime.

Përshkrimi i lëkundjeve

Të gjithë shembujt që pamë paraqesin të njëjtën tablo. Karroca përshpejton ndërsa i afrohet pozicionit të mesit. Aty shpejtësia e saj është maksimale. Më pas karroca ngadalëson duke iu afruar pozicionit të zhvendosjes maksimale. Në këtë pozicion ajo ndalon për një çast, përmbys kahun e lëvizjes dhe pastaj përshpejton drejt pozicionit të mesit.

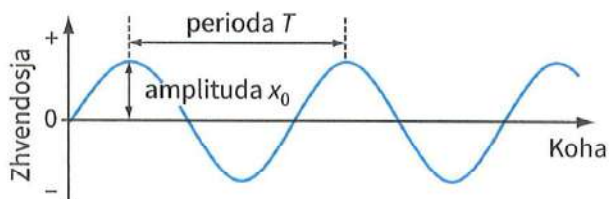


Figura 18.7 Grafiku i zhvendosjes nga koha tregon amplitudën dhe periodën e lëkundjes.

Amplituda, perioda dhe frekuenca

Grafiku i zhvendosjes nga koha për shumë sisteme lëkundëse paraqitet në figurën 18.7. Zhvendosja x ndryshon ngadalë dhe forma e grafikut është sinusoidale ndaj kjo lëvizje quhet **sinusoidale**.

Vini re se zhvendosja merr vlera pozitive dhe negative, ndërsa trupi kalon nëpër pozicionin e ekuilibrit. Zhvendosja maksimale nga pozicioni i ekuilibrit quhet amplitudë x_0 e lëkundjes.

Në grafik mund të tregojmë edhe periodën dhe frekuencën e lëkundjes. Perioda T është koha që nevojitet për të kryer një lëkundje të plotë, nga njëri skaj në tjetrin dhe kthim. Frekuenca f është numri i lëkundjeve në njësinë e kohës, pra, f është e anasjella e T :

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{e po ashtu:} \quad T = \frac{1}{f}$$

Të gjitha këto përkufizime ju i keni parë tashmë, por ia vlen të t'ju kujtonim.

PYETJE

- 3 Nga grafiku zhvendosje-kohë i paraqitur në figurën 18.8, përcaktoni amplitudën, periodën dhe frekuencën e lëkundjeve.

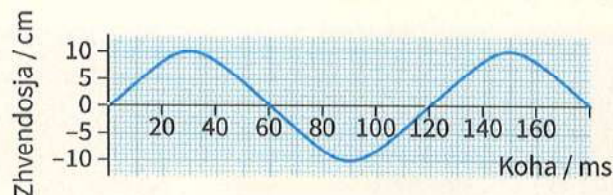


Figura 18.8 Grafiku zhvendosje-kohë i një lëkundësi.

Faza

Termi **fazë** përshkruan pikën e ciklit të lëkundjes ku ndodhet trupi që lëkundet. Shpesh na intereson të përcaktojmë **diferencën e fazave** ndërmjet dy lëkundjeve. Grafiku i figurës 18.9a paraqet dy lëkundje, të cilat janë identike me njëra-tjetrën në gjithçka, përveç fazës. Në këtë shembull diferenca e fazave ndërmjet dy lëkundjeve është sa një e katërta e një cikli të lëkundjes. Zakonisht diferenca e fazave matet në kënd, ku një cikël i plotë i lëkundjes vlen 2π (shih shembullin e zgjidhur 1).

- 4 a Figura 18.9b paraqet dy lëkundje që nuk janë në fazë. Sa është diferenca e fazave ndërmjet tyre?
- b Pse nuk do të kishte kuptim të bëhej kjo pyetje lidhur me figurën 18.9c?

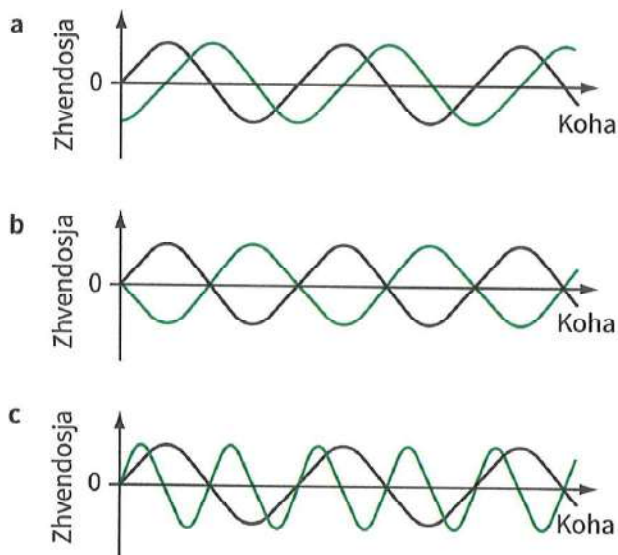


Figura 18.9 Për të ilustruar diferencën e fazave.

Lëkundjet harmonike

Janë të shumta situatat ku mund të shohim një lloj të veçantë lëkundjesh, që quhen **harmonike**. Disa shembuj i kemi parë. Për shembull, lëkundjet e telave të instrumenteve muzikore janë harmonike. Lëkundjet e karrocës dhe të lavjerrësit në veprimtarinë praktike 18.1 janë harmonike. (Më poshtë do të japim përkufizimin e lëkundjeve harmonike, që i referohet nxitimit dhe zhvendosjes së oshilatorit.)

Ja disa situata të tjera, jo aq evidente, ku shohim lëkundjet harmonike:

- Kur në ajër përhapet një tingull i pastër (me një frekuencë), molekulat e ajrit kryejnë lëkundje harmonike.
- Kur në një përcjellës rrjedh rrymë alternative, elektronet kryejnë lëkundje harmonike.
- Kur në antenën e radios apo televizionit mbërrin një sinjal, aty lind një rrymë e vogël alternative dhe elektronet kryejnë lëkundje harmonike.
- Atomet që përbëjnë një molekulë (p.sh. molekula e hidrogjenit në figurën 18.11) kryejnë lëkundje harmonike.

Lëkundjet mund të jenë të përbëra nga shumë frekuenca së bashku. Shembuj të tillë janë lëkundjet e

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 1 Figura 18.10 paraqet grafikun zhvendosje-kohë të dy lëkundjeve. Llogaritni diferencën e fazave ndërmjet dy lëkundjeve.

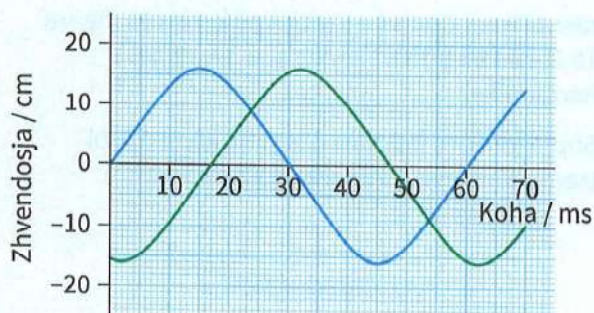


Figura 18.10 Grafiku zhvendosje-kohë i dy lëkundjeve me perioda të barabarta.

Hapi 1 Masim intervalin e kohës ndërmjet dy pikave korresponduese të grafikëve.

$$t = 17 \text{ ms}$$

Hapi 2 Përcaktojmë periodën T të lëkundjeve.

$$T = 60 \text{ ms}$$

Hapi 3 Gjejmë diferencën e fazave $\Delta\varphi$ në radian.

$$\Delta\varphi = \frac{t}{T} \cdot 2\pi = \frac{17}{60} \cdot 2 \cdot 3.14 \cong 1.8 \text{ rad}$$

makinave, lëvizja e dallgëve të detit, apo lëkundjet në një kristal (figura 18.11b). Këto lëkundje mund të shkruhen si shumë e lëkundjeve të thjeshta, ndaj do ta përqendrojmë vëmendjen tek lëkundjet harmonike të pastra (të thjeshta, me një frekuencë të vetme). Gjithashtu ne do të shqyrtojmë lëkundjet mekanike, por duhet të mbani parasysh se kjo analizë mund të shtrihet edhe në situatat e përmendura këtu më sipër dhe shumë të tjera.

Kushtet për të patur lëkundje harmonike

Nëse lavjerrësi i thjeshtë i figurës 18.4 lihet i pangacmuar, ai do të jetë në ekuilibër. Filli dhe masa janë në pozicionin

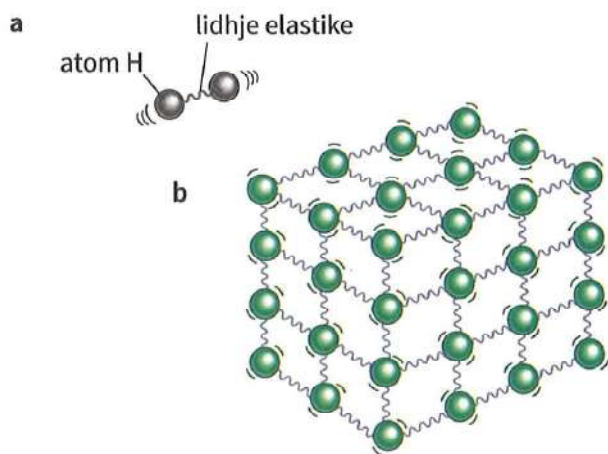


Figura 18.11 Atomet mund t'i mendojmë si të lidhura me susta dhe kjo çon në lëkundje harmonike a në molekulën e hidrogjenit dhe b në kristal.

vertikal. Për ta bërë të lëkundet (figura 18.12), lavjerrësin duhet ta zhvendosim nga pozicioni i ekuilibrit. Atëherë mbi masën vepron një forcë rezultante dhe ajo tenton të kthehet në pozicionin e ekuilibrit. Kur mbërrin aty, masa ka shpejtësi (pra, ka energji kinetike) ndaj vazhdon të lëvizë derisa të ndalojë për një çast në anën tjetër të pozicionit të ekuilibrit. Pastaj ky proces përsëritet nga ana tjetër.

Tri kushtet që duhet të plotësohen që një sistem mekanik të kryejë lëkundje harmonike janë:

- të kemi një masë që lëkundet;
- të ekzistojë një pozicion ku masa është në ekuilibër (me marrëveshje, zhvendosjet në të djathtë të këtij pozicioni quhen pozitive e në të majtë quhen negative);
- të veprojnë një forcë që kërkon ta kthejë masën në pozicionin e ekuilibrit; forca kthyesë F është në përpjesëtim të drejtë me zhvendosjen x të masës nga pozicioni i saj i ekuilibrit dhe ka kah drejt pozicionit të ekuilibrit.

Shpejtësia në lëkundjen harmonike

Ndërsa lavjerrësi lëkundet, shpejtësia e tij ndryshon vazhdimisht. Kur ai është duke shkuar nga e djathta në

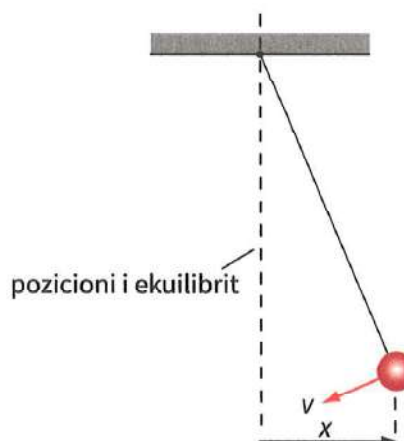


Figura 18.12 Zhvendosja x e këtij lavjerrësi është pozitive dhe shpejtësia v e tij është negative.

të majtë (si në figurën 18.12), shpejtësia e lavjerrësit është negative. Ai përshpejton drejt pozicionit të ekuilibrit dhe pastaj ngadalëson ndërsa i afrohet pozicionit me zhvendosje maksimale në të majtë të pozicionit të ekuilibrit. Sërish shpejtësia e tij është maksimale kur lavjerrësi kalon nëpër pozicionin e ekuilibrit dhe ai ngadalëson ndërsa i afrohet pozicionit fillestar, nga i cili nisi lëvizjen.

Kjo që përshkruam: përshpejtim, ngadalësim, ndryshim i kahut, nxitim sërish, është karakteristike për lëkundjet harmonike. Shpejtësia nuk ndryshon menjëherë. Më poshtë do të shohim si t'i vrojtojmë këto ndryshime dhe si t'i paraqesim ato grafikisht.

PYETJE

- 5 Identifikoni tiparet e lëvizjes së karrocës (figura 18.3) që kënaqin tri kërkesat e lëkundjeve harmonike.
- 6 Shpjegoni pse lëvizja e dikujt që kërcen mbi trampolinë nuk është lëkundje harmonike.

Paraqitja grafike e lëkundjeve harmonike

Nëse lidhni karrocën ndërmjet dy sustave (figura 18.13), do të dëgjoni ritmin karakteristik të lëkundjeve harmonike ndërsa karroca zhvendoset sa para-mbrapa. Duke ndryshuar masën mbi karrocë, mund të mbërrini që perioda e lëkundjeve të jetë rreth dy sekonda.

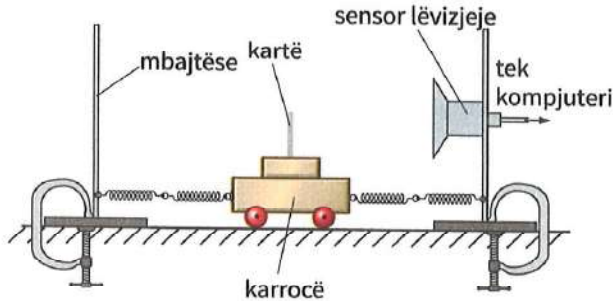


Figura 18.13 Për të studiuar lëkundjet e karrocës, mund të përdoret një sensor lëvizjeje.

Sensori i lëvizjes ju lejon të regjistroni si ndryshon me kohën zhvendosja e karrocës. Sinjalet e ultratingujve të lëshuara nga sensori pasqyrohen nga karta e vendosur mbi karrocë dhe më pas sensori detekton sinjalet e pasqyruara. Kjo teknikë e ngjashme me atë të përdorur nga sonarët i lejon sensorit të përcaktojë zhvendosjen e karrocës. Në figurën 18.14 paraqitet një grafik tipik i marrë në ekranin e kompjuterit.

Kompjuteri më pas përcakton shpejtësinë e karrocës, si edhe shpejtësinë e ndryshimit të shpejtësisë, duke gjetur edhe nxitimin.

Grafikët e idealizuar të varësisë së zhvendosjes, shpejtësisë dhe nxitimit nga koha jepen në figurën 18.15. Këta grafikë do t'i shqyrtojmë me radhë, për të parë çfarë tregojnë ata lidhur me lëkundjet harmonike, si edhe lidhjen ndërmjet këtyre tre grafikëve.

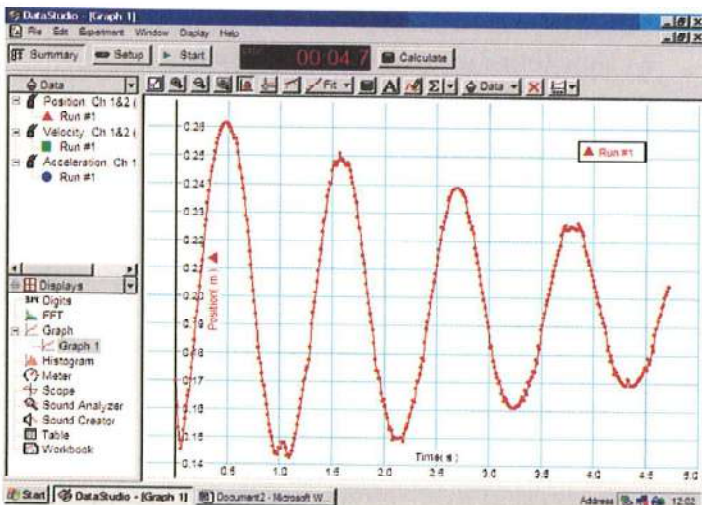


Figura 18.14 Grafiku i zhvendosjes nga koha që gjenerohet nga sensori i lëvizjes.

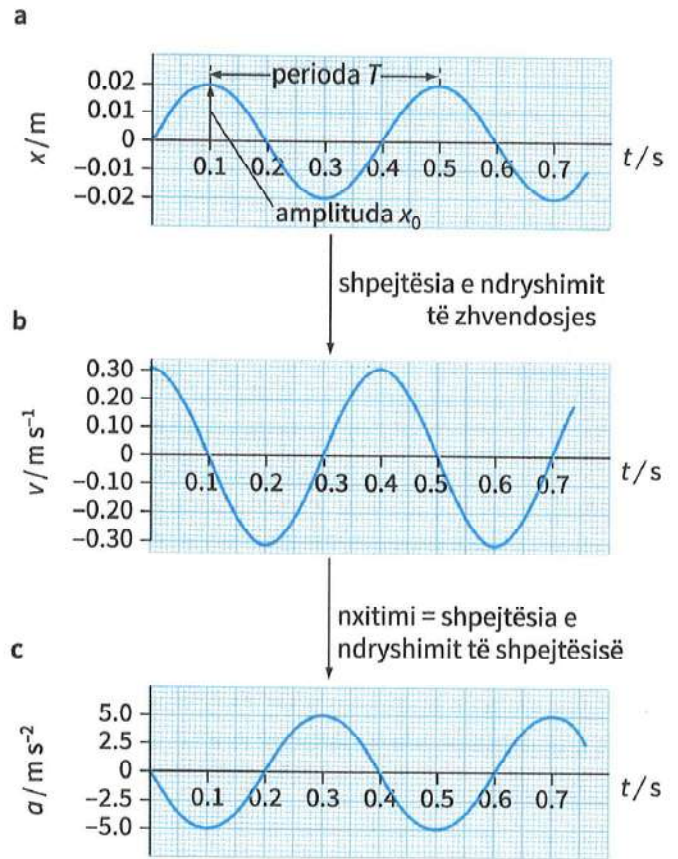


Figura 18.15 Grafiku i varësisë së zhvendosjes, shpejtësisë dhe nxitimit nga koha në lëkundjen harmonike.

Grafiku zhvendosje—kohë ($x-t$)

Zhvendosja e masës që lëkundet ndryshon duke ndjekur kurbën e lëmuar të paraqitur në figurën 18.15a. Matematikisht kjo kurbë është **sinusoidë**. Vërejmë se ky grafik na mundëson përcaktimin e amplitudës x_0 dhe periodës T të lëkundjeve. Në këtë grafik zhvendosja nga pozicioni i ekuilibrit në çastin $t = 0$ është zero. Kemi zgjedhur që lëvizja të fillojë nga pozicioni i ekuilibrit dhe që fillimisht trupi që lëkundet të zhvendoset djathtas. Padyshim që mund të kishim zgjedhur çfarëdo pozicioni tjetër si fillestar, por kjo zgjedhje është e volitshme dhe e zakonshme.

Grafiku shpejtësi-kohë ($v-t$)

Shpejtësia v e lëkundësit në çdo çast të kohës mund të përcaktohet nga pjerrësia (gradienti) i grafikut të zhvendosjes nga koha:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Sërish marrim një kurbë të lëmuar (figura 18.15b), e cila paraqet varësinë nga koha të shpejtësisë. Forma e kësaj kurbe është e njëjtë me atë të grafikut të varësisë së zhvendosjes nga koha, por amplituda dhe pika e fillimit janë të ndryshme. Në çastin $t = 0$ trupi që lëkundet ndodhet në pozicionin e ekuilibrit dhe shpejtësia e tij është maksimale dhe pozitive, sepse ai po zhvendoset djathtas.

Grafiku nxitim-kohë ($a-t$)

Së fundi, në një çast të çfarëdoshëm të kohës, nxitimi a i trupit që lëkundet mund të përcaktohet nga gradienti i grafikut të varësisë së shpejtësisë nga koha:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Kjo na jep një kurbë të tretë me formë të përgjithshme të ngjashme me dy të parat (figura 18.15c), e cila paraqet varësinë e nxitimit nga koha. Në çastin $t = 0$ trupi që lëkundet ndodhet në pozicionin e ekuilibrit. Forca rezultante që vepron mbi të është zero, ndaj edhe nxitimi është zero. Ndërsa trupi fillon të zhvendoset djathtas, mbi të vepron një forcë kthyesë e drejtuar majtas, gjë që bën që nxitimi të jetë negativ. Nxitimi merr vlerën e vet maksimale kur trupi ndodhet në zhvendosjen maksimale nga pozicioni i ekuilibrit. Vini re se grafiku i nxitimit është "i përmbysur", po ta krahasojmë me atë të zhvendosjes. Kjo tregon se nxitimi është i kundërt me zhvendosjen dhe madhësia e tij është në përpjesëtim të drejtë me madhësinë e zhvendosjes, pra:

$$a \propto -x$$

Me fjalë të tjera, kur zhvendosja e trupit është pozitive (djathtas), nxitimi është negativ (majtas) dhe anasjelltas.

Frekuenca dhe frekuenca këndore

Frekuenca f e lëkundjeve harmonike është e barabartë me numrin e lëkundjeve në njësinë e kohës. Siç e kemi parë, frekuenca f lidhet me periodën T nëpërmjet:

$$f = \frac{1}{T}$$

Duke qenë se lëkundjet harmonike paraqiten me anë të një sinusoidë, perioda e së cilës është 2π , kërkojmë që gjatë një lëkundjeje faza e saj të ndryshojë me 2π radianë. Pra, nëse në njësinë e kohës kryhen f lëkundje, faza duhet të ndryshojë me $2\pi f$ radianë. Kjo madhësi quhet **frekuenca këndore** e lëkundjeve harmonike dhe shënohet me ω (shkronja greke omega).

Në figurën 18.17 paraqitet një cikël i lëkundjes, por në boshtin x është vendosur faza e lëkundjes në radianë.

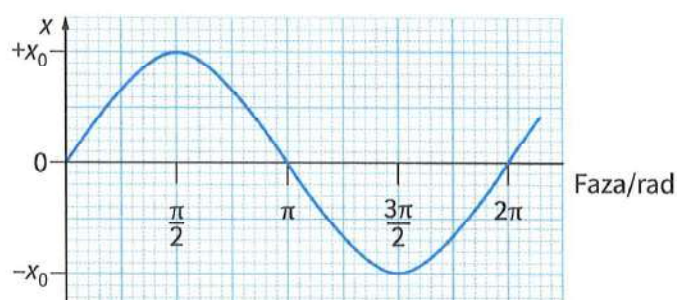


Figura 18.17 Gjatë një cikli faza e lëkundjes ndryshon nga 0 në 2π .

Pra, frekuenca këndore e lëkundjeve ω lidhet me frekuençën e tyre f nëpërmjet barazimit:

$$\omega = 2\pi f$$

Meqë $f = 1/T$, frekuenca këndore lidhet me periodën e lëkundjeve nëpërmjet:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{ose} \quad T = \frac{2\pi}{\omega}$$

PYETJE

- 7 Nga grafikët e figurës 18.15 përcaktoni vlerat e madhësive që vijnë:
 - a amplituda,
 - b perioda,
 - c shpejtësia maksimale,
 - d nxitimi maksimal.
- 8 Në cilën pikë të lëkundjes shpejtësia e trupit që lëkundet është zero dhe nxitimi është pozitiv?
- 9 Referojuni grafikut $x-t$ të figurës 18.15a. Sa është gradienti i këtij grafiku në çastin $t = 0.1s$? Sa është shpejtësia e trupit që lëkundet në këtë çast.
- 10 Figura 18.16 paraqet grafikun e varësisë së zhvendosjes së një trupit që lëkundet nga koha. Nga grafiku përcaktoni madhësitë që vijnë:
 - a shpejtësinë (në cm s^{-1}) në çastin $t = 0s$;
 - b shpejtësinë maksimale në cm s^{-1} ;
 - c nxitimin (në cm s^{-2}) në çastin $t = 1.0s$.

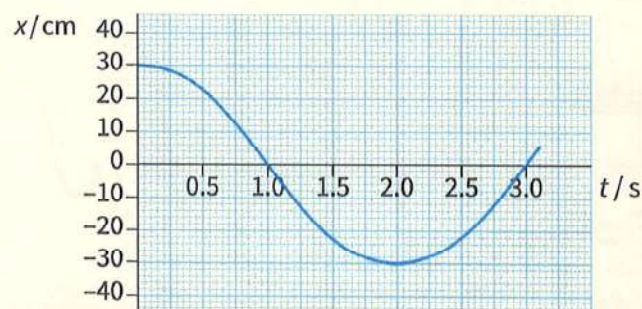


Figura 18.16 Grafiku i varësisë së zhvendosjes së trupit që lëkundet nga koha për pyetjen 10.

Këtu kemi rastin të japim formulat që na mundësojnë llogaritjen e frekuencës këndore dhe periodës së lëkundjeve të masës në sustë dhe lavjerrësit matematik.

Nëse masa m është lidhur me sustën me koeficient elasticiteti k , frekuenca këndore dhe perioda e lëkundjeve të lira të saj janë përkatësisht:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{dhe} \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

Frekuenca këndore dhe perioda e lavjerrësit matematik nuk varen aspak nga masa e varur në të, por vetëm nga gjatësia e fillit të lavjerrësit dhe nxitimi i rënies së lirë g :

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad \text{dhe} \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

PYETJE

- 11** Një trup që kryen lëkundje harmonike bën dy cikle në 1.0s. Llogaritni:
- periodën T ,
 - frekuencën f ,
 - frekuencën këndore ω .
- 12** Figura 18.18 paraqet grafikun e varësisë së zhvendosjes së një mase që lëkundet nga koha. Nga grafiku përcaktoni madhësitë që vijojnë:
- amplitudën,
 - periodën,
 - frekuencën,
 - frekuencën këndore,
 - zhvendosjen në pikën A,
 - shpejtësinë në pikën B,
 - shpejtësinë në pikën C.

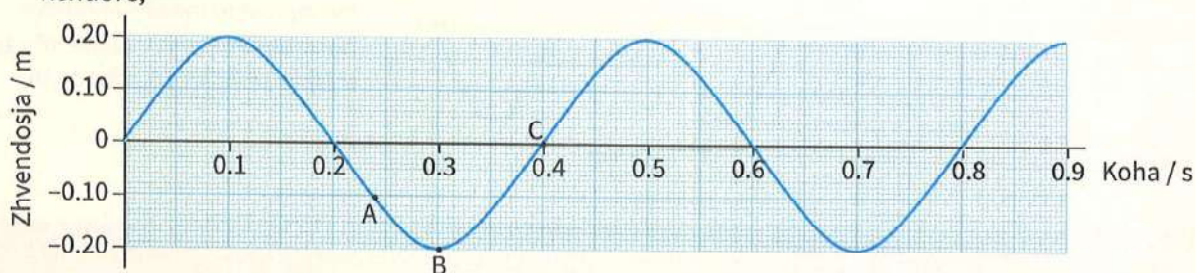


Figura 18.18 Grafiku i varësisë së zhvendosjes nga koha, për pyetjen 12.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 18.2: Varësia e periodës së lavjerrësit nga gjatësia

Ju vetë mund të bindeni se perioda e lavjerrësit matematik nuk varet nga masa. Për këtë matni periodën e lavjerrësve me masa të ndryshme dhe gjatësi të njëjta. A janë të njëjta ato?

Kujdes! Matja e periodës së një lëkundjeje të vetme është e vështirë, ndaj është mirë të masni kohën që nevojitet për disa lëkundje (p.sh. 10) dhe pastaj ta pjesëtoni atë me numrin e lëkundjeve.

Mbani parasysh se barazimi që jep periodën e lavjerrësit në varësi të gjatësisë së tij vlen vetëm për

lëkundje të vogla, pra, kur zhvendosja e lavjerrësit nga pozicioni i ekuilibrit është e vogël. Duke patur parasysh këtë, verifikoni se vërtet perioda e lavjerrësit është në përpjesëtim të drejtë me rrënjën katrore të gjatësisë së tij. Për këtë matni me kujdes periodën e lavjerrësit për gjatësi të ndryshme të fillit. Më pas ndërtoni grafikun e varësisë së periodës nga rrënja katrore e gjatësisë. A është vijë e drejtë? Sa është pjerrësia e saj? A kalon ajo nga origjina?

PYETJE

- 14 Lëkundja e një pjese të një makinerie jepet nga ekuacioni:

$$x = 3.0 \cdot 10^{-4} \sin 240\pi t$$

ku zhvendosja x jepet në metra. Përcaktoni:

a amplitudën, **b** frekuencën dhe **c** periodën e lëkundjeve.

- 15 Një karrocë e lidhur me një sustë zhvendoset me 0.15m dhe pastaj lëshohet në çastin $t = 0$. Masa e karrocës është 100g dhe koeficienti i elasticitetit i sustës është 0.987N/m.

- a** Sa është frekuenca këndore e lëkundjeve.
b Shkruani ekuacionin që jep varësinë e zhvendosjes x të karrocës nga pozicioni i ekuilibrit nga koha t .
c Skiconi grafikun e varësisë së x nga t gjatë dy lëkundjeve të plota, duke shkallëzuar boshtet.
 Pranojmë se lëvizja kryhet pa fërkim.

Ekuacionet e lëkundjeve harmonike

Grafiku i figurës 18.15a tregon si ndryshon zhvendosja e oshilatorit gjatë lëkundjes. Kemi përmendur tashmë se kurba e kësaj varësie është sinusoidë. Të njëjtin informacion mund ta japim nëpërmjet një ekuacioni. Lidhja ndërmjet zhvendosjes x dhe kohës t është si vijon:

$$x = x_0 \sin \omega t$$

ku me x_0 kemi shënuar amplitudën e lëkundjeve dhe me ω frekuencën këndore të tyre. Ndonjëherë e njëjta varësi jepet në trajtën e një funksioni kosinusoidal, në vend të sinusoidës:

$$x = x_0 \cos \omega t$$

Dallimi ndërmjet këtyre dy ekuacioneve ilustron në figurën 18.19. Grafiku sinusoidal nisët nga $x = 0$, pra, në çastin $t = 0$ trupi që lëkundet ndodhet në pozicionin e ekuilibrit.

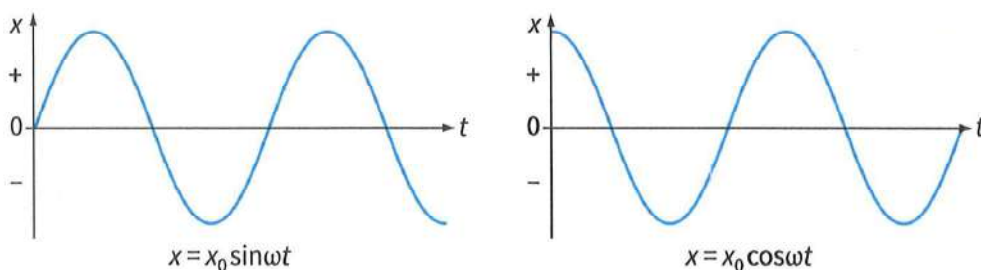


Figura 18.19 Këta dy grafikë paraqesin të njëjtën lëkundje harmonike. Dallimi është në zgjedhjen e pikës së fillimit (çastit $t = 0$).

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 2 Një lavjerrës lëkundet me frekuencë 1.5Hz dhe amplitudë 0.10m. Nëse në $t=0$ ai kalon nëpër pozicionin e ekuilibrit, shkruani ekuacionin e lëkundjeve. Përcaktoni zhvendosjen për $t=0.50$ s

Hapi 1 Zgjedhim ekuacionin e duhur. Në këtë rast, për $t=0$, $x=0$, ndaj përdorim formën sinusoidale:

$$x = x_0 \sin \omega t$$

Hapi 2 Duke ditur frekuencën f , llogarisim frekuencën këndore ω :

$$\omega = 2\pi f = 2 \times \pi \times 1.5 = 3.0\pi$$

Hapi 3 Zëvendësojmë vlerat në ekuacion, kur $x_0=0.10$ m, pra: $x = 0.10 \sin(3.0\pi t)$

Hapi 4 Për të gjetur x kur $t=0.50$ s, zëvendësojmë vlerën e t dhe llogarisim rezultatin:

$$x = 0.10 \sin(3.0\pi \cdot 0.50) = 0.10 \sin \frac{3\pi}{2} = 0.10 \cdot (-1) = -0.10\text{m}$$

Kjo do të thotë se lavjerrësi është në pozicionin e zhvendosjes maksimale; shenja minus tregon se ai ndodhet në skajin negativ ose të majtë, nëse zhvendosjet djathtas konsiderohen pozitive.

Versioni kosinusoidal nisët nga $x = x_0$, pra, kur $t = 0$, zhvendosja e trupit që lëkundet nga pozicioni i ekuilibrit është maksimale.

Lidhja e nxitimit me zhvendosjen

Në lëkundjet harmonike nxitimi varet nga zhvendosja e trupit që lëkundet nga pozicioni i ekuilibrit dhe nga madhësia e forcës kthyesë. Sa më e madhe të jetë zhvendosja x , aq më i madh do të jetë edhe nxitimi a . Lidhja ndërmjet zhvendosjes dhe nxitimit jepet nga:

$$a = -\omega^2 x$$

Pra, nxitimi është në përpjesëtim të drejtë me zhvendosjen dhe i kundërt me të. Konstantja e përpjesëtueshmërisë është ω^2 . Nxitimi ka gjithmonë kahun drejt pozicionit të ekuilibrit, ndaj është i kundërt me zhvendosjen.

Në fakt, lidhja e mësipërme përkufizon lëkundjen e thjeshtë harmonike:

Një trup kryen lëkundje harmonike po qe se nxitimi i tij a është në përpjesëtim të drejtë me zhvendosjen x nga pozicioni i ekuilibrit dhe ka kah të kundërt me të.

Figura 18.20 paraqet grafikun e varësisë së nxitimit nga zhvendosja e trupit që lëkundet nga pozicioni i ekuilibrit. Vini re se:

- Grafiku është vijë e drejtë që kalon nga origjina.
- Ai ka pjerrësi negative, pra nxitimi është gjithnjë me kah të kundërt me zhvendosjen.
- Gradienti i këtij grafiku është ω^2 .
- Ky gradient nuk varet nga amplituda e lëkundjeve. Kjo do të thotë se frekuenca (dhe perioda) e lëkundjeve nuk varen nga amplituda e tyre.

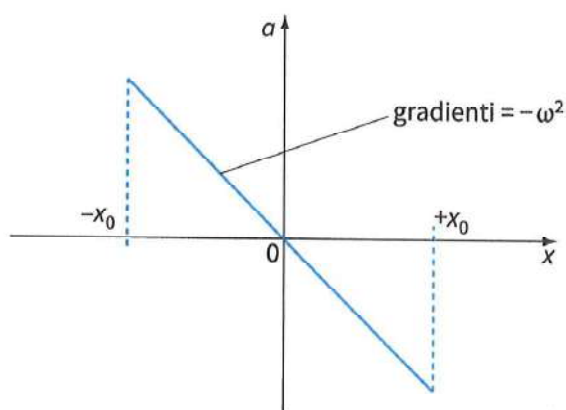


Figura 18.20 Grafiku i nxitimit a kundrejt zhvendosjes x së trupit që lëkundet nga pozicioni i ekuilibrit.

Një shënim i natyrës matematike: themi se ekuacioni $a = -\omega^2 x$ përkufizon lëkundjen harmonike: ai na tregon kushtet që duhet të plotësohen që një trup të kryejë lëkundje harmonike. Atëherë, barazimi $x = x_0 \sin \omega t$ është zgjidhje e ekuacionit të mësipërm, sepse na tregon si ndryshon me kohën zhvendosja e trupit. Nëse keni njohuri nga derivatet, mund të provoni të derivoni dy herë x lidhur me kohën, për të marrë një ekuacion që kënaqet nga nxitimi. Do të shihni se do të merrni ekuacionin $a = -\omega^2 x$.

Shpejtësia

Shpejtësia v e trupit që lëkundet ndryshon gjithë kohën. Ajo është maksimale kur trupi kalon nëpër pozicionin e ekuilibrit. Këtë ne e zgjodhëm si çastin $t = 0$; pra, në fillim të lëkundjes shpejtësia është maksimale dhe e barabartë me v_0 . Atëherë varësia e shpejtësisë nga koha jepet nga barazimi:

$$v = v_0 \cos \omega t$$

meqë funksioni kosinus ka maksimum për $t = 0$.

Tregohet se shpejtësia maksimale e oshilatorit është:

$$v_0 = \omega x_0$$

Pra, shpejtësia maksimale varet nga amplituda dhe nga frekuenca. Kjo ka kuptim, sepse perioda nuk varet nga amplituda, ndaj për të përshkuar një largësi (amplitudë) më të madhe brenda së njëjtës kohë, trupi duhet të zhvendoset më shpejt. Gjithashtu, frekuencë më e madhe do të thotë periodë më e shkurtër. Pra, e njëjta amplitudë përshkohet brenda një kohe më të shkurtër; shpejtësia duhet të jetë më e madhe.

PYETJE

- 16 Një masë e fiksuar në skajin e një filli kryen lëkundje harmonike me frekuencë 1.4Hz.
- Shkruani një ekuacion të formës $a = -\omega^2 x$, që tregon varësinë e nxitimit nga zhvendosja.
 - Llogaritni nxitimin e trupit që lëkundet, kur zhvendosja nga pozicioni i ekuilibrit është 0.050m.
- 17 Një lavjerrës i vogël kryen lëkundje harmonike në të cilën lidhja mes nxitimit dhe zhvendosjes është $a = -300x$. Përcaktoni frekuencën e lëkundjeve.
- 18 Lavjerrësi i orës së gjyshit lëkundet nga njëra anë në tjetrën në 1.00s. Amplituda e lëkundjeve është 12cm.
- Llogaritni:
 - periodën e lëkundjeve;
 - frekuencën;
 - frekuencën këndore.
 - Shkruani ekuacionin e trajtës $a = -\omega^2 x$ që tregon varësinë e nxitimit të lavjerrësit nga zhvendosja e tij.
 - Llogaritni shpejtësinë maksimale të lavjerrësit.
 - Llogaritni shpejtësinë e lavjerrësit, kur zhvendosja e tij është 6cm.
- 19 Një karrocë me masë m është fiksuar në një sustë me konstante të elasticitetit k . Skaji tjetër i sustës është fiksuar në mur..
- Tregoni se, kur e zhvendosim nga pozicioni i ekuilibrit dhe pastaj e lëshojmë, karroca kryen lëkundje harmonike.
 - Shkruani ligjin e dytë të Njutonit për lëvizjen e karrocës, nxirrni prej tij nxitimin dhe prej këtu, tregoni se perioda e karrocës jepet nga:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Shndërrimet e energjisë gjatë lëkundjeve harmonike

Gjatë lëkundjeve harmonike ndodh një shndërrim i vazhdueshëm i energjisë ndërmjet dy formave: potenciale e kinetike. Këtë e shohim qartë duke shqyrtuar sistemin masë-sustë të paraqitur në figurën 18.21.

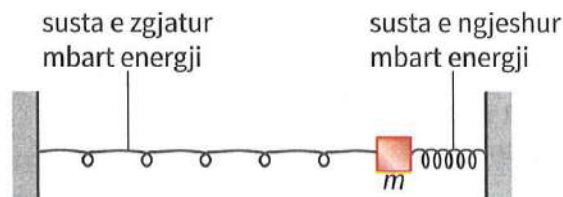


Figura 18.21 Kur masën e lënë të lirë, energjia potenciale elastike e sustës shndërrohet në energji kinetike.

Kur masa zhvendoset në njërën anë (për të nisur lëkundjet), njëra nga sustat ngjeshet dhe tjetra zgjatet. Sustat mbartin energji potenciale elastike. Kur masa lihet e lirë, ajo zhvendoset drejt pozicionit të ekuilibrit, duke u përshpejtuar. Energjia potenciale e sustave vjen duke u zvogëluar dhe energjia kinetike e masës vjen duke u rritur me të njëjtën madhësi (pranojmë se nuk ka humbje energjie prej forcave të fërkimit). Pasi masa e kalon pozicionin e ekuilibrit, energjia kinetike e saj vjen duke u zvogëluar dhe ajo potenciale e sustave vjen duke u rritur, sepse ato shformohen. Duke pranuar se nuk ka fërkim, energjia e plotë e sistemit mbetet konstante.

Grafikët e energjisë

Këto shndërrime të energjisë mund t'i paraqesim në dy mënyra. Figura 18.22 paraqet ndryshimin me kohën të energjisë kinetike e asaj potenciale. Energjia potenciale është maksimale, kur zhvendosja është maksimale (pozitive ose negative). Energjia kinetike është maksimale, kur zhvendosja është zero. Gjatë gjithë lëkundjes energjia e plotë mbetet konstante. Vini re se gjatë një lëkundjeje,

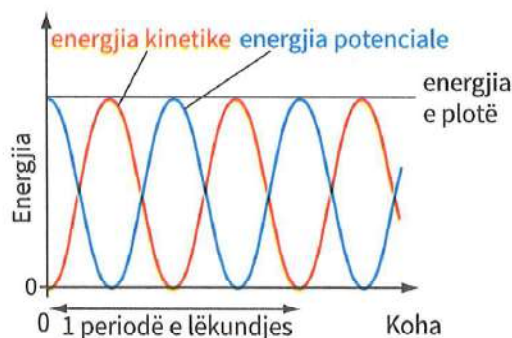


Figura 18.22 Energjia kinetike dhe ajo potenciale e lëkundësit ndryshojnë periodikisht, por, në mungesë të fërkimit, energjia e plotë mbetet konstante.

edhe energjia kinetike, edhe ajo potenciale kryejnë dy lëkundje secila. Kjo ndodh sepse energjia kinetike ka vlerën maksimale kur masa kalon nëpër pozicionin e ekuilibrit, ndërsa zhvendoset në të majtë dhe pastaj sërish, kur masa zhvendoset në të djathtë. Energjia potenciale është maksimale në të dyja skajet e lëkundjes. Një mënyrë tjetër për ta treguar këtë është të ndërtojmë grafikun e varësisë së energjisë potenciale dhe asaj kinetike nga zhvendosja (figura 18.23). Ky grafik tregon se:

- energjia kinetike është maksimale kur zhvendosja është zero;
- energjia potenciale është maksimale kur zhvendosja është maksimale;
- në një pikë çfarëdo të grafikut energjia e plotë (potenciale+kinetike) ka vlerë të pandryshuar (grafiku i saj është konstant).

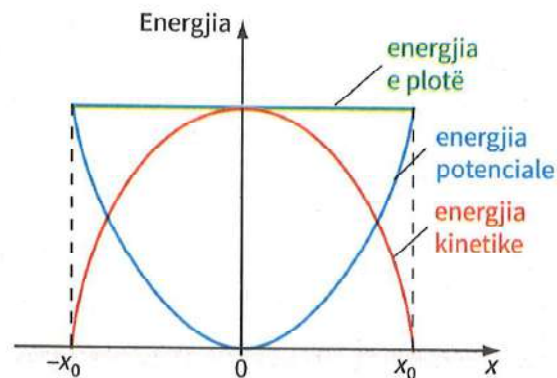


Figura 18.23 Energjia kinetike është maksimale kur zhvendosja është zero, kurse ajo potenciale kur zhvendosja është maksimale.

PYETJE

- 20 Që lavjerrësi të fillojë të lëkundet, e zhvendosim paksa në njërën anë.
- a Cili është lloji i energjisë që i japim lavjerrësit?
 - b Përshkruani shndërrimet e energjisë që ndodhin kur lavjerrësin e lëmë të lirë.
- 21 Figura 18.23 tregon si ndryshojnë me zhvendosjen format e ndryshme të energjisë. Tregoni si do të ndryshonte grafiku, po qe se masës në fillim të lëkundjes i japim gjysmën e energjisë.
- 22 Figura 18.24 tregon si ndryshon me kohën shpejtësia v e një mase 2.0kg gjatë një studimi të lëkundjeve harmonike të një lavjerrësi. Me ndihmën e grafikut bëni një vlerësim të madhësive të mëposhtme që karakterizojnë lëvizjen e masës:

- a shpejtësia maksimale,
- b energjia kinetike maksimale,
- c energjia potenciale maksimale,
- d nxitimi maksimal,
- e forca kthyesë maksimale që vepron mbi të.

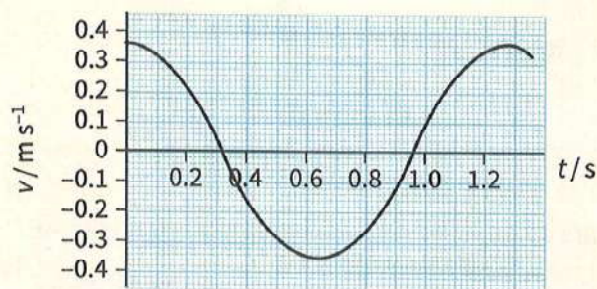


Figura 18.24 Grafiku shpejtësi-kohë i lavjerrësit, për pyetjen 22.

Lëkundjet që shuhen

Në parim lëkundjet duhet të vazhdojnë përgjithmonë. Por në praktikë lëkundjet që vrottojmë rreth e qark nesh herët a vonë shuhen. Një fëmijë e di se amplituda e lëkundjeve të shilarësit do të vijë duke u zvogëluar, derisa më në fund shilarësi ndalon, ndaj i kërkon prindit ta shtyjë, që lëkundjet të vazhdojnë.

Kjo ndodh për shkak të fërkimit. Shilarësi ka fërkim në vendin ku ai është lidhur me kornizën, si edhe me ajrin. Ndërsa fërkimi e transferon energjinë nga shilarësi në mjedis (ku shndërrohet në nxehtësi), amplituda e lëkundjeve të këtij të fundit zvogëlohet vazhdimisht.

Këto janë **lëkundje që shuhen**. Amplituda e tyre zvogëlohet sipas një rregulli të mirëpërcaktuar. Kjo paraqitet në figurën 18.25.

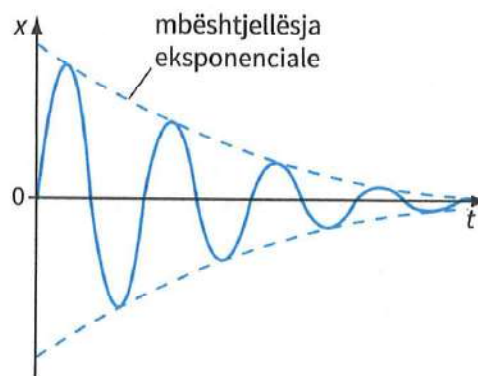


Figura 18.25 Lëkundjet që shuhen.

Amplituda e lëkundjeve që shuhen nuk bie linearisht. Ajo bie eksponencialisht me kohën. Rënia eksponenciale është një dukuri e veçantë që shfaqet si vijon. Fillimisht shilarësi zhvendoset shpejt. Ajo duhet të mposhtë një rezistencë shumë të madhe të ajrit, ndaj humbet energji me shpejtësi dhe amplituda e saj bie shpejt. Më pas shilarësi zhvendoset më ngadalë. Rezistenca e ajrit zvogëlohet dhe kështu edhe shpejtësia e humbjes së energjisë zvogëlohet

VEPRIMTARI PRAKTIKE 18.3: Studimi i lëkundjeve që shuhen

Rënie eksponenciale të amplitudës së lëkundjeve mund ta studiojmë me ndihmën e një pajisjeje të thjeshtë laboratorike (Figura 18.26). Një teh sharre apo shirit elastik metalik çfarëdo fiksohet (horizontalisht ose vertikalisht) në bankën e punës. Në skajin e lirë fiksohet një masë. Po ta zhvendosni në njërën anë, ajo do të lëkundet lirisht.

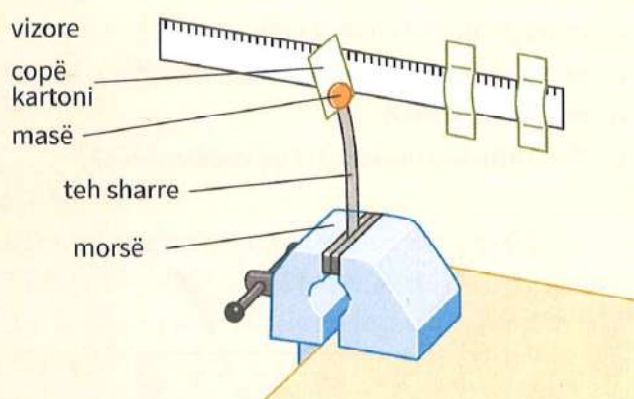


Figura 18.26 Lëkundje që shuhen të një tehu sharre.

Tek masa fiksohet një copë kartoni, në mënyrë që kur ajo lëkundet, të krijohet një rezistencë e konsiderueshme e ajrit. Amplituda e lëkundjeve vjen duke u zvogëluar dhe atë mund ta masni çdo pesë

gjithashtu: amplituda zvogëlohet më ngadalë. Kështu marrim kurbën karakteristike, e cila është “mbështjellësja” e grafikut të figurës 18.25.

Vërejmë se, me zvogëlimin e amplitudës së lëkundjeve, frekuenca e tyre nuk ndryshon. Kjo është karakteristike e lëkundjeve të thjeshta harmonike. P.sh., fëmija lëkundet me periudë 2 sekonda, e cila nuk ndryshon kur ndryshon amplituda e lëkundjeve.

lëkundje, duke parë pozicionin e tehut lidhur me një vizore të vendosur horizontalisht, si në figurë.

Po të ndërtoni grafikun e amplitudës kundrejt kohës, do të shihni rënie karakteristike eksponenciale. Duke përcaktuar nga grafiku kohën që nevojitet që amplituda e lëkundjeve të përgjysmohet, ju mund të gjeni edhe kohën e përgjysmimit të kësaj rënieje eksponenciale (figura 18.27).

Duke ndryshuar madhësinë e copës së kartonit, mund të ndryshojmë madhësinë e rezistencës së ajrit e kështu të ndryshojmë kohën e përgjysmimit të amplitudës.

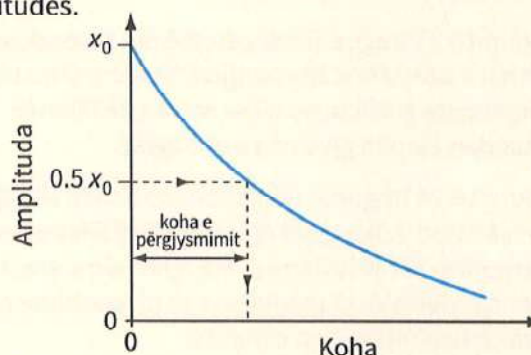


Figura 18.27 Grafiku i amplitudës së lëkundjeve që shuhen kundrejt kohës.

Energjia dhe fërkimi

Nëse duam të heqim qafe lëkundjet, fërkimi mund të jetë shumë i dëshirueshëm. P.sh., makina ka susta (figura 18.28), të cilat na e bëjnë udhëtimin të rehatshëm, edhe kur makina kalon në rrugë me gropa. Por nuk do të na pëlqente aspak të vazhdonim të lëkundeshim lart e poshtë gjatë gjithë rrugës. Ndaj këto susta frenohen me ndihmën e amortizatorëve, duke e bërë udhëtimin tonë të rehatshëm.



Figura 18.28 Sustat dhe amortizatorët e makinës formojnë një sistem të frenuar.

Frenimi arrihet duke krijuar fërkim në sistem. Në mungesë të tij, lëkundjet do të vazhdonin përgjithmonë, kurse fërkimi e largon energjinë mekanike nga sistemi, duke e shndërruar atë në nxehtësi.

PYETJE

- 23 a** Skiconi grafikët që tregojnë si ndryshon secila nga këto madhësi gjatë një lëkundjeje të plotë të një lavjerrësi pa fërkim: energjia kinetike, energjia potenciale, energjia e plotë.
- b** Si do të ndryshonin grafikët, nëse lëkundjet janë me fërkim (dhe shuhen).

Rezonanca

Rezonanca është një dukuri e rëndësishme fizike, e cila mund të shfaqet në shumë rrethana të ndryshme. Një shembull dramatik është Millennium Footbridge në Londër, e cila u hap në qershor 2000 (figura 18.29). Kur mbi të ndodheshin rreth 2000 këmbësorë, ura filloi të lëkundej rrezikshëm sa majtas-djathtas. Njerëzit filluan të lëkundeshin në sinkron me urën dhe kjo bëri që amplituda e lëkundjeve të urës të rritet edhe më shumë: kjo është rezonanca. Pas tri ditësh ura u mbyll. Inxhinierëve iu deshën dy vjet për të analizuar problemin dhe shtuar “frenues” të cilët përthithin energjinë e

lëkundjeve të urës. Më pas ura u rihap dhe qysh atëherë nuk ka shfaqur probleme.

Pra, rezonanca është rritja e madhe e amplitudës së lëkundjeve, kur frekuenca e forcës detyruese i afrohet shumë frekuencës natyrale të lëkundjeve të lira të sistemit. Një shembull i rezonancës i njohur nga të gjithë është ai i një fëmije në shilarës. Sistemi shilarës+fëmijë ka një frekuencë natyrale të lëkundjeve. Prindi jep një të shtyrë të vogël sa herë që shilarësi ka mbërritur në një pozicion të dhënë dhe kjo rezulton në rritje të amplitudës, derisa fëmija lëkundet me amplitudë mjaft të madhe.



Figura 18.29 Ura Millennium Footbridge në Londër u mbyll për rreth dy vjet, për të korrigjuar problemet e shkaktuara nga rezonanca.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 18.4: Vrojtimi i rezonancës

Rezonanca mund të vrojtohet në pothuajse të gjitha sistemet lëkundëse. Sistemi detyrohet të lëkundet me njëfarë frekuence. Nëse frekuenca e lëkundjeve të detyruara përputhet me frekuencën natyrore të lëkundjeve të sistemit, amplituda e lëkundjeve që rezultojnë vjen duke u rritur, derisa bëhet shumë e madhe.

Lavjerrësit e Bartonit

Një aparat që demonstroi këtë dukuri janë lavjerrësit e Bartonit (figura 18.30). Në një fije horizontale janë varur lavjerrës me gjatësi të ndryshme. Secili prej tyre ka frekuencën e vet natyrore të lëkundjeve. Lavjerrësi “detyruar” i varur në njërin nga skajet është i ndryshëm nga të tjerët: ai ka masë të madhe dhe gjatësi të barabartë me njërin prej lavjerrësve të tjerë. Pasi fillon të lëkundet lavjerrësi detyruar, vihet re se edhe të tjerët fillojnë të lëkunden njëri pas tjetrit. Megjithatë, vetëm lavjerrësi me gjatësi të barabartë me atë të lavjerrësit detyruar lëkundet me amplitudë të madhe, sepse ai hyn

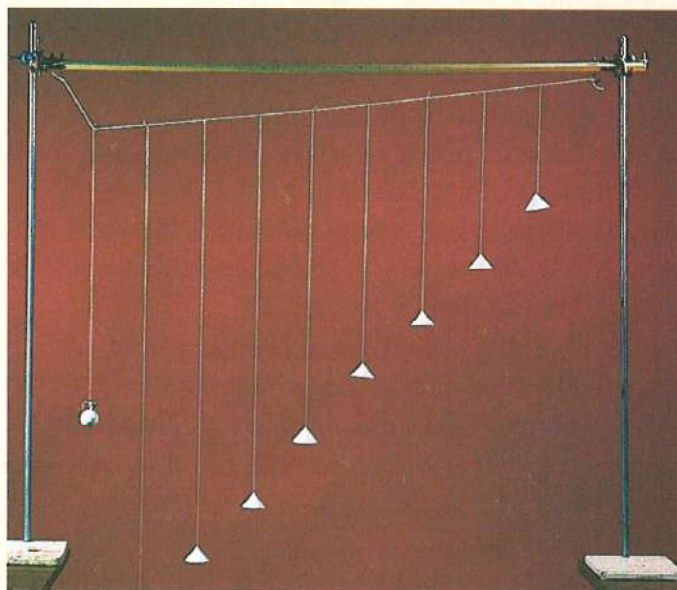


Figura 18.30 Lavjerrësit e Bartonit.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 18.4: Vrojtimi i rezonancës (vazhdim)

në rezonancë për shkak të përputhjes së frekuencave.

Çfarë ndodh në këtë rast? Të gjithë lavjerrësit çiftohen me njëri-tjetrin sepse janë varur në të njëjtën fije horizontale. Kur lëkundet lavjerrësi detyrues, vihet në lëvizje edhe fija, e cila vë në lëvizje lavjerrësit e tjerë. Frekuenca natyrale e lavjerrësit që hyn në rezonancë është e barabartë me atë të lavjerrësit detyrues, ndaj ai fiton energji dhe amplituda e tij rritet gradualisht. Lavjerrësit e tjerë kanë frekuenca natyrale të ndryshme nga ajo detyruese, ndaj efekti mbi ta është fare i vogël.

Në mënyrë të ngjashme, po të mos presim deri në fund të lëkundjes, por ta shtyjmë fëmijën e hipur në shilarës në $\frac{3}{4}$ e lëkundjes, do të vërejmë se kur ne përpiqemi ta shtyjmë përpara, shilarësi shkon mbrapa dhe shtytja juaj e ngadalëson atë.

Masa e varur në sustë

Ju vetë mund ta vrojtoni rezonancën në një sistem të thjeshtë, të përbërë nga një masë e varur në sustë (figura 18.31). Zgjidhni një sistem që lëkundet me periodë rreth 1s. Mbani në dorë skajin e sipërm të sustës dhe lëkundeni atë lart e poshtë me shpejtësi, me amplitudë rreth 1 apo 2cm. Nuk ndodh ndonjë gjë

e madhe. Tani lëvizeni dorën ngadalë, me frekuencë rreth 1Hz. Do të shihni se masa do të lëkundet me një amplitudë që rritet vazhdimisht. Rregullojeni frekuencën e lëkundjeve që të përputhet me frekuencën natyrale të lëkundjeve të sustës dhe do të shihni efektin më të madh.



Figura 18.31 Rezonanca në sistemin e masës së varur në sustë.

Përkufizimi i rezonancës

Që të ndodhë rezonanca, duhet të kemi një sistem të aftë të lëkundet lirisht. Gjithashtu duhet të kemi një mënyrë për ta detyruar sistemin të lëkundet. Kur frekuenca e forcës detyruese përputhet me frekuencën natyrale të sistemit, amplituda e lëkundjeve do të rritet ndjeshëm.

Nëse frekuenca e forcës detyruese nuk përputhet plotësisht me frekuencën natyrale, amplituda e lëkundjeve do të rritet, por jo aq sa kur kemi rezonancë. Figura 18.32 tregon varësinë e amplitudës së lëkundjeve nga frekuenca e forcës detyruese në afërsi të rezonancës.

Në rezonancë, energjia transferohet nga sistemi detyrues tek ai që rezonon në mënyrë shumë më efikase sesa kur rezonanca nuk ndodh. P.sh., në rastin e urës Millennium Footbridge, energjia u transferua nga këmbësorët tek ura, duke shkaktuar lëkundje me amplitudë të madhe.

Pra, kur jemi në kushtet e rezonancës, janë të vërteta pohimet e mëposhtme:

- frekuenca natyrale e sistemit përputhet me atë të forcës detyruese.
- amplituda e tij është maksimale.
- sistemi lëkundës përthith maksimumin e mundshëm të energjisë nga ai detyrues.

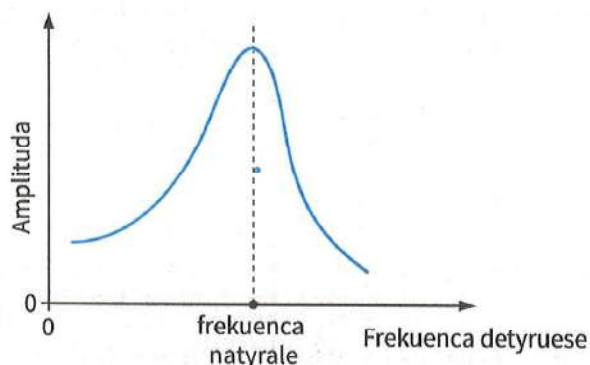


Figura 18.32 Amplituda maksimale merret kur frekuenca e forcës detyruese përputhet me frekuencën natyrale të lëkundjeve.

Rezonanca dhe frenimi

Kur bie tërmet, lëkundjet e Tokës bëjnë që edhe ndërtesat të kryejnë lëkundje të detyruara. Mund të ndodhë rezonanca, gjë që rezulton në dëme serioze (figura 18.33). Në ato zona të botës ku tërmetet janë të shpeshta, ndërtesat shpesh ngrihen mbi themele që përthithin energjinë e valës goditëse të tërmetit. Në këtë mënyrë lëkundjet shuhen dhe amplituda e tyre nuk mbërrin nivele të rrezikshme. Kjo mënyrë të ndërtuari kushton shumë dhe deri tani përdoret vetëm në disa vende të pasura..



Figura 18.33 Gjatë tërmetit që ra në Meksikë në 19 shtator 1985, rezonanca solli shkatërrimin e shumë ndërtesave. Ky tërmet, epiqendra e të cilit ishte në Oqeanin Paqësor, kishte magnitudë 8.1. Ai shkaktoi humbjen e shumë jetëve njerëzore.

Pra, nëse duam të reduktojmë efektet e dëmshme të rezonancës, frenimi është i dobishëm. Figura 18.34 paraqet ndryshimin e kurbës së rezonancës (figura 18.32) për shkak të frenimit. Vini re se, me rritjen e fërkimit, zvogëlohet amplituda e lëkundjeve rezonante. Maksimumi i rezonancës zgjerohet. Po ashtu, edhe frekuenca ku ndodh rezonanca ndryshon duke u zvogëluar me rritjen e frenimit.

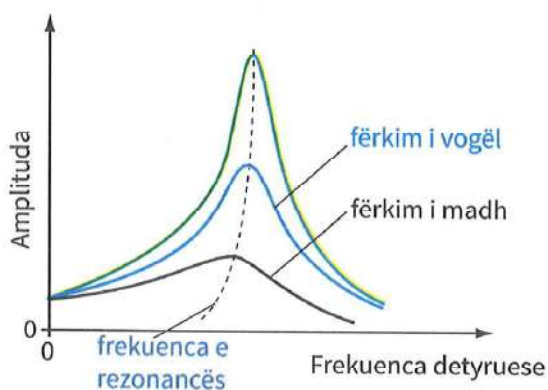


Figura 18.34 Fërkimi redukton amplitudën e lëkundjeve rezonante.

Një shembull i frenimit mund të vrojtohet tek disa dyer. P.sh., një restorant mund ta ketë derën e kuzhinës të tillë që të hapet në të dyja drejtimet. Këto dyer ndërtohen në mënyrë që të mbyllen vetë pasi dikush kalon nëpër to. Në situatën ideale dera duhet të mbyllet shpejt, pa e kapërcyer pozicionin e mbyllur. Për ta arritur këtë, menteshat ose mekanizmi mbyllës i derës duhet të jenë të frenuara në mënyrën e duhur. Nëse frenimi tek menteshat është tepër i vogël, dera do të lëkundet disa herë para se të mbyllet. Përndryshe, nëse frenimi është i tepërt, dera mezi do të mbyllet. Kur frenimi është **kritik**, dera do të mbyllet shpejt, pa lëkundje.

Pra, frenimi kritik është sasia minimale e frenimit që nevojitet për ta kthyer oshilatorin në pozicionin e ekuilibrit pa kryer lëkundje. Frenimi i pamjaftueshëm rezulton në lëkundje të padëshiruara, kurse frenimi i tepruar rezulton në kthim të ngadaltë në pozicionin e ekuilibrit (figura 18.35). Amortizatorët e makinës zakonisht ofrojnë frenim kritik, në mënyrë që pasagjerët të mos shkunden sa herë që makina has një gropë.

Magnetic resonance imaging (MRI) is increasingly

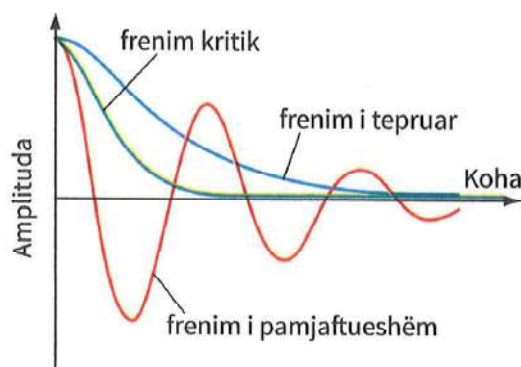


Figura 18.35 Frenimi kritik është ai i mjaftueshmi për t'u siguruar që sistemi kthehet në pozicionin e ekuilibrit pa u lëkundur.

PYETJE

- 24 Jepni tre shembuj të situatave ku rezonanca është e padëshirueshme dhe tre të tjerë ku rezonanca është e dobishme. Në secilin prej rasteve thoni cili është sistemi lëkundës dhe forca detyruese që e bën të rezonojë.

Përmbledhje

- Shumë sisteme, mekanike ose jo, lëkunden lirisht kur ngacmohen, duke u nxjerrë nga gjendja e ekuilibrit.
- Disa oshilatorë kryejnë lëkundje harmonike, ku grafikët e zhvendosjes, shpejtësisë dhe nxitimit janë sinusoidalë (figura 18.37).

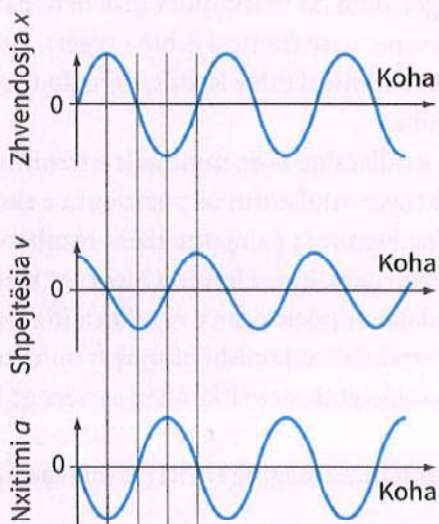


Figura 18.37 Grafikët e lëkundjes harmonike.

- Ndryshimi i fazës gjatë një lëkundjeje të plotë është 2π . Frekuenca këndore lidhet me periodën dhe frekuencën sipas:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

- Zhvendosja dhe shpejtësia në lëkundjet harmonike jepen nga ekuacione të formës:

$$x = x_0 \sin \omega t \quad \text{dhe} \quad v = v_0 \cos \omega t$$

- Një trup kryen lëkundje harmonike, nëse nxitimi i tij është në përpjesëtim me zhvendosjen nga pozicioni i ekuilibrit dhe me kah të kundërt me të.
 $a = -\omega^2 x$.
- Shpejtësia maksimale e lëkundjes harmonike jepet nga:
 $v_0 = \omega x_0$.
- Frekuenca dhe perioda e lëkundjes harmonike nuk varet nga amplituda.
- Gjatë lëkundjeve harmonike ndodh një shndërrim i vazhdueshëm i energjisë kinetike në potenciale dhe anasjelltas.
- Forcat rezistente largojnë energji nga sistemi lëkundës. Kjo bën që amplituda të zvogëlohet me kohën.
- Frenimi kritik është sasia minimale e frenimit e nevojshme për ta kthyer oshilatorin në pozicionin e ekuilibrit pa kryer asnjë lëkundje.
- Kur sistemi detyrohet të lëkundet me frekuencë të afërt me atë natyrale, amplituda e lëkundjes rritet shumë. Amplituda bëhet maksimale kur dy frekuencat barazohen. Kjo dukuri njihet si rezonancë.

Pyetje për kapitullin

- 1 A kryejnë sistemet e mëposhtme lëkundje harmonike? Pse?
 - a topi i basketbollit kur e përplasim në tokë; [2]
 - b teli i kitarës që lëkundet; [2]
 - c një sferë përcjellëse që lëkundet ndërmjet dy pllakave metalike paralele me ngarkesa të kundërta; [1]
 - d lavjerrësi i orës së gjyshit. [2]
- 2 Lavjerrësi i një ore zhvendoset me 4.0cm nga pozicioni i ekuilibrit dhe më pas kryen lëkundje harmonike me periodë 1.0s.
 - a Shkruani ekuacionin që jep zhvendosjen x të lavjerrësit në funksion të kohës t . [2]
 - b Llogaritni:
 - i shpejtësinë maksimale të lavjerrësit; [2]
 - ii shpejtësinë e lavjerrësit kur zhvendosja është 2.0cm. [1]

3 Një masë 50g lidhet me një sustë, skaji tjetër i së cilës është i fiksuar. Masa tërhiqet poshtë me 16mm dhe pastaj lihet e lirë, gjë që bën që ajo të lëkundet me periodë 0.84s.

a Llogaritni frekuencën e lëkundjeve.

[1]

b Llogaritni shpejtësinë maksimale të masës.

[1]

c Llogaritni energjinë kinetike maksimale të masës dhe tregoni në çfarë pozicioni të lëkundjes masa do ta ketë këtë energji.

[2]

d Shkruani sa është energjia potenciale maksimale e rëndesës së masës (lidhur me pozicionin e ekuilibrit). Pranojmë se fërkimi është i neglizhueshëm.

[1]

4 Në secilin nga shembujt e figurës 18.38, përcaktani diferencën e fazave ndërmjet dy lëkundjeve: i si pjesë e një cikli të lëkundjes, ii në gradë dhe iii në radianë.

[9]

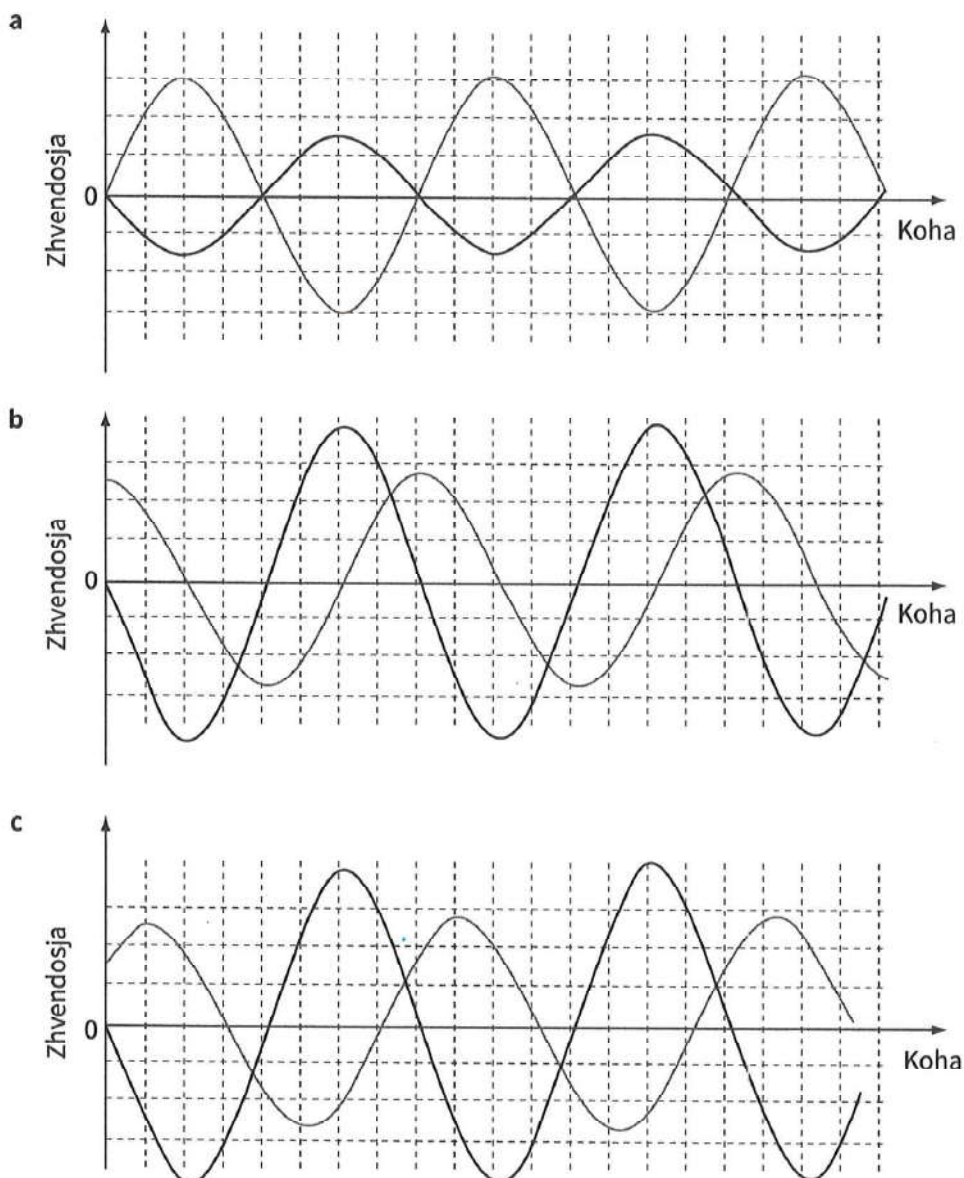


Figura 18.38 Për pyetjen 4.

- 5 a Përcaktoni frekuencën dhe periodën e lëkundjeve të paraqitura në grafikun e figurës 18.39. [2]
- b Mbi një kopje të grafikut dhe në të njëjtin sistem boshtesh skiconi:
- shpejtësinë e grimcës që lëkundet; [1]
 - nxitimin e saj. [2]

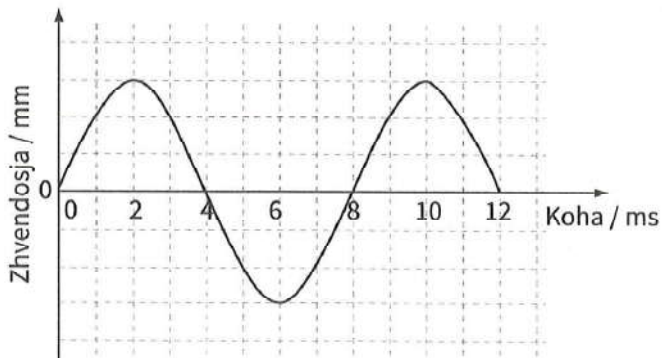


Figura 18.39 Për pyetjen 5.

- 6 Figura 18.40 paraqet zhvendosjen e një trupi që lëkundet.
- A është harmonike kjo lëkundje? Pse? [1]
 - Bëni një kopje të figurës 18.40.
 - Në sistemin e dytë të boshteve skiconi grafikun e shpejtësisë së trupit që lëkundet. [1]
 - Në sistemin e tretë të boshteve paraqitni nxitimin e trupit. [2]

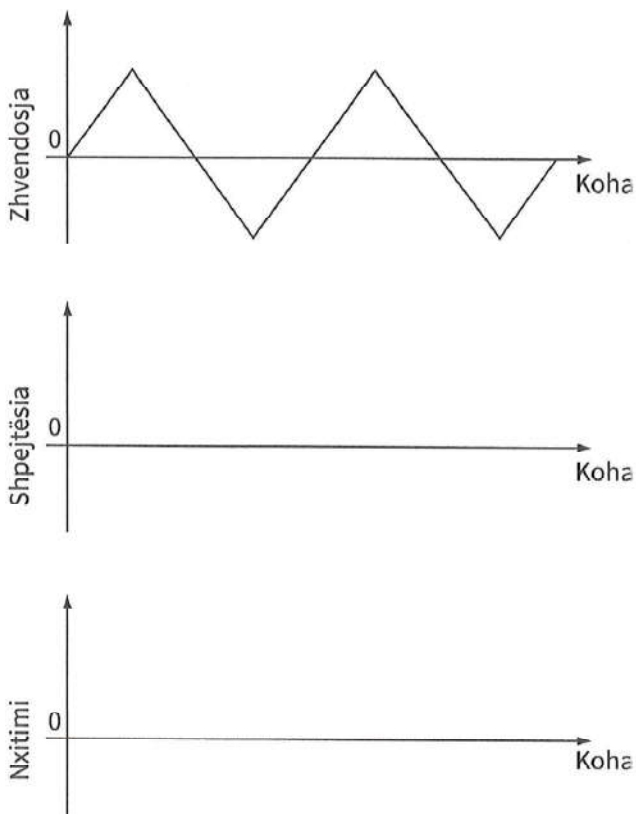


Figura 18.40 Për pyetjen 6.

7 Figura 18.41 paraqet pistonin e motorit të një makine të vogël, i cili kryen lëkundje pothuajse harmonike me 4200 lëkundje në minutë. Masa e pistonit është 0.24kg.

- Shpjegoni çfarë kuptojmë me **lëkundje harmonike**.
- Llogaritni frekuencën e lëkundjeve të pistonit.
- Amplituda e lëkundjeve është 12.5cm. Llogaritni:
 - shpejtësinë maksimale të lëvizjes së pistonit;
 - nxitimin maksimal të pistonit;
 - forcën që duhet të veprojë mbi pistonin për të patur nxitimin maksimal.

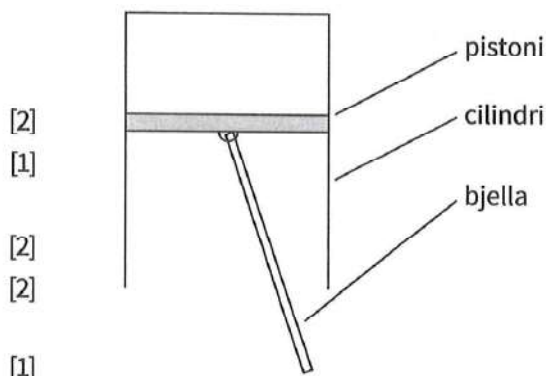


Figura 18.41 Për pyetjen 7.

8 Figura 18.42 paraqet një tavolinë rrotulluese ku është fiksuar një shufër në largësinë 15cm nga qendra. Tavolina ndriçohet anash, në mënyrë që të shohim hijen e shufrës në një ekran.

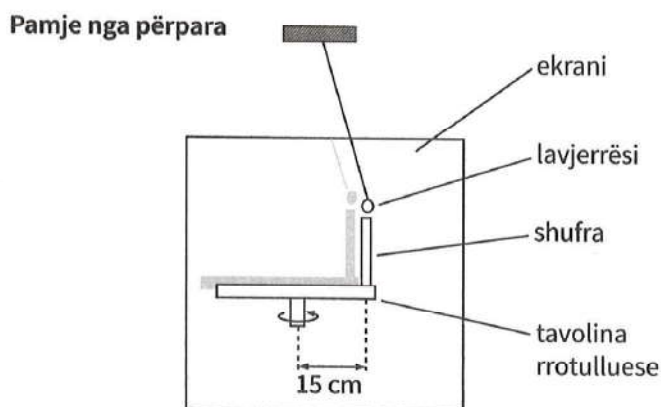
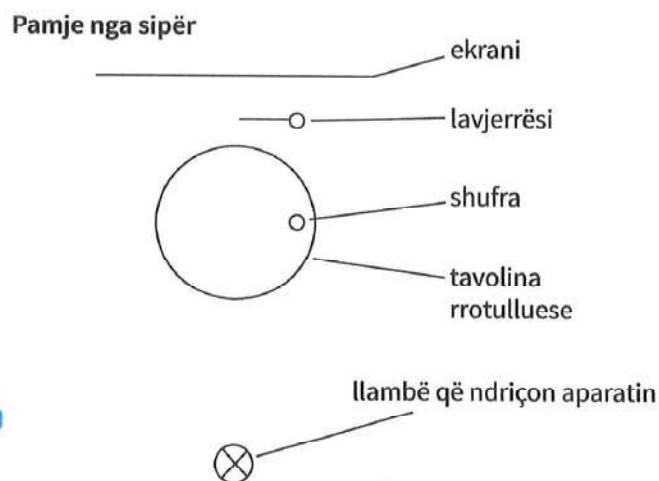


Figura 18.42 Për pyetjen 8.



Prapa tavolinës vendoset një lavjerrës i cili lëkundet me amplitudë të barabartë me largësinë e shufrës nga qendra e tavolinës.

Shpejtësia e rrotullimit të tavolinës është e ndryshueshme. Kur ajo kryen 1.5 rrotullime në sekondë, hija e lavjerrësit dhe shufra zhvendosen në ekran saktësisht në fazë me njëra-tjetrën.

- Shpjegoni kuptimin e termit **në fazë**. [1]
- Shkruani ekuacionin që jep zhvendosjen e lavjerrësit nga pozicioni i ekuilibrit dhe frekuencën këndore të lëkundjes së lavjerrësit. [1]
- Tavolina rrotullohet me 60° lidhur me pozicionin e zhvendosjes maksimale të paraqitur në diagram.
 - Llogaritni zhvendosjen (nga pozicioni i tij i ekuilibrit) e lavjerrësit në këtë pikë. [3]
 - Llogaritni shpejtësinë e lavjerrësit në këtë pozicion. [2]
 - Me sa duhet të rrotullohet tavolina, për të patur sërish këtë shpejtësi? [2]

- 9 Kur topi i kriketit godet shkopin me shpejtësi të madhe, në shkop vendosen lëkundje. Në një rast të tillë doreza e shkopit lëkundet me frekuencë 60Hz dhe amplitudë 2.8mm.

Lëvizja e shkopit është afërsisht lëkundje harmonike.

- Thoni kushtet që duhet të plotësohen për të patur lëkundje harmonike. [2]
- Llogaritni nxitimin maksimal të dorezës së shkopit të kriketit. [2]
- Nëse na jepet se pjesa e dorezës së shkopit që mbahet nga lojtari e ka masën 0.48kg, llogaritni forcën maksimale mbi dorën e tij. [1]
- Lëkundjet shuhen plotësisht pas rreth 5 ciklesh. Skiconi grafikun e zhvendosjes kundrejt kohës të kësaj lëkundjeje. [2]

- 10 Sizmometrat përdoren për të detektuar dhe matur valët goditëse që përhapen në Tokë kur bie tërmet.

Figura 18.43 paraqet ndërtimin e një sizmometri të thjeshtë. Vala goditëse bën që masa të lëkundet, duke vizatuar një gjurmë në letër.

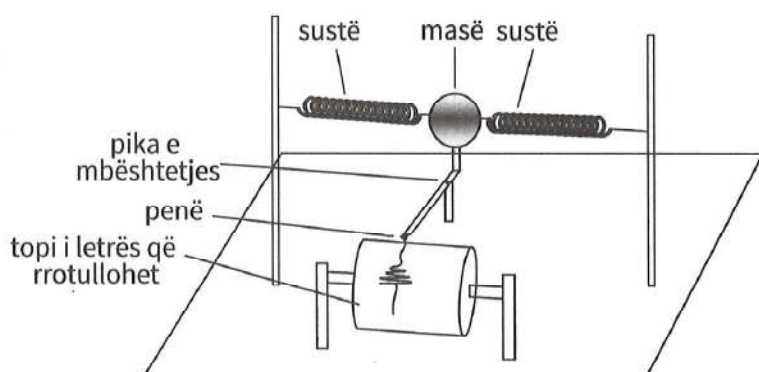


Figura 18.43 Sizmometër i thjeshtë.

- Frekuenca e valës goditëse është ndërmjet 30 dhe 40Hz. Shpjegoni pse frekuenca natyrale e sistemit të masës me sustat duhet të jetë mjaft më e vogël se kaq. [3]

Grafiku i figurës 18.44 paraqet varësinë e nxitimit të masës nga zhvendosja kur sizmometri po regjistron një tërmet.

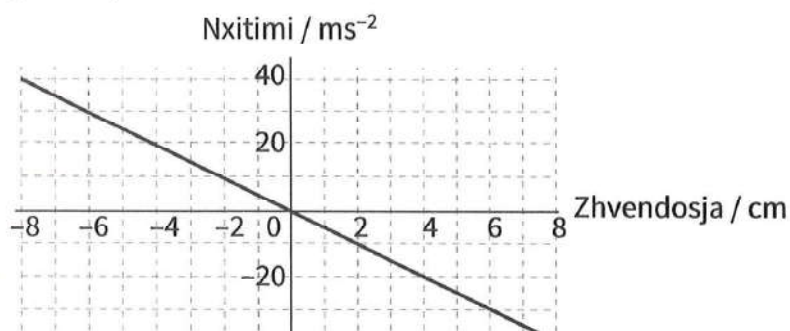


Figura 18.44 Grafiku i nxitimit kundrejt zhvendosjes i regjistruar gjatë një tërmeti.

- Ku kuptohet nga grafiku se lëkundja është harmonike? [2]
- Nga grafiku merrni informacionin që ju nevojitet dhe llogaritni frekuencën e lëkundjes. [4]



Kapitulli 19: Valët

Rezultatet e të nxënit

Duhet të jeni në gjendje të:

- përshkruani zhvendosjen e grimcave në valët gjatësore e tërthore;
- përshkruani gjatësinë, amplitudën, frekuencën, shpejtësinë dhe intensitetin e valës;
- përcaktoni frekuencën e valëve zanore me ndihmën e oshiloskopit;
- dalloni gjatësinë e valës për rrezatimet që përbëjnë spektrin elektromagnetik.

Lëkundjet përhapen si valë

Era fryn mbi sipërfaqen e detit duke krijuar valë. Sipërfaqja e detit fillon të lëkundet lart e poshtë dhe këto lëkundje përhapen. Dallgët e mëdha mund të përshkojnë mijëra kilometra në oqean, para se të përthyhen në ndonjë plazh (figura 19.1).



Figura 19.1 Kjo fotografi paraqet një dallgë që përthyeret në plazh dhe shpërhap energjinë e grumbulluar nga era gjatë udhëtimit të saj në oqean. Dy shkencëtarët janë "gjahtarë stuhish" që regjistrojnë dallgët e krijuara nga një uragan në Gjirin e Meksikës.

Përshkrimi i valëve

Kur nga cmoni telin e kitarës, ai lëkundet. Këto lëkundje krijojnë një valë që përhapet në ajër, të cilën ne e quajmë tingull. Në fakt, të gjitha lëkundjet krijojnë **valë** të një tipi apo një tipi tjetër (figura 19.2). Valët që përhapen nëpër një mjedis (apo vakuum) quhen **valë brezhëse**. Vala brezhëse transferon energji nga një vend në një tjetër.

Ne i kemi parë valët në sipërfaqen e detit. Grimcat kryejnë lëvizje lëkundëse dhe në sipërfaqen e detit përhapet vala. Në fizikë ne studiojmë valët, duke ditur që shumë dukuri si drita, zëri, etj., përshkruhen me ndihmën e tyre. Studimin e valëve e bëjmë duke i idealizuar ato në diçka si ajo e paraqitur në figurën 19.3; (në sipërfaqen e detit nuk do të shihni kurrë një valë kaq të përsosur).



Figura 19.2 Radioteleskopët detektojnë radiovalë të emetuara nga yje dhe galaktika të largëta; ylberi është një dukuri e shkaktuar nga pasqyrimi dhe përthyerja e valëve të dritës nga piklat e ujit që ndodhen në atmosferë.

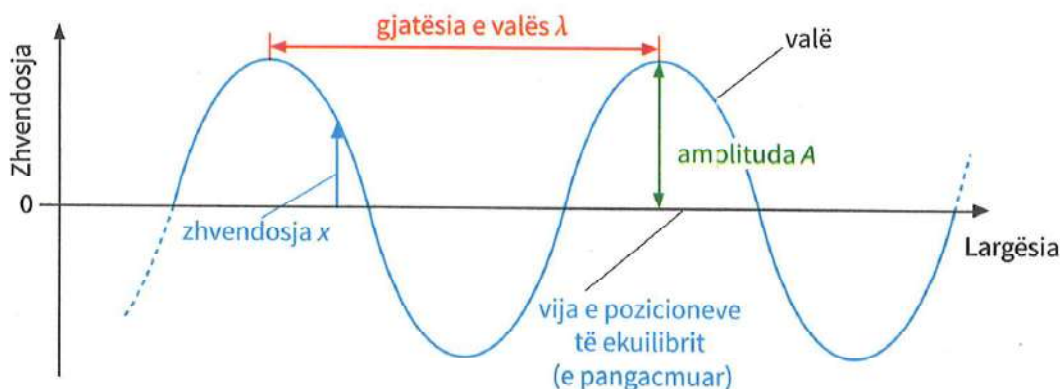


Figura 19.3 Ky grafik i zhvendosjes kundrejt largësisë ilustron kuptimin e termave zhvendosje, amplitudë dhe gjatësi vale.

Figura 19.3 ilustron përkufizimet e mëposhtme lidhur me valët dhe lëvizjen valore:

- Largësia e një pike nga pozicioni i pangacmuar (i ekuilibrit) quhet **zhvendosje** x .
- Zhvendosja maksimale e një pike nga pozicioni i ekuilibrit quhet **amplitudë** A . Amplituda e dallgëve të detit matet me njësitë e largësisë, p.sh., metra. Sa më e madhe të jetë amplituda e dallgëve, aq më e fortë është zhurma e tyre dhe më i trazuar është deti!
- Largësia nga një pikë tek e ngjashmja më afër saj (p.sh., nga kreshta në kreshtë) quhet **gjatësi e valës** λ . Gjatësia e valës matet me njësitë e largësisë, p.sh., metra.
- Koha e nevojshme për një lëkundje të plotë të një pike quhet **periodë** T . Ajo matet me njësitë e kohës, p.sh., sekonda.
- Numri i lëkundjeve që kryen një pikë në njësinë e kohës quhet **frekuencë** f . Në rastin e valëve zanore, sa më e lartë të jetë frekuenca, aq më i lartë është toni. Frekuenca matet me Herc (Hertz—Hz), ku 1Hz do të thotë një lëkundje në sekondë. Frekuenca e valës është e anasjella e periodës, njëlloj si në rastin e lëkundjeve.

Valët quhen **mekanike**, nëse kanë nevojë për një mjedis përmes të cilit të përhapen. Një shembull i valëve mekanike janë valët zanore. Shembuj të tjerë janë valët në korda, valët sizmike dhe ato në ujë (figura 19.4).



Figura 19.4 Goditja e një pike ujë me sipërfaqen e lëngut krijon një lëkundje e cila përhapet në sipërfaqe në formën e valëve.

PYETJE

- 1 Përcaktoni gjatësinë e valës dhe amplitudën e secilës prej valëve të paraqitura në figurën 19.5.

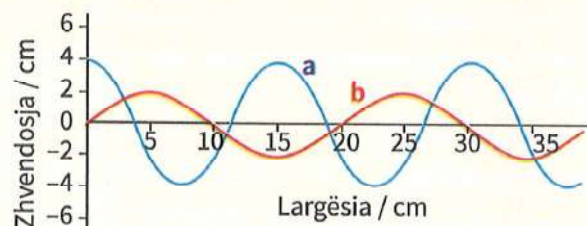


Figura 19.5 Dy valë; për pyetjen 1.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 19.1: Matja e frekuencës

Frekuencën e valëve zanore mund ta masim me ndihmën e oshiloskopit. Figura 19.6 ju tregon si ta bëni këtë.

Në hyrje të oshiloskopit lidhet një mikrofon. Valët zanore kapen nga mikrofonin dhe shndërrohen në tension të ndryshueshëm i cili ka frekuencë të njëjtë me atë të valëve zanore. Ky tension shpërfaqet në ekranin e oshiloskopit.

Oshiloskopin e mendojmë si një voltmetër që është në gjendje të shpërfaqë një tension që ndryshon shpejt. Për këtë, njolla zhvendoset në ekran me shpejtësi konstante që e vendosim në kur zgjedhim shkallëzimin horizontal (time—base). Njëkohësisht njolla zhvendoset lart e poshtë, si tensioni i hyrjes.

Ndaj ajo që shohim në ekran është grafiku i tensionit të ndryshueshëm me kohën në boshtin horizontal. Duke ditur shkallën e këtij boshti, mund të përcaktojmë periodën dhe prej këtui, frekuencën e valës zanore. Shembulli i zgjidhur 1 ju tregon si ta bëni këtë.

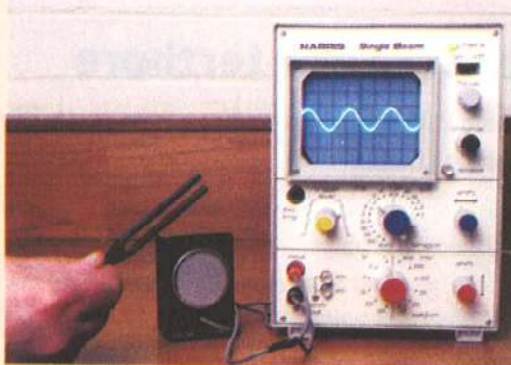


Figura 19.6 Matja e frekuencës së valëve zanore që lëshon diapazoni.

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 1 Figura 19.7 paraqet gjurmën e krijuar në ekranin e një oshiloskopi nga valët zanore të detektuara nga një mikrofoni. Shkallëzimi horizontal është 1ms/ndarje. Përcaktoni frekuencën e valëve zanore.

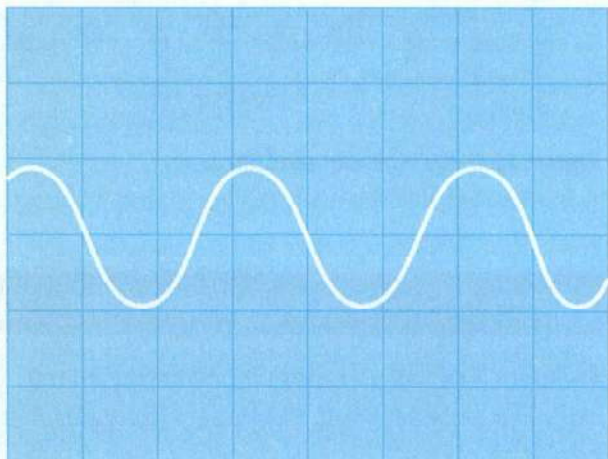


Figura 19.7 Gjurma në ekranin e oshiloskopit: sa është frekuenca e valës?

Hapi 1 Përcaktojmë periodën e valës në numër ndarjesh. Nga figura duket qartë se një lëkundje kap tre ndarje. Duke qenë se 1 ndarje përfaqëson 1ms, perioda e valës është.

$$T = 3.0 \text{ ndarje} \cdot 1 \text{ ms ndarje}^{-1} = 3.0 \text{ ms} = 3.0 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Hapi 2 Llogarisim frekuencën e valës:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3.0 \cdot 10^{-3}} = 333 \text{ Hz}$$

PYETJE

- 2 Në ekranin e oshiloskopit dy lëkundje të valës zënë pesë ndarje. Shkallëzimi i boshtit të kohës është 0.005s për ndarje. Përcaktoni frekuencën e valës.

Valë gjatësore dhe tërthore

Ekzistojnë dy lloje valësh: **gjatësore** dhe **tërthore**. Dallimi ndërmjet tyre bëhet si vijon:

- Në valët gjatësore, grimcat e mjedisit lëkunden **paralel** me drejtimin e përhapjes së valës.
- Në valët tërthore, grimcat e mjedisit lëkunden **pingul** me drejtimin e përhapjes së valës.

Valët zanore janë një shembull i valëve gjatësore. Drita dhe në përgjithësi valët elektromagnetike janë valë tërthore. Valët në sipërfaqen e ujit janë pak më të ndërlikuara, pasi aty grimcat lëkunden edhe paralel, edhe pingul me drejtimin e përhapjes.

Paraqitja e valëve

Figura 19.8 tregon si mund t'i paraqesim valët gjatësore dhe ato tërthore. Në valën gjatësore mjedisi në të cilin ajo përhapet ka ngjeshje dhe rrallime të njëpasnjëshme. Kjo krijon zona me shtypje të lartë dhe të ulët.

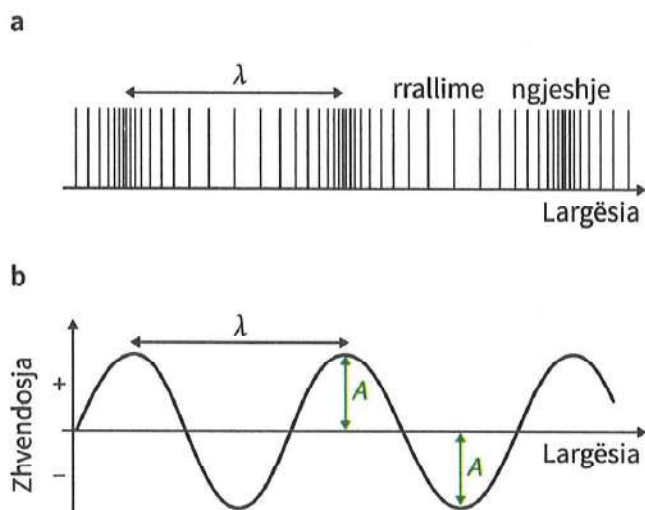


Figura 19.8 a Valë gjatësore dhe b valë tërthore.

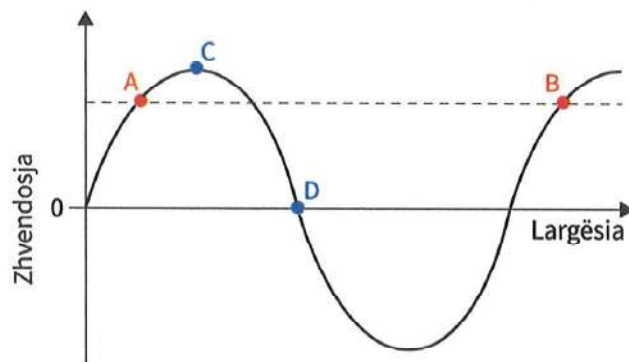
Megjithatë, kjo tablo vizatohet me vështirësi, ndaj shpesh ju do të shihni një valë gjatësore të paraqitur si një sinusoidë. Zhvendosja në grafik përfaqëson zhvendosjen e grimcave të mjedisit nga pozicioni i tyre i ekuilibrit.

Ngjeshjet dhe **rrallimet** (apo zgjerimet) e valës gjatësore mund t'i krahasojmë me kreshtat dhe luginat e valës tërthore.

Faza dhe diferenca e fazave

Të gjitha pikat e valës kryejnë të njëjtën lloj lëvizjeje, por ato nuk janë në fazë me njëra-tjetrën. Pikat fqinje janë paksa të shfazuara nga njëra-tjetra, pra, ndërmjet tyre ka **diferencë fazash**.

Kujtojmë se diferenca e fazave është kënd dhe matet me gradë ose radianë. Dy pika që ndodhen në largësi të barabartë me gjatësinë e valës (figura 19.9) lëkunden në fazë: diferenca e fazave mes tyre është 360° ose 2π .



Pikat A e B janë në fazë me njëra-tjetrën.

Diferenca e fazave ndërmjet pikave C e D është 90° .

Figura 19.9 Pika të ndryshme kanë faza të ndryshme të lëkundjes.

PYETJE

- 3 Skiconi dy valë A dhe B, të tilla që A ka gjatësi vale dy herë më të madhe dhe amplitudë sa gjysma e asaj të valës B.

Energjia e valës

Ka shumë rëndësi të kuptojmë se, në të dyja llojet e valëve mekanike, grimcat e mjedisit ku përhapet vala vetëm lëkundet rreth pozicionit të tyre të ekuilibrit. Ajo që përhapet bashkë me valën është energjia. Secila prej grimcave lëkundet; ndërsa lëkundet, ajo shtyn (ose “merr me vete”) fqinjët, duke transferuar energji tek këta të fundit. Më pas fqinjët bëjnë të njëjtën gjë me fqinjët e tyre, e kështu me radhë. Në këtë mënyrë transmetohet energjia nga një grimcë tek tjetra, e kështu me radhë.

Intensiteti i valës

Termi **intensitet** ka kuptim të mirëpërcaktuar në fizikë. Intensiteti i valës përkufizohet si sasia e energjisë që transmetohet në njësinë e kohës nga vala (fuqia) në njësinë e sipërfaqes pingule me drejtimin e përhapjes së saj.

$$I = \frac{P}{S}$$

Intensiteti matet me Vat për metër katrorë (Wm^{-2}). P.sh., kur Dielli ndodhet në zenit, intensiteti i rrezatimit të tij është rreth 1.0kWm^{-2} (1 kilovat për metër katror). Pra, në një sekondë në një metër katror sipërfaqe vjen 1000J energji. Në shtresat e sipërme të atmosferës intensiteti i dritës së Diellit është më i madh, rreth 1.37kWm^{-2} .

PYETJE

- 4 Një llambë me fuqi 100W emeton rrezatim elektromagnetik në të gjitha drejtimet. Duke pranuar se llamba është burim pikësor, llogaritni intensitetin e rrezatimit në largësitë:
- 1.0m nga llamba;
 - 2.0m nga llamba.

Udhëzim: merrni në konsideratë sipërfaqen e sferës me qendër llambën dhe që kalon nëpër secilën nga pikat e vrojtimit.

Lidhja e intensitetit me amplitudën

Intensiteti i valës zakonisht zvogëlohet me rritjen e largësisë së përhapjes. Kjo ndodh për dy arsye:

- Vala “hapet” (si në rastin e dritës që përhapet nga llamba e pyetjes 4 këtu më sipër).
- Vala mund të përthithet ose të shpërhapet (si drita, kur kalon nëpër atmosferën e Tokës).

Kur vala “hapet”, amplituda e saj zvogëlohet. Kjo na bën të mendojmë se intensiteti I i valës lidhet me amplitudën e saj A . Në fakt, intensiteti është në përpjesëtim të drejtë me katrorin e amplitudës:

$$I \propto A^2$$

Për një valë të dhënë kjo lidhje ka formën: $I = CA^2$, ku C është konstante. Pra, po të dyfishojmë amplitudën e valës, intensitetit (dhe energjia) e saj do të katërfishohet.

PYETJE

- 5 Valët që lëshon një burim kanë amplitudë 5.0cm dhe intensitet 400 Wm^{-2} .
- Amplituda e valëve rritet në 10cm. Sa bëhet intensiteti i valëve?
 - Intensiteti i valëve zbret në 100 Wm^{-2} . Sa është amplituda e tyre?

Shpejtësia e valës

Shpejtësia me të cilën vala transmeton energji njihet si shpejtësi e valës. Ajo matet me ms^{-1} . Shpejtësia e valëve zanore në ajër në shtypje 10^5Pa dhe temperaturë 0°C është rreth 340ms^{-1} , kurse ajo e dritës në vakuum është pothuajse $3.0 \cdot 10^8 \text{ms}^{-1}$.

Duke patur parasysh se vala përshkon një largësi të barabartë me një gjatësi vale brenda kohës së barabartë me një periudë, shpejtësia e saj do të jetë:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Por, duke patur parasysh lidhjen mes periudës dhe frekuencës, kjo lidhje merr formën:

$$v = f \cdot \lambda$$

Padyshim që për një shpejtësi të dhënë të valës, sa më e madhe të jetë gjatësia e valës, aq më e vogël është frekuenca dhe anasjelltas. Shpejtësia e zërit në ajër është konstante (kur shtypja dhe temperatura mbahen konstante). Gjatësia e valës zanore mund të zvogëlohet duke rritur frekuencën e saj.

Në tabelën 19.1 jepen vlera tipike të shpejtësisë, frekuencës dhe gjatësisë së disa valëve mekanike. Mund ta kontrolloni vetë se si relacioni i mësipërm është i kënaqur.

| | Valët në sipërfaqen e ujit | Valët zanore në ajër | Valët në spiralen plastike |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|
| Shpejtësia / m s ⁻¹ | rreth 0.12 | rreth 300 | rreth 1 |
| Frekuenca / Hz | rreth 6 | 20 – 20 000 | rreth 2 |
| Gjatësia e valës / m | rreth 0.2 | 15 – 0.015 | rreth 0.5 |

Tabela 19.1 Shpejtësia, frekuenca dhe gjatësia e valës së disa valëve mekanike sipas matjeve në laborator.

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 2 Nota do e pianos duhet të ketë frekuencë 264Hz (figura 19.10). Po qe se shpejtësia e zërit është 330ms⁻¹, llogaritni gjatësinë e valës së tingullit që prodhon ajo.

Hapi 1 Nxjerrim gjatësinë e valës nga formula e mësipërme dhe zëvendësojmë vlerat e kryejmë llogaritjet:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{330}{264} = 1.25 \text{ m}$$

Veshi ynë mund të dallojë tinguj me frekuenca ndërmjet 20 dhe 20000Hz, pra gjatësi vale ndërmjet 15m dhe 15mm.



Figura 19.10 Secili prej telave të pianos prodhon nota të ndryshme.

Karakteristikat e tingullit

Muzikantët flasin për karakteristikat fiziologjike të tingujve, si: toni (lartësia), fortësia dhe ngjyra (timbri). Me këto lidhen karakteristikat fizike të tingullit.

Më sipër shpjeguam se fortësia (intensiteti) i tingullit lidhet me amplitudën e tij.

Toni (lartësia) e tingullit lidhet me frekuencën e tingullit: toni i lartë do të thotë frekuencë e lartë dhe toni i ulët do të thotë frekuencë e ulët.

PYETJE

- Tingujt janë valë mekanike që transmetohen në mjedis, pra, edhe në trupa të ngurtë. Llogaritni frekuencën e një tingulli me gjatësi vale 0.25m që përhapet në çelik me shpejtësi 5060 ms⁻¹.
- Një tel i violonçelit lëkundet me frekuencë 64Hz. Llogaritni shpejtësinë e valëve tërthore në tel, nëse gjatësia e tyre është 140cm.
- Në një kordë përhapen valë mekanike: në një gjatësi prej 20cm të saj hyjnë katër valë të plota kur frekuenca e tyre është 30Hz. Llogaritni:
 - gjatësinë e valës;
 - frekuencën e saj;
 - shpejtësinë e valës.
- Plotësoni tabelën 19.12. Pranojmë se shpejtësia e radiovalëve është sa ajo e dritës.

| Stacioni | Gjatësia e valës / m | Frekuenca / MHz |
|--------------|----------------------|-----------------|
| Radio A (FM) | | 97.6 |
| Radio B (FM) | | 94.6 |
| Radio B (LW) | 1515 | |
| Radio C (MW) | 693 | |

Tabela 19.2 Për pyetjen 9.

Një karakteristikë tjetër është ngjyra apo timbri i zërit, i cili lidhet me përbërjen e tingullit. As zëri ynë e as tingujt e prodhuar nga instrumentet muzikore nuk janë të pastra, pra, nuk përbëhen nga një frekuencë e vetme. Ngjyra apo timbri ka të bëjë me frekuencat që e përbëjnë një tingull të dhënë.

Kufijtë e dëgjimit

Tastiera e pianos mbulon një interval të gjerë notash, me frekuenca që shkojnë nga rreth 30Hz në të majtë deri në rreth 3500Hz në të djathtë. Shumica e instrumenteve të tjera mbulojnë një interval më të ngushtë. P.sh., violina shkon nga rreth 200Hz deri në 2500Hz. Intervali i frekuencave që dëgjon njeriu është më i gjerë se kaq. Si rregull, ne mund të dëgjojmë nota që shkojnë nga rreth 20Hz deri në rreth 20 000Hz (20kHz). Megjithatë, personat e moshuar e humbasin gradualisht aftësinë për të dëgjuar tingujt me ton të lartë. **Kufiri i sipërm i dëgjimit** tek ata ulet me rreth 2kHz për çdo dhjetëvjeçar të jetës.

Tingujt me ton më të lartë se kufiri i sipërm i dëgjimit (mbi 20kHz) nuk mund t'i dëgjojmë dhe njihen si **ultratinguj**. Tingujt nën 20Hz njihen si **infratinguj**.

Ultratingujt përdoren gjerësisht në mjekësi. Një nga përdorimet e njohura prej të gjithëve është për të kontrolluar gjendjen e fetusit para lindjes. Për sa dihet, ultratingujt nuk japin efekte të padëshiruara mbi indet, ndaj përdorimi i tyre bëhet gjerësisht.

Kur ultratingulli mbërrin në kufirin ndarës ndërmjet indeve, ai pjesërisht pasqyrohet e pjesërisht përthyeret. Intensitetet relative të valës së pasqyruar e të përthyer varen nga indet përkatëse. P.sh., ultratingujt praktikisht pasqyrohen plotësisht nga kocka.

Në këtë mënyrë, aparati marrës llogarit se ku ndodhet kufiri ndërmjet indeve, duke njohur shpejtësinë e ultratingullit. Këto sinjale përpunohen dhe në ekran shfaqet pozicioni i kufirit ndërmjet indeve. Kështu mjeku ekzaminon gjendjen e organeve të brendshme të pacientit.

Gjithashtu, duke shfrytëzuar efektin Doppler (i cili përshkruhet në paragrafin që vijon), aparati është në gjendje të japë një tablo të enëve të gjakut dhe të masë shpejtësinë e rrjedhjes së gjakut në to.

Efektin Doppler

Me siguri keni vënë re se, ndërsa autoambulanca na afrohet, sirena e saj ka ton më të lartë, i cili ulet në çastin që autoambulanca na kalon përmbri e më pas largohet. Ky është një shembull i **efektit Doppler**.

Figura 19.11 shpjegon pse vërohet ky ndryshim i frekuencës. Aty paraqitet një burim valësh me frekuencë të dhënë f , si edhe dy vërtues A e B.

- Nëse burimi është stacionar (figura 19.11a), valët mbërrijnë njëloj tek vërtuesit A dhe B dhe të dy ata dëgjojnë tinguj me frekuencë të njëjta (me atë të emetuar nga burimi).
- Nëse burimi i afrohet vërtuesit A, duke iu larguar vërtuesit B (figura 19.11b), situata ndryshon. Nga diagrami duket se valët afrohen me njëra-tjetrën në drejtimin e A-së dhe largohen në drejtimin e B-së.

Vërtuesi A do të vërojë valë me gjatësi më të shkurtër. Në A mbërrijnë më shumë valë në sekondë, ndaj vërtuesi A do të dëgjojë një tingull me frekuencë më të lartë. Në mënyrë të ngjashme, valët që mbërrijnë në B janë të rralluara dhe vërtuesi B do të dëgjojë një tingull me frekuencë më të ulët.

Llogaritja e frekuencës së vërtuar

Në këtë situatë hyjnë dy shpejtësi të ndryshme. Burimi zhvendoset me shpejtësi v_b . Vala zanore përhapet me shpejtësi v , e cila nuk varet nga shpejtësia e burimit.

Frekuenca dhe gjatësia e valës që perceptohen nga vërtuesi do të ndryshojnë në varësi të shpejtësisë së burimit. Figura 19.12 tregon si mund të llogarisim

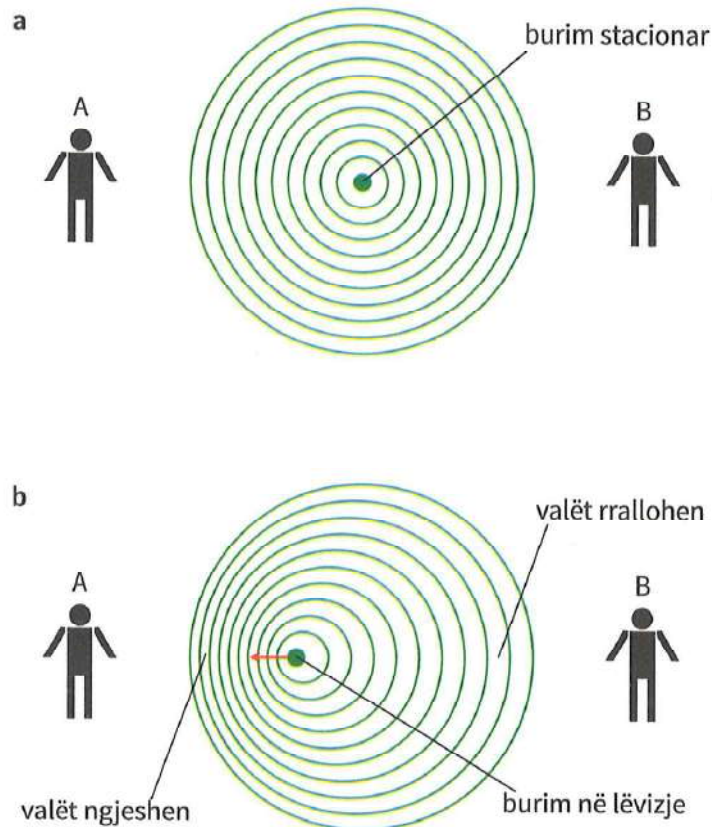


Figura 19.11 Valët zanore me frekuencë konstante të emetuara nga a një burim stacionar, dhe b një burim në lëvizje.

gjatësinë e valës dhe frekuencën e vërtuar.

Në figurën 19.12 shohim f_b valët e emetuara nga burimi në 1s. Nëse burimi është stacionar (figura 19.12a), gjatësia e tyre është v , sepse kaq është largësia e përshkuar nga vala e parë në 1s. Gjatësia e valës e vërtuar në këtë rast është thjesht v/f_b .

Gjatësia e valës e vërtuar në këtë rast jepet nga $(v + v_b)/f_b$. Frekuenca e vërtuar do të jetë:

$$f' = \frac{f_b \cdot v}{v + v_b}$$

Kjo vlen në rastin kur burimi i largohet vërtuesit. Nëse burimi i afrohet vërtuesit, f_b valët do të ngjeshen në gjatësinë $v - v_b$ dhe frekuenca e vërtuar do të jetë:

$$f' = \frac{f_b \cdot v}{v - v_b}$$

Këto dy barazime mund t'i përmbledhim në një të vetëm, që na jep zhvendosjen Doppler të frekuencës për shkak të lëvizjes së burimit:

$$f' = \frac{f_b \cdot v}{v \pm v_b}$$

ku shenja plus i korrespondon burimit që largohet dhe shenja minus burimit që afrohet. Theksojmë dy momente të rëndësishme:

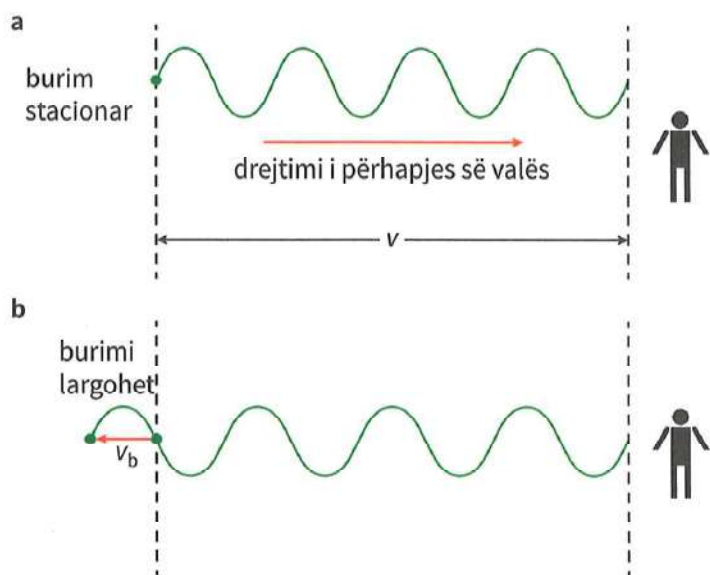


Figura 19.12 Valë zanore me frekuencë të dhënë, të emetuara nga **a** një burim stacionar, dhe **b** një burim që i largohet vrotuesit me shpejtësi v_b .

- Frekuenca e burimit nuk ndikohet nga zhvendosja e tij; ajo mbetet gjithnjë njëloj.
- As shpejtësia e vetë valëve nuk ndikohet nga lëvizja e burimit.

Vëmë në dukje se efekti Doppler vrotohet edhe kur nuk zhvendoset burimi por vrotuesi, apo të dy. Më poshtë do të flasim më shumë mbi efektin Doppler dhe dritën.

Valët elektromagnetike

Ju keni mësuar se drita është valë elektromagnetike. Nuk na shkon mendja menjëherë se drita ka lidhje me elektricitetin, magnetizmin dhe valët. Këto dukuri janë studiuar për një kohë të gjatë nga fizikanët, para se kjo lidhje të bëhej e dukshme.

Rryma elektrike (dhe në përgjithësi ngarkesat elektrike në lëvizje) gjithnjë krijojnë fushë magnetike. Po ashtu, fusha magnetike e ndryshueshme indukon rrymë tek përcjellësit që ndodhen pranë saj. Këto vrotime çuan në unifikimin e elektricitetit dhe magnetizimit nga Majkëll Faradei në mesin e shekullit XIX. Shumë shpejt u zhvilluan zbatime të shumta teknologjike që bazoheshin në teorinë e fushës elektromagnetike, të cilat vazhdojnë të zgjerohen edhe sot (figura 19.13).

Studimet e Faradeit u çuan më tej nga Xhejms Klark Maksuelli (James Clerk Maxwell). Ai shkroi ekuacionet matematikore të fushës elektromagnetike. Ndër të tjera, nga këto ekuacione rrjedh se ndryshimi i fushës elektrike apo magnetike lind valë elektromagnetike,

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 3** Një tren, sirena e të cilit fishkëllen me frekuencë 800Hz, afrohet drejt stacionit me shpejtësi 60ms^{-1} . Çfarë frekuence do të perceptojnë pasagjerët që presin në platformë? (Shpejtësia e zërit në ajër është 330ms^{-1} .)

Hapi 1 Zgjedhim versionin e duhur të formulës që na jep zhvendosjen e frekuencës. Meqë treni po afrohet, duhet të zgjedhim shenjën minus në emërues. Pra:

$$f' = \frac{f_b \cdot v}{v - v_b}$$

Hapi 2 Zëvendësojmë vlerat dhe kryejmë llogaritjet:

$$f' = \frac{800 \cdot 330}{330 - 60} = 978\text{ Hz}$$

PYETJE

- 10** Motori i një avioni emeton tingull me frekuencë konstante 120Hz. Avioni i largohet vrotuesit me shpejtësi 80ms^{-1} . Përcaktoni:
- gjatësinë e valës të vrotuar;
 - frekuencën e vrotuar.



Figura 19.13 Antenat e telefonisë celulare transmetojnë mikrovalë, një formë e rrezatimit elektromagnetik.

të cilat përhapen në hapësirë. Shpejtësia e llogaritur e këtyre valëve përputhet me shpejtësinë e njohur të dritës. Këto rezultate, si edhe përfundimet e eksperimenteve të shumta, tregojnë se drita është **valë elektromagnetike**, e cila përhapet në hapësirë (edhe në vakuum).

Faradei unifikoi elektricitetin dhe magnetizmin; Maksuelli unifikoi elektromagnetizmin dhe dritën. Në shekullin XX Abdus Salam (figura 19.14) ia doli të unifikojë bashkëveprimin elektromagnetik me atë të dobët, i cili është përgjegjës për zbrëthimin radioaktiv. Edhe sot fizikanët vazhdojnë të përpiqen të unifikojnë fushat fizike.

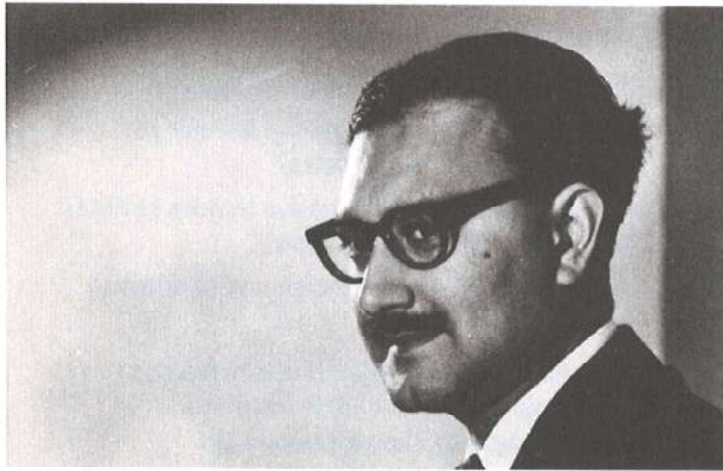


Figura 19.14 Fizikani pakistanez Abdus Salam fitoi çmimin Nobel në fizikë në vitin 1979 për punën e tij mbi unifikimin e bashkëveprimeve themelore.

Rrezatimi elektromagnetik

Deri në fund të shekullit XIX ishin zbuluar disa kategori të valëve elektromagnetike:

- Radiovalët: u zbuluan nga Hajnrih Herci (Heinrich Hertz) ndërsa studionte shkëndijat elektrike;
- valët infra të kuqe dhe ultravjollcë: ndodhen përtej dy skajeve të spektrit të dukshëm;
- rrezet X: u zbuluan nga Vilhelm Röntgeni (Wilhelm Röntgen) dhe prodhohen nga goditja e një tufe elektronesh me një metal (p.sh. tungsteni);
- rrezet γ : u zbuluan nga Henri Bekereli (Henri Becquerel) kur studionte substancat radioaktive.

Tani e dimë se të gjitha këto lloje të rrezatimit janë pjesë e të njëjtit spektër elektromagnetik.

Shpejtësia e dritës

Maksuelli tregoi se shpejtësia c e përhapjes së rrezatimit elektromagnetik në vakuum nuk varet nga frekuenca e tij. Me fjalë të tjera, të gjitha valët elektromagnetike përhapen me të njëjtën shpejtësi në vakuum. Në sistemin SI kjo shpejtësi është:

$$c = 299\,792\,458 \text{ ms}^{-1}$$

e cila përafrohet në 300 milionë metra në sekondë. Gjatësia e valës dhe frekuenca lidhen me relacionin e zakonshëm:

$$c = f\lambda$$

Kur drita kalon nga vakuumi në një mjedis material si qelqi, shpejtësia e saj zvogëlohet, por frekuenca mbetet e pandryshuar, ndaj edhe gjatësia e valës duhet të zvogëlohet. Në fakt shpejtësia e valëve elektromagnetike në një mjedis varet nga përshkueshmëria magnetike μ dhe ajo dielektrike ϵ e materialit sipas lidhjes: $c_m = c/\sqrt{\epsilon\mu}$, ku me c_m kemi shënuar shpejtësinë e valës në mjedis. Valët elektromagnetike nuk mund të përhapen në materiale përcjellëse, sepse brenda tyre fusha elektrike është zero.

Shpesh valët elektromagnetike i klasifikojmë mbi bazën e gjatësisë së valës, por ajo varet nga mjedisi ku përhapet vala, ndaj frekuenca është karakteristikë themelore e tyre.

Edhe valët dritore shfaqin efektin Doppler njësoj si gjithë valët. P.sh., nëse një astronom sheh një yll të largët i cili largohet nga Toka me shpejtësi v , gjatësia e valës do të rritet dhe frekuenca do të zvogëlohet. Ndryshimi i gjatësisë së valës $\Delta\lambda$ jepet nga $\Delta\lambda/\lambda = v/c$.

Meqë gjatësitë e valëve më të mëdha gjenden në skajin e kuq të spektrit të dukshëm, drita e yllit do të duket më e kuqe sesa në rastin kur ylli nuk largohet. Kjo është origjina e “zhvendosjes së kuqe” e cila i lejon astronomët të përcaktojnë shpejtësitë e largimit të yjeve dhe galaktikave, dhe që solli provën e parë që tregon se Gjithësia zgjerohet. Frekuenca e vrojtuar e dritës kur burimi zhvendoset mund të llogaritet si edhe për valët e tjera, por në këtë rast duhet vënë një kusht i rëndësishëm. Shpejtësia e burimit duhet të jetë shumë më e vogël se ajo e dritës, përndryshe efekti Doppler llogaritet me formula fare të ndryshme, që nxirren në kuadrin e teorisë së relativitetit special.

PYETJE

- 11 Drita e kuqe me gjatësi vale 700nm në vakuum hyn në qelq, ku shpejtësia e saj është $2.0 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$. Përcaktoni:
 - a frekuencën e dritës në vakuum;
 - b frekuencën dhe gjatësinë e valës në qelq.
- 12 Një astronom vrojton dritën e një ylli të largët. Një vijë e spektrit ka gjatësi vale 550nm. Kur matet në laborator, ajo vijë ka gjatësi vale 535nm. Përcaktoni:
 - a ndryshimin e gjatësisë së valës së vijës spektrale;
 - b shpejtësinë e yllit;
 - c na largohet apo afrohet ky yll?

Renditja e valëve elektromagnetike në spektër

Tabela 19.3 jep intervalet e përafërta të gjatësive të valës në vakuum për bandat kryesore që përbëjnë spektrin elektromagnetik. Ky informacion paraqitet në figurën 19.15 në formën e një diagrami.

Duhet të vëmë në dukje se:

- Nuk ka ndarje të qartë ndërmjet bandave të ndryshme të spektrit. Intervalet e tabelës 19.3 janë disi arbitrare.
- Edhe emërtimi i nënndarjeve është arbitrar. P.sh., ndonjëherë mikrovalët shihen si nënndarje të radiovalëve.
- Intervalet e rrezeve X dhe γ mbivendosen. Dallimi është se rrezet X prodhohen kur elektronet e shpejta frenohen fort apo kur godasin një metal. Rrezet γ çlirohen nga reaksionet bërthamore, si zbërthimi radioaktiv. Nuk ka asnjë dallim ndërmjet rrezatimeve X apo γ me gjatësi vale, p.sh., 10^{-11} m.

| Rrezatimi | Intervali i gjatësive të valës / m |
|-----------------|--|
| radiovalë | mbi 10^6 deri në 10^{-1} |
| mikrovalë | 10^{-1} deri në 10^{-3} |
| infra të kuqe | 10^{-3} deri në $7 \cdot 10^{-7}$ |
| dritë e dukshme | $7 \cdot 10^{-7}$ (e kuqe) deri në $4 \cdot 10^{-7}$ (vjollcë) |
| ultravjollcë | $4 \cdot 10^{-7}$ deri në 10^{-8} |
| rreze X | 10^{-8} deri në 10^{-13} |
| rreze γ | 10^{-10} deri në 10^{-16} |

Tabela 19.3 Gjatësitë e valës (në vakuum) të spektrit elektromagnetik.

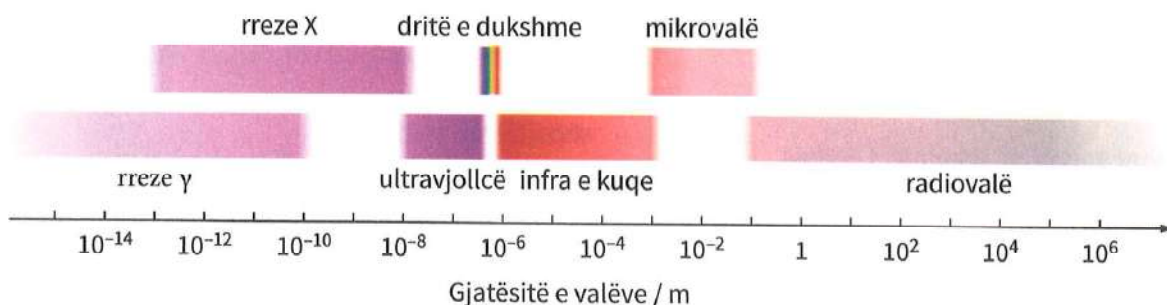


Figura 19.15 Gjatësitë e valëve të spektrit elektromagnetik. Kufijtë ndërmjet disa bandave janë të paqartë.

PYETJE

- Kopjoni tabelën 19.3 dhe shtoni një kolonë ku të vendosni intervalin e frekuencave të secilit prej rrezatimeve.
- Studioni tabelën 19.3 dhe përgjigjuni pyetjeve.
 - Cili prej rrezatimeve ka intervalin më të ngushtë të gjatësive të valës?
 - Cili ka intervalin e dytë më të ngushtë?
 - Sa është intervali i gjatësive të valës së mikrovalëve në milimetra?
 - Sa është intervali i gjatësive të valës së dritës së dukshme në nanometra?
 - Sa është intervali i frekuencave të dritës së dukshme?
- Për secilën nga këto gjatësi vale të matura në vakuum, thoni cilit lloj të rrezatimit elektromagnetik i korrespondon ajo.

| | | |
|--------|-----------|----------------|
| a 1 km | c 5000 nm | e 50 nm |
| b 3 cm | d 500 nm | f 10^{-12} m |
- Për secilën nga frekuencat që vijojnë, thoni cilit lloj të rrezatimit elektromagnetik i korrespondon ajo.

| | |
|-----------|------------------------|
| a 200 kHz | c $5 \cdot 10^{14}$ Hz |
| b 100 MHz | d 10^{18} Hz |

Natyra e valëve elektromagnetike

Vala elektromagnetike është ngacim i fushave elektrike dhe magnetike që përhapet në hapësirë. Figura 19.16 tregon si paraqitet kjo valë. Në këtë diagram vala përhapet nga e majta në të djathtë.

Fusha elektrike lëkundet në planin vertikal, kurse ajo magnetike në atë horizontal. Këto zgjedhje janë arbitrare; e rëndësishme është se këto dy fusha formojnë kënd të drejtë me njëra-tjetrën dhe me drejtimin e përhapjes së valës. Kjo tregon se valët elektromagnetike janë tërthore.

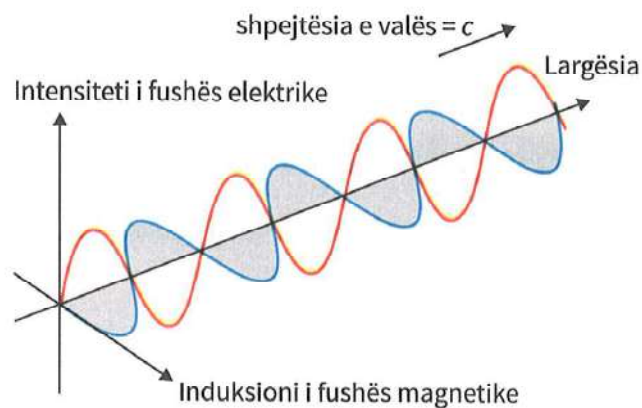


Figura 19.16 Vala elektromagnetike është ndryshim periodik i fushave elektrike e magnetike.

Përmbledhje

- Valët mekanike krijohen nga trupa që lëkunden.
- Vala mbart energji nga një vend në një tjetër.
- Dy pika në largësi një gjatësi vale kanë diferencë fazash 0 ose 360° .
- Ekzistojnë dy lloje valësh: gjatësore dhe tërthore. Në valët gjatësore grimcat lëkunden sipas drejtimin të përhapjes së valës, ndërsa në ato tërthore pingul me drejtimin e përhapjes së valës.
- Frekuenca është e anasjella e periodës së valës.
- Frekuenca e valës mund të matet me ndihmën e oshiloskopit.
- Shpejtësia e të gjitha valëve jepet si produkt i frekuencës me gjatësinë e valës.
- Efekti Doppler është ndryshimi i frekuencës së vërtetuar të valës kur burimi i saj lëviz.
- Intensiteti i valës është energjia që ajo transmeton në njësinë e kohës në sipërfaqen njësi pingule me drejtimin e përhapjes së valës.
- Intensiteti i valës është në përpjesëtim të drejtë me katrorin e amplitudës së saj.
- Të gjitha valët elektromagnetike përhapen me të njëjtën shpejtësi (atë të dritës), por kanë frekuenca dhe gjatësi vale të ndryshme.
- Bandat e spektrit elektromagnetik në rendin rritës të gjatësisë së valës janë: rrezet γ , rrezet X, ultravjollcë, drita e dukshme, infra e kuqe, mikrovalë dhe radiovalë.

Pyetje për kapitullin

- 1 Figura 19.17 paraqet ekranin e një oshiloskopi. Shkallëzimi horizontal është $500\mu\text{s}$ për ndarje. Llogaritni periodën e sinjalit dhe frekuencën e tij

[3]

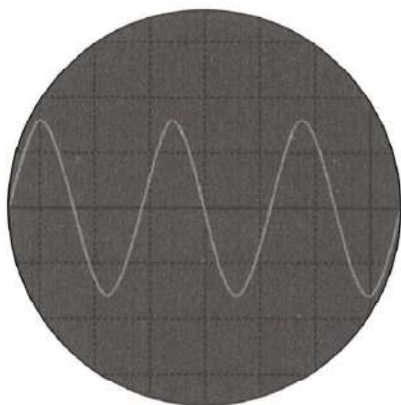


Figura 19.17 Për pyetjen 1.

- 2 a Tregoni dy veti bazë të valëve elektromagnetike. [2]
 b Tregoni një dallim bazë ndërmjet mikrovalëve dhe radiovalëve. [1]
 c i Vlerësoni gjatësinë e valëve të rrezeve X në metra. [1]
 ii Llogaritni frekuencën e rrezeve X. [1]
- 3 Një nxënës është në plazh dhe po vrojton një varkë me motor që ecën me shpejtësi. Varka ka një sirenë që bie pa pushim me frekuencë 420Hz .
 Varka përshkon një trajektore rrethore me shpejtësi 25ms^{-1} . Nxënësi vë re se lartësia e tonit të sirenës ndryshon rregullisht.
 a Shpjegoni pse ndryshon lartësia e tingullit të perceptuar nga nxënësi. [1]
 b Përcaktoni frekuencat maksimale e minimale të vrojtuar nga nxënësi. [4]
 c Në cilin pozicion ndodhet varka kur nxënësi dëgjon tingullin me lartësi maksimale? [1]
- 4 Figura 19.18 tregon pozicionin e disa molekulave të ajrit kur në të përhapet një valë zanore.



Figura 19.18 Për pyetjen 4.

- a Mbi një kopje të diagramit shënoni:
 i një zonë të valës ku ka ngjeshje me germën N; [1]
 ii një zonë të valës ku ka rrallim me germën R. [1]
- b Përshkruani lëvizjen e grimcës P, ndërsa aty kalon vala. [2]
 c Vala zanore e ka frekuencën 240Hz . Duke iu referuar zhvendosjes së një grimce, shpjegoni çfarë do të thotë kjo. [2]
 d Shpejtësia e valës zanore është 320ms^{-1} . Llogaritni gjatësinë e valës. [2]

- 5 Diagrami paraqet profilin e një vale mbi sipërfaqen e ujit në një çast të kohës. Shpejtësia e valës është 7.0 cm s^{-1} . Llogaritni amplitudën, gjatësinë e valës dhe periodën.

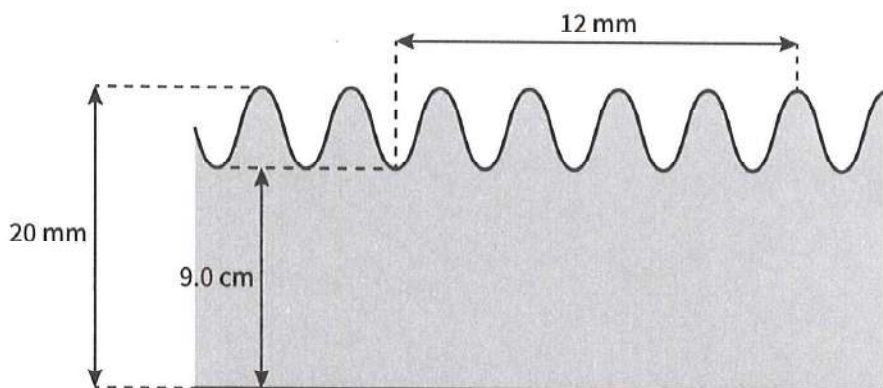


Figura 19.19 Për pyetjen 5.

- 6 a Drita është valë elektromagnetike. Shpjegoni çfarë janë **valët elektromagnetike**. [2]
- b i Dy yje emetojnë rrezatim me fuqi të njëjtë. Largësia e yllit A nga Toka është dy herë më e madhe se ajo e yllit B. Shpjegoni si janë intensitetet e rrezatimeve që mbërrijnë në Tokë nga këta dy yje? [2]
- ii Po amplitudat e sinjaleve? [2]
- c Sinjali kryesor që vjen nga ylli A është në zonën ultravjollcë të spektrit me gjatësi vale $7.5 \cdot 10^{-8} \text{ m}$. Llogaritni frekuencën e këtij rrezatimi. [2]
- 7 Figura 19.20 tregon një altoparlant që lëshon tinguj që kapen nga një mikrofoni, i cili është lidhur me një oshiloskop.

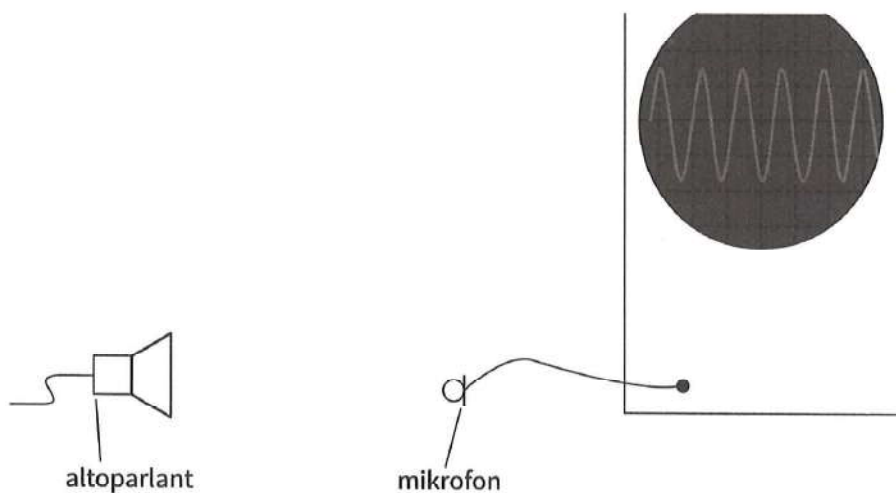


Figura 19.20 Për pyetjen 7.

- a Tingulli është valë gjatësore. Shpjegoni si lidhet gjurma në ekranin e oshiloskopit me zhvendosjen e grimcave të ajrit, ku përhapet vala zanore. [3]
- b Shkalla horizontale e oshiloskopit është vendosur në 5 ms për ndarje. Llogaritni frekuencën e valës. [2]
- c Gjatësia e valës zanore është 1.98 m . Llogaritni shpejtësinë e saj. [2]

8 Figura 19.21 paraqet gjurmët e dy valëve zanore në ekranin e oshiloskopit.

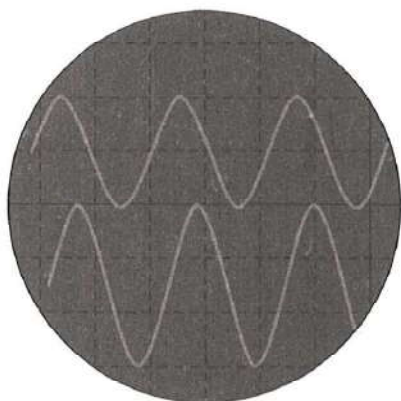


Figura 19.21 Për pyetjen 8.

- a Krahasoni gjatësitë e dy valëve. Shpjegoni si e bëni këtë. [2]
- b Shpjegoni kuptimin e termit **diferencë fazash**. Ilustrojeni përgjigjen duke vlerësuar diferencën e fazave ndërmjet dy valëve në ekran. [3]
- c Llogaritni raportin e intensiteteve të dy valëve. [2]
- 9 a Thoni çfarë kuptojmë me **efekt Doppler**. [2]
- b Një yll i largohet Tokës me shpejtësi $6.4 \cdot 10^5 \text{ms}^{-1}$. Drita e yllit me frekuencë $6.500 \cdot 10^{14} \text{Hz}$ kapet nga vrojtuesi në Tokë. Llogaritni ndryshimin e frekuencës për shkak të efektit Doppler. Kryeni llogaritjet deri në dy shifra pas presjes. [3]
- c Sa më larg nga Toka të ndodhet një yll, aq më e madhe është zhvendosja e kuqe e dritës së emetuar nga ai yll.
- i Shpjegoni nëse yjet dhe galaktikat i afrohen apo i largohen Tokës. [2]
- ii Shpjegoni çfarë do të thotë zhvendosja më e madhe e kuqe e dritës së yjeve që janë më larg Tokës. [1]
- 10 Efekti Doppler shfrytëzohet për të matur shpejtësinë e gjakut në trup. Ultratingujt, që janë tinguj me frekuencë të lartë (përtej pragut të dëgjimit) dërgohen në trup, ku pasqyrohen nga grimcat e gjakut. Një detektor stacionar, i vendosur jashtë trupit dhe afër transmetuesit, mat zhvendosjen e frekuencës. Në një pacient gjaku rrjedh me shpejtësi 30cms^{-1} duke iu larguar transmetuesit. Shpejtësia e ultratingullit në trup është 15ms^{-1} . Kjo situatë modelohet sikur grimcat emetojnë tingull me frekuencë 4.000MHz (ato pasqyrojnë ultratingull) ndërsa i largohen detektorit. Tingulli del nga trupi dhe frekuenca e matur nga detektori nuk është 4.000MHz .
- a i Thoni nëse frekuenca e matur nga detektori i palëvizshëm është më e lartë apo më e ulët se 4.000MHz . [1]
- ii Shpjegoni pse. [3]
- b Llogaritni diferencën ndërmjet frekuencës së vërtetë dhe asaj të matur nga detektori. [3]
- c Thoni pse ka diferencë ndërmjet frekuencës së tingullit të emetuar nga transmetuesi dhe asaj të tingullit të kapur nga grimcat. [1]

Kapitulli 20: Mbivendosja e valëve

Rezultatet e të nxënit

Duhet të jeni në gjendje të:

- shpjegoni dhe përdorni parimin e mbivendosjes së valëve;
- shpjegoni eksperimente të difraksionit dhe interferencës;
- zgjidhni problema me interferencë nga dy e më shumë çarje.

Kombinimi i valëve

Drita përhapet si valë dhe krijon efekte natyrore shumë të bukura si ngjyrat e shkëlqyeshme të krahëve të fluturave (figura 20.1). Këto ngjyra nuk vijnë nga pigmentet e krahëve. Përkundrazi, ato shfaqen kur valët dritore të shpërhapura nga pjesë të ndryshme të krahut, takohen në syrin tonë dhe kombinohen duke na dhënë ngjyrat që shohim.

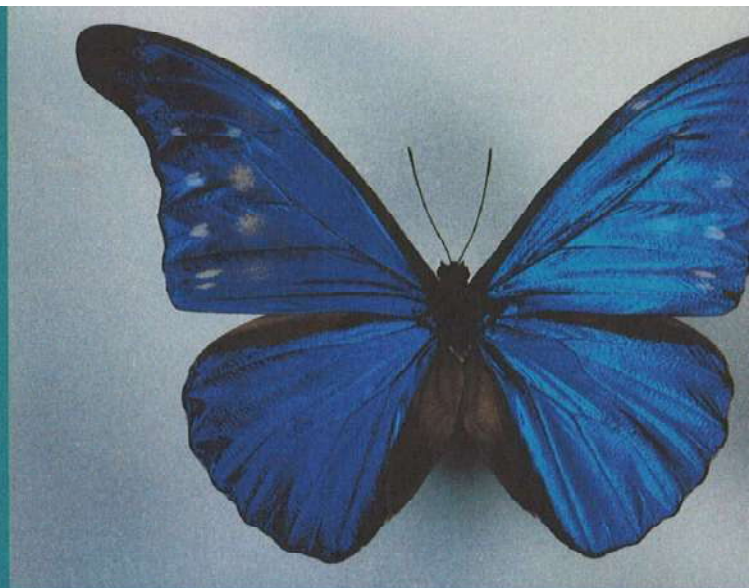


Figura 20.1 Ngjyrat e mrekullueshme të krahut të fluturës demonstrojnë bukurinë e natyrës. Në këtë kapitull do të studiojmë interferencën, e cila është “autorja” e këtyre ngjyrave të pakrahasueshme.

Parimi i mbivendosjes së valëve

Kemi parë si krijohen valët dhe cili është dallimi ndërmjet valëve gjatësore e tërthore. Në këtë kapitull do të shohim çfarë ndodh kur dy apo më shumë valë takohen në një pikë dhe kombinohen së bashku (figura 20.1).

Po çfarë ndodh kur dy valë mbërrijnë dhe takohen në një pikë? Kësaj pyetjeje mund t'i përgjigjemi duke u nisur nga përvoja jonë e përditshme. Çfarë ndodh kur tufat e dritës të lëshuara nga dy elektrike dore kryqëzohen? Ato kalojnë përmes njëra-tjetrës. Po ashtu, valët zanore kalojnë përmes njëra-tjetrës pa ndikime të dukshme. Kjo sjellje është shumë e ndryshme nga ajo e grimcave. Dy plumba që përplasen në ajër do të bëjnë rikoshetë në një mënyrë që nuk i ngjan aspak sjelljes së valëve. Po të shqyrtojmë



Figura 20.2 Këtu shohim valëzimet që krijohen kur pikat e shiut bien në sipërfaqen e pishinës. Ato mbivendosen, duke na dhënë një tablo të ndërlikuar me kreshta dhe lugina.

me kujdes mënyrën e bashkëveprimit mes dy valëve që takohen, do të nxjerrim disa rezultate që do të na çudisin.

Dy valë që takohen në një pikë do të mblidhen; kjo do të thotë se zhvendosjet e dy valëve mblidhen pikë për pikë. Figura 20.3 paraqet grafikët e zhvendosjes kundrejt largësisë për dy valë sinusoidale (blu dhe e gjelbër) me gjatësi të ndryshme. Aty tregohet edhe vala rezultante (e kuqe), e cila del nga mbledhja e këtyre të dyjave. Si gjendet kjo zhvendosje rezultante e vizatuar me të kuqe?

Konsiderojmë pikën A. Aty zhvendosja e të dy valëve është zero, ndaj edhe rezultatja është zero.

Në pikën B zhvendosja e të dyja valëve është pozitive. Zhvendosja rezultante gjendet duke i mbledhur këto dy zhvendosje.

Në pikën C zhvendosja e njëres valë është pozitive, ndërsa e tjetrës është negative. Zhvendosja rezultante është shuma algjebrike e këtyre dy zhvendosjeve.

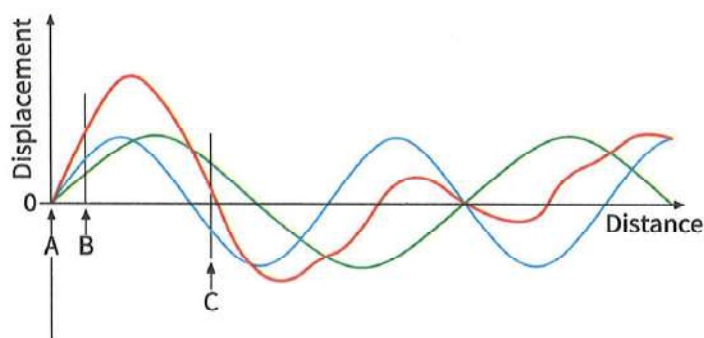


Figura 20.3 Mbledhja e dy valëve me parimin e mbivendosjes: vija e kuqe paraqet valën rezultante.

Në këtë mënyrë mund të mblidhen dy valë, duke bërë shumë algjebrike të zhvendosjeve në çdo pikë. Vërejmë se rezultatja e këtyre dy valëve ka një formë të ndërlikuar, me gunga dhe thellime në pozicione të ndryshme.

Kjo që përshkruam më sipër, gjetja e rezultantes së dy valëve që takohen në një pikë duke mbledhur zhvendosjet në çdo pikë njihet si **parim i mbivendosjes (superpozimit) së valëve**. Ky parim mund të zbatohet edhe kur kemi më shumë se dy valë dhe për të gjitha llojet e valëve. Këtu po japim një formulim të parimit të mbivendosjes së valëve:

Kur dy apo më shumë takohen në një pikë, zhvendosja rezultante është shuma algjebrike e zhvendosjeve të valëve të veçara.

PYETJE

- Në një letër milimetrike vizatoni dy valët trekëndëshe të figurës 20.4. (Me to punohet më lehtë sesa me valët sinusoidale.) Njëra prej valëve ka gjatësi 8cm dhe amplitudë 2cm, kurse tjetra ka gjatësi 16cm dhe amplitudë 3cm. Me ndihmën e parimit të mbivendosjes, përcaktoni zhvendosjen rezultante në pika të përshtatshme dhe më pas vizatoni valën e plotë rezultante.

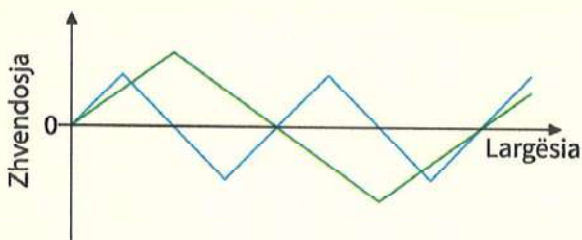


Figura 20.4 Dy valë trekëndëshe: për pyetjen 1.

Difraksioni i valëve

Tashmë keni mësuar se të gjitha valët (si zëri dhe drita) pasqyrohen dhe përthyhen. Një dukuri tjetër që shfaqet në të gjitha valët është difraksioni i tyre. **Difraksioni** është përkulja e valëve përreth pengesave, si një çarje apo teh. Difraksioni vërohet dhe studiohet lehtë në valët e ujit, si në veprimtarinë praktike 20.1.

Difraksioni i zërit dhe dritës

Efektet e difraksionit janë më të dukshme kur valët kalojnë nëpër një çarje me gjerësi të rendit të gjatësisë së valës. Kjo na ndihmon të shpjegojmë se pse në disa raste difraksioni është lehtësisht i vrojtueshëm e në disa të tjera jo. P.sh., valët zanore që janë të kapshme nga veshi i njeriut kanë gjatësi vale nga disa mm në disa m, ndaj ne do të prisnim të shihnim efektet e difraksionit të zërit në mjedisin ku jetojmë. Tingujt difragojnë kur kalojnë përmes dyerve e dritareve, sepse gjerësitë e tyre janë të rendit të gjatësisë së valës të tyre, pra, zhurma përhapet nga një dhomë në atë fqinje.

Gjatësitë e valës të dritës së dukshme janë shumë më të shkurtra (të rendit $5 \cdot 10^{-7}m$). Difraksioni i saj nuk vërehet në dyer e dritare, sepse gjerësitë e tyre janë një milion herë më të mëdha se gjatësia e valës e dritës. Por ne mundemi të vrojtojmë difraksionin e dritës që kalon përmes një çarjeje apo vrime shumë të ngushtë. Kur drita lazer ndriçon një çarje me gjerësi të krahasueshme me gjatësinë e valës të dritës rënëse, ajo përhapet në hapësirën përtej çarjes, duke formuar një njollë në një ekran të vendosur pas saj (figura 20.5). Po të marrim një çarje me gjerësi të ndryshueshme, mund të shohim efektin e ngushtimit gradual të saj.

Ju mund t'i shihni vetë efektet e difraksionit, po të bëni një çarje të ngushtë ndërmjet dy gishtave të mëdhenj. Pastaj shikoni një burim të largët drite përmes kësaj çarjeje (figura 20.8). Po t'i afroni shumë gishtat tek njëri-tjetri, do të shihni efektet e ngushtimit të çarjes.

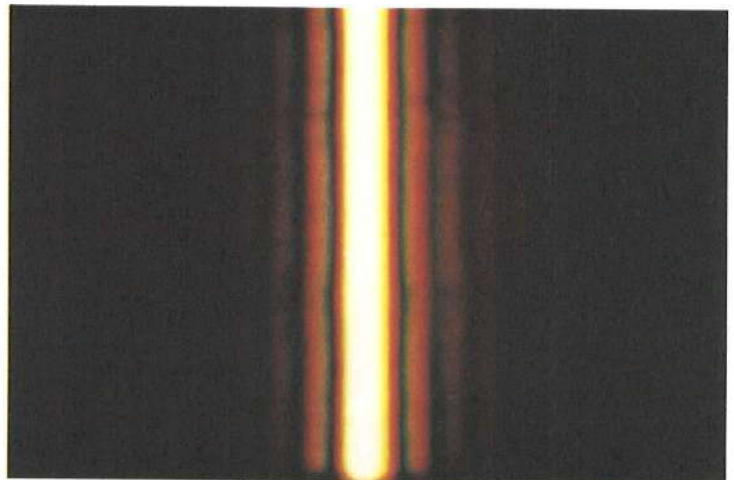


Figura 20.5 Kur kalon përmes një çarjeje, drita difragon.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 20.1: Vrojtimi i difraksionit në një basen me ujë

Difraksionin mund ta vrojtoni brenda një baseni të cekët me ujë. Valët plane gjenerohen me ndihmën e një shufre që lëkundet. Ato përhapen duke iu afruar një çarjeje të barrierës së vendosur brenda basenit (figura 20.6).

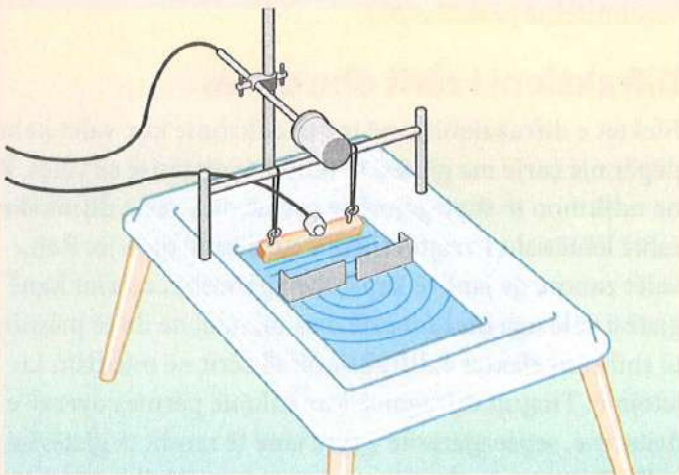


Figura 20.6 Valëzimet që fillimisht janë plane, përhapen në hapësirën përtej barrierës, duke kaluar përmes çarjes.

Kur valëzimet mbërrijnë tek barrierë, ato pasqyrohen. Megjithatë, ato që vijnë tek çarja kalojnë përmes saj dhe përhapen në hapësirën përtej barrierës. Kjo përhapje e valëve përtej çarjes (ose skajit të barrierës) quhet difraksion.

Shkalla e difraksionit të valëve varet nga gjerësia e çarjes. Kjo ilustrohet në figurën 20.7. Vijat në diagram përfaqësojnë frontet valore. Është si t'i vrojtojmë valëzimet nga sipër dhe të heqim vija që përfaqësojnë majat e kreshtave në njëfarë çasti të dhënë të kohës. Largësia ndërmjet fronteve valore fqinje është e barabartë me gjatësinë e valës.

Kur valët hasin një çarje në barrierë, shkalla e difraksionit varet nga gjerësia e çarjes. Difraksioni mezi vihet re kur çarja është shumë më e madhe se gjatësia e valës. Me ngushtimin e çarjes difraksioni bëhet gjithnjë e më i dukshëm dhe është maksimal kur gjerësia e çarjes është e krahasueshme me gjatësinë e valës.

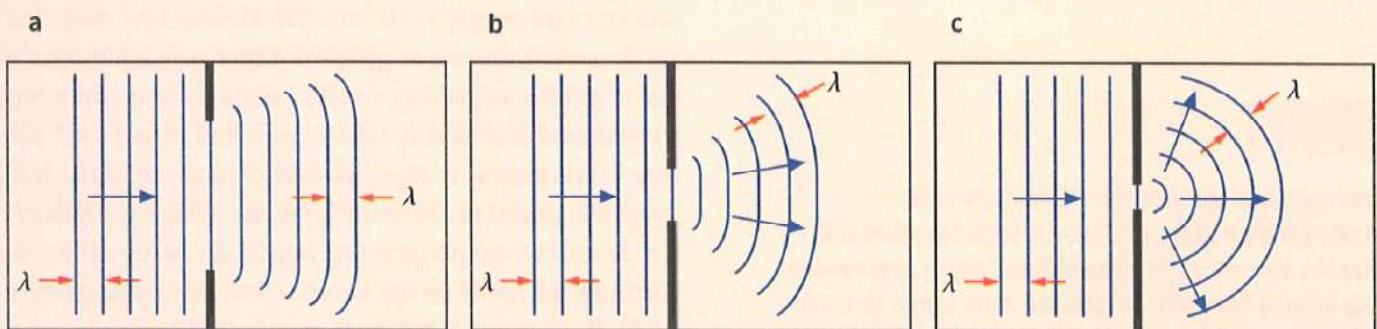


Figura 20.7 Shkalla e përhapjes së valëzimeve varet nga raporti ndërmjet gjatësisë së valës së tyre dhe gjerësisë së çarjes. Në 'a' gjerësia e çarjes është shumë më e madhe se gjatësia e valës dhe difraksioni mezi vihet re. Në 'b' gjerësia e çarjes është më e madhe se gjatësia e valës dhe ka difraksion të kufizuar. Në 'c' gjerësia e çarjes është e krahasueshme me gjatësinë e valës dhe efekti i difraksionit është maksimal.

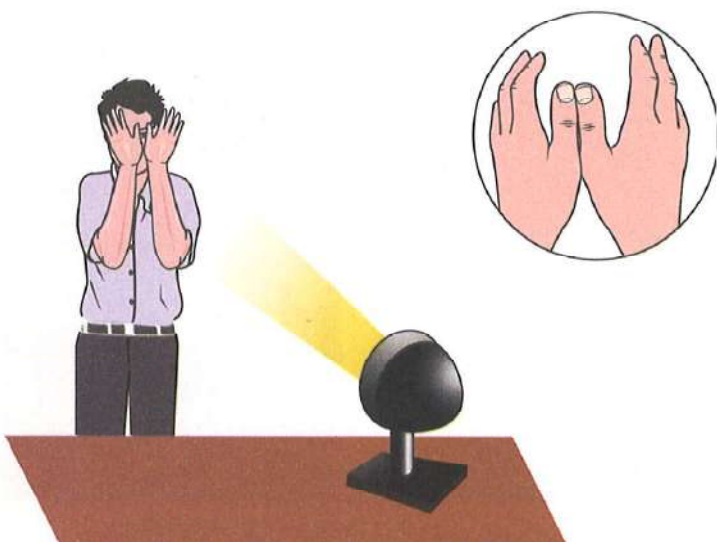


Figura 20.8 Ju vetë mund t'i vrojtoni efektet e difraksionit, po të shihni përmes një çarjeje të ngushtë. Çfarë ndodh kur çarja ngushtohet? Çfarë ndodh me shkallën e difraksionit, kur para llambës vendosim filtra me ngjyra? Çfarë kuptoni nga kjo lidhur me gjatësitë e valës së ngjyrave të ndryshme?

Difraksioni i radio dhe mikrovalëve

Radiovalët kanë gjatësi vale të rendit të kilometrit. Ato difragojnë lehtësisht pas hapësirave ndërmjet kodrave apo ndërtesave të larta të qyteteve. Mikrovalët, të cilat përdoren nga rrjetet e telefonisë celulare, kanë gjatësi vale të rendit të 10cm. Ato nuk difragojnë lehtë (sepse gjatësitë e valës së tyre janë shumë më të vogla se përmasat e “çarjeve”) dhe kryesisht përhapen në vijë të drejtë.

Makinat kanë nevojë për antena të jashtme, sepse radiovalët kanë gjatësi vale më të madhe se përmasat e dritareve, ndaj ato nuk mund të difragojnë e të hyjnë brenda makinës. Po të provoni të dëgjoni radion brenda në tren, do të vëreni se sinjalet FM kapen dobët (gjatësia e valës së tyre është rreth 3m), kurse sinjalet AM, që kanë gjatësi vale më të madhe, nuk kapen fare.

PYETJE

- 2 Furra me mikrovalë (figura 20.9) përdor mikrovalë me gjatësi vale 12.5cm. Dera e furrës është prej qelqi dhe brenda tij ka një rrjetë metalike me hapësira prej disa milimetrash. Shpjegoni si kjo mënyrë ndërtimi na lejon të shohim ushqimin brenda furrës, ndërsa mikrovalët nuk dalin dot nga hapësira brenda furrës (përndryshe do të piqeshim vetë ne).



Figura 20.9 Furra me mikrovalë ka një rrjetë metalike tek dera, e cila ndalon daljen e mikrovalëve dhe lejon dritën.

Shpjegimi i difraksionit

Difraksioni është një dukuri valore, e cila shpjegohet me parimin e mbivendosjes dhe atë të Hygensit (Christiaan Huygens). Mendoni se çfarë ndodh kur një valë plane arrin tek çarja e barrierës (figura 20.10). Çdo pikë e frontit të valës lëkundet dhe mund të konsiderohet si një burim valësh, të cilat përhapen në hapësirën përtej barrierës. Ky është **parimi i Hygensit**.

Tani kemi një mori valësh të vogla dhe efektin rezultat të tyre mund ta gjejmë me ndihmën e parimit të

mbivendosjes. Pa tentuar fare të llogarisim efektin e një numri të pafundmë të burimeve, mund të themi se në disa drejtime valët mblidhen, kurse në disa të tjera ato shuajnë njëra-tjetrën.

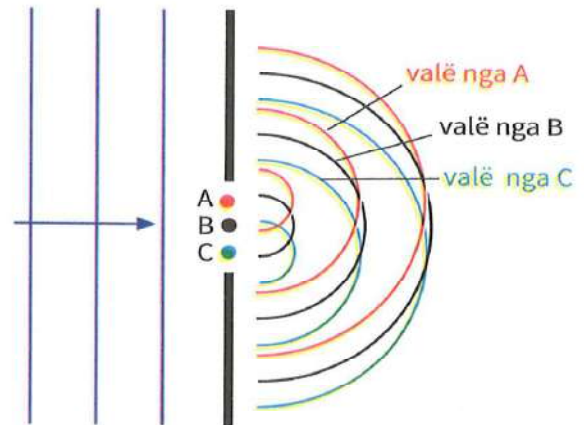


Figura 20.10 Valët e lëshuara nga të gjitha pikat e çarjes kontribuojnë tek tabloja që merret në hapësirën përtej çarjes.

Interferenca

Mbledhja e valëve me gjatësi dhe amplituda të ndryshme rezulton në një valë të ndërlikuar. Përndryshe, po të konsiderojmë atë që ndodh kur dy valë me gjatësi të njëjtë mbivendosen, marrim dukuri interesante. Sërish, për të shpjeguar atë që vërohet, ne do të shfrytëzojmë parimin e mbivendosjes së valëve.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 20.2: Vërtetimi i interferencës

Se çfarë ndodh kur mbivendosen dy valë zanore, mund ta shohim me një eksperiment të thjeshtë. Lidhim dy altoparlantë me të njëjtin gjenerator sinjalesh (figura 20.11). Ata emetojnë valë me gjatësi të njëjtë. Po të ecim në hapësirën para altoparlantëve, do të dëgjojmë efektin rezultat.

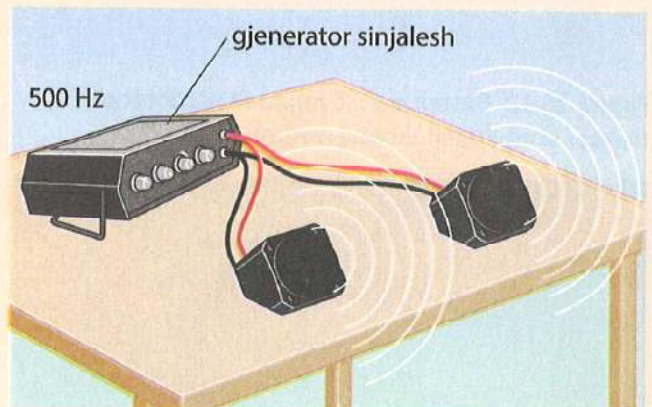


Figura 20.11 Valët zanore të dy altoparlantëve mblidhen, duke na dhënë një tablo interference. Ky eksperiment është mirë të bëhet jashtë, në mënyrë që pasqyrimi i tingujve të mos ndikojë mbi rezultatet e tij.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 20.2: Vrojtimi i interferencës

Mund të mendohet se do të dëgjojmë një tingull dy herë më të fortë se ai i një altoparlanti të vetëm. Por nuk rezulton kështu. Në disa vende tingulli është më i fortë se ai i një altoparlanti të vetëm. Në disa vende të tjera ai është shumë më i dobët. Jemi duke vërtetuar dukurinë e quajtur **interferencë**.

Interferenca në basenin me ujë

Dy majat që ngacmojnë sipërfaqen e ujit duke krijuar valë (figura 20.12) duhet të jenë pozicionuar në mënyrë të tillë që vetëm sa ta prekin atë. Kur shufra lëkundet, secili prej tyre shërben si burim i valëve rrethore që përhapen në ujë. Aty ku këto valë mbivendosen, do të vërtetohet tablonë e interferencës. Një mënyrë tjetër për të vërtetuar interferencën është të marrim një barrierë me dy çarje. Vala plane që vjen tek barrierë difragon aty dhe dy valët dytësore interferojnë përtej barrierës. Figura 20.13 paraqet tablonë e interferencës që merret nga dy burime të valëve në një basen me ujë.

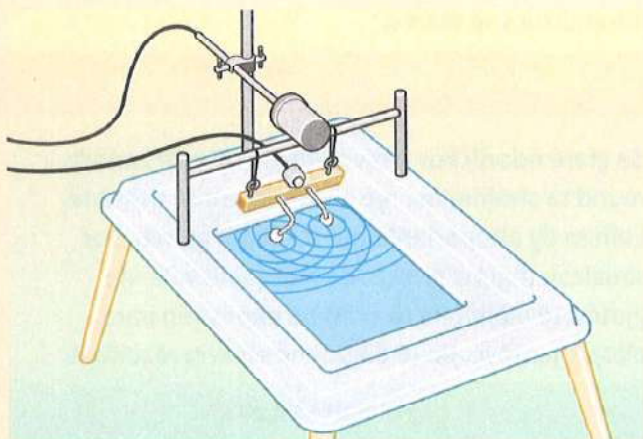


Figura 20.12 Baseni me ujë mund të përdoret për të treguar si mblidhen dy valë rrethore.

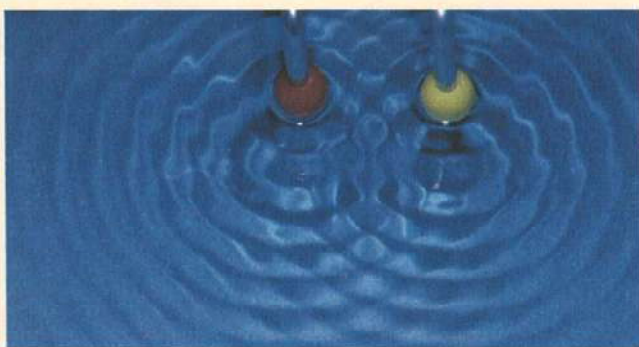


Figura 20.13 Valët e dy burimeve formojnë tablonë e interferencës.

Shpjegimi i interferencës

Figura 20.14 tregon si ndodh interferenca. Dy altoparlantët e figurës 20.11 emetojnë valë me frekuenca të barabarta dhe faza të njëjta, sepse ata janë lidhur me të njëjtin gjenerator sinjalesh. Dy valë të tilla: me frekuenca dhe faza të njëjta quhen **koherente**.

Në disa pika dy valët me amplitudë të njëjtë mbërrijnë në fazë me njëri-tjetrin (figura 20.14a). Nga mbledhja e dy valëve merret një valë me amplitudë dy herë më të madhe se ajo e një vale të vetme. Tingulli që dëgjojmë është më i fortë. Kjo interferencë quhet **konstruktive**.

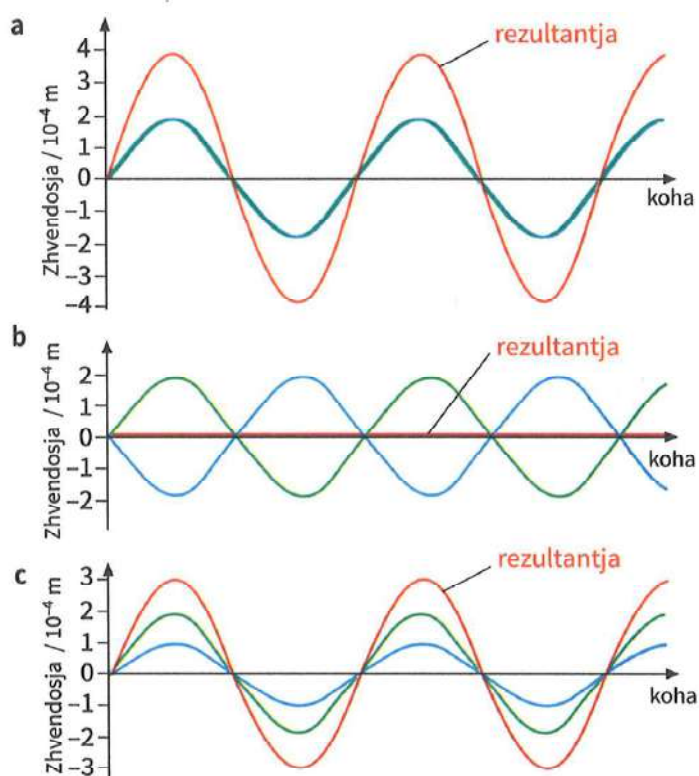


Figura 20.14 Mbledhja e valëve koherente. Valët blu dhe të gjelbra me amplituda dhe frekuenca të njëjta mund të japin interferencë (a) konstruktive ose (b) destruktive, në varësi të diferencës së fazave ndërmjet tyre. (c) Edhe valët me amplituda të ndryshme mund të interferojnë.

Në disa pika të tjera vërtetohet diçka e ndryshme. Dy valët mbërrijnë me faza të kundërta (diferencë fazash 180°) me njëra-tjetrën (figura 20.14b). Valët shuajnë njëra-tjetrën dhe vala rezultante ka amplitudë zero. Në këtë pikë ka qetësi; ne nuk dëgjojmë asgjë. Kjo interferencë quhet **destruktive**.

Në pika ndërmjet atyre ku interferenca është konstruktive ose destruktive, valët nuk janë as në fazë e as në kundërfazë dhe amplituda rezultante është më e vogël se ajo e mësipërme. Kur dy valët kanë amplituda të ndryshme, por janë në fazë (figura 20.14c), interferenca konstruktive rezulton në një valë amplituda e së cilës është sa shuma e dy amplitudave.

PYETJE

- 3 Shpjegoni pse tingujt e dy altoparantëve duhet të kenë frekuenca të barabarta për të marrë tablonë e interferencës.

Po si shpjegohet tabloja e interferencës që vrojtohet në basinin me ujë? Krahasoni figurën 20.15 me figurën 20.13. Figura 20.15 paraqet frontet e valëve të dy burimeve. Në pikën A valët mbërrijnë në fazë dhe aty vrojtohet interferencë konstruktive. Në pikën B dy valët mbërrijnë në kundërfazë (me faza të kundërta) dhe aty kemi interferencë destruktive. Ndonëse në pikën B mbërrijnë valë, sipërfaqja e ujit aty mbetet praktikisht e sheshtë.

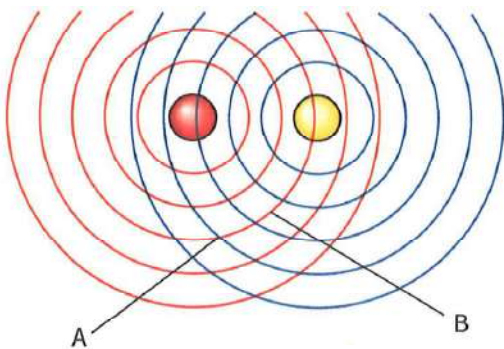


Figura 20.15 Rezultati i interferencës varet nga diferenca e rrugëve ndërmjet dy valëve.

Nëse valët mblidhen duke u përforcuar apo shuar në një pikë kjo varet nga diferenca e rrugëve të valëve që vijnë nga dy burimet. Diferenca e rrugëve është diferenca ndërmjet largësive të përshkuara nga secila prej valëve për të arritur nga burimi tek pika në fjalë.

Në pikën A të figurës 20.15 valët që vijnë nga burimi i kuq kanë përshkuar tre gjatësi vale të plota. Valët nga burimi i verdhë kanë përshkuar katër gjatësi vale. Diferenca e rrugëve ndërmjet dy valëve është 1 gjatësi vale. Pra, diferenca e fazave është zero. Kjo do të thotë se dy valët janë në fazë dhe interferojnë në mënyrë konstruktive.

Tani të shqyrtojmë interferencën destruktive. Në pikën B valët që vijnë nga burimi i kuq kanë përshkuar tre gjatësi vale, kurse ato që vijnë nga burimi i verdhë kanë përshkuar 2.5 gjatësi vale. Diferenca e rrugëve ndërmjet dy valëve është gjysmë gjatësi vale, që do të thotë se diferenca e fazave është 180° . Valët interferojnë në mënyrë destruktive, sepse janë në kundërfazë. Kushtet e përgjithshme të interferencës konstruktive dhe destruktive jepen këtu më poshtë.

Këto kushte vlejné për të gjitha valët (drita, zëri, mikrovalët, radiovalët, etj.).

- Për të patur **interferencë konstruktive**, diferenca e rrugëve duhet të jetë një numër i plotë gjatësish të valës:

$$\Delta l = n\lambda$$

- Për të patur **interferencë destruktive**, diferenca e rrugëve duhet të jetë numër tek gjysmëgjatësish të valës:

$$\Delta l = (n + \frac{1}{2})\lambda$$

Llogaritja e diferencës së rrugëve në secilin prej eksperimenteve është një ushtrim gjeometrie.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 20.3: Interferenca e rrezatimit

Interferenca e dritës

Një mënyrë e thjeshtë për të marrë tablonë e interferencës së dritës është duke e dërguar dritën e një lazeri përmes dy çarjeve të ngushta (figura 20.16). Çarjet janë dy prerje të bëra me brisq në një karton të zi; largësia ndërmjet tyre është një fraksion i milimetrit. Në ekran shihet një seri pikash të ndriçuara (figura 20.21). Pikat e shndritshme njihen si "breza të interferencës" dhe janë vende ku drita nga dy çarjet vjen në fazë, pra, kemi interferencë konstruktive. Brezat e errët ndërmjet tyre janë rezultat i interferencës destruktive.

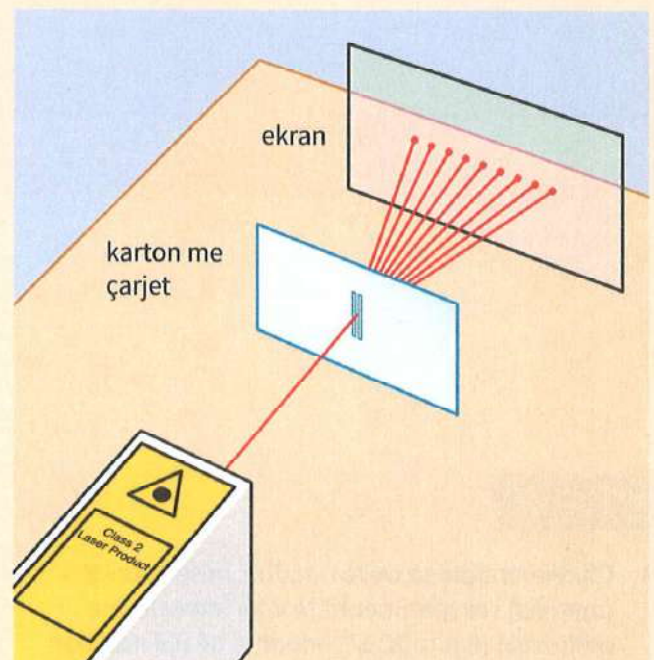


Figura 20.16 Tufat e dritës që dalin nga secila prej çarjeve interferojnë përtej ekranit.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 20.3: Interferenca e rrezatimit (vazhdon)

Kujdes!

Kur kryeni eksperimente me laser duhet të ndiqni të gjitha rregullat e sigurimit. Në veçanti duhet të mbronni sytë dhe të mos shihni direkt tek tufa lazer.

Këta breza të ndritshëm e të errët janë analogët e zonave me dhe pa tingull që vrojtuar kur studiuar tablonë e interferencës së tingullit të dy altoparlantëve. Mund të verifikoni lehtë se drita mbërrin në ekran nga të dyja çarjet, duke mbuluar njërën prej tyre. Do të shihni se tabloja e interferencës zhduket dhe në ekran shfaqet një bandë e gjerë drite. Ajo është tabloja e difraksionit nga çarja e vetme. Pika që ishte e errët tani është e ndriçuar dhe anasjelltas. Edhe po të mbuloni çarjen tjetër, do të vrojtoni të njëjtën gjë.

Ky eksperiment i famshëm njihet si eksperimenti i Jangut (Thomas Young) me dy çarje, ndonëse ai nuk kishte lazer kur e kreu për herë të parë këtë eksperiment në 1801.

Interferenca e mikrovalëve

Tablonë e interferencës së mikrovalëve mund ta vrojtojmë me një aparat që emeton mikrovalë me gjatësi vale 2.8cm (figura 20.17). Aparatin e drejtojmë tek një barrierë metalike ku kemi bërë dy çarje. Mikrovalët difragojnë tek dy çarjet dhe më pas përhapen përtej tyre, ku mund t'i detektojmë me anë të një marrësi. Duke e zhvendosur këtë të fundit, mund të përcaktojmë pikat ku intensiteti është i lartë (interferencë konstruktive) dhe i ulët (interferencë destruktive). Detektori (marrësi) mund të lidhet me një aparat matës apo me një përforcues sinjalesh dhe një altoparlant, për të na dhënë një sinjal zanor.

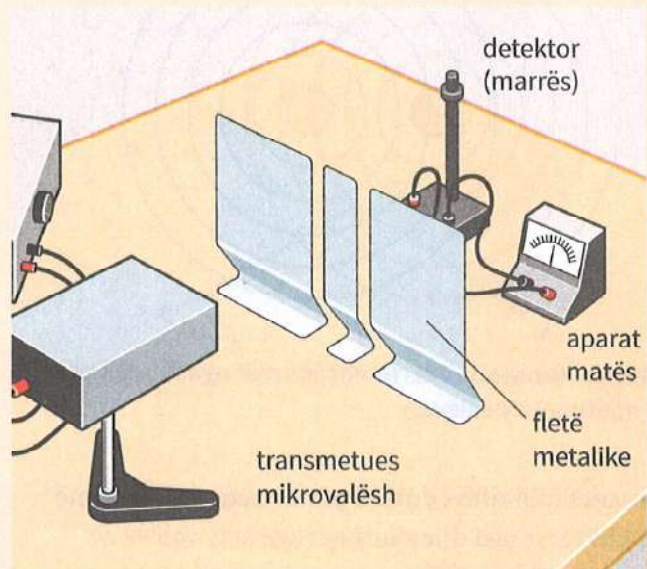


Figura 20.17 Tablonë e interferencës mund ta marrim edhe me mikrovalë.

PYETJE

- 4 Çfarë mendoni se do të ndodhë, nëse detektori (marrësi) i eksperimentit të interferencës me mikrovalë (figura 20.17) ndodhet në një pozicion minimumi dhe në atë çast ne mbyllim njëërën nga çarjet e barrierës?

Koherenca e valëve

Në mjedisin përreth nesh ka valë: dritore, infra të kuqe, radio, zanore etj. Po pse nuk shohim gjithandej tablo interference? Pse na duhen pajisje speciale laboratorike për ta vrojtuar këtë dukuri?

Në fakt ne shohim raste të interferencës së dritës në jetën e përditshme. P.sh., mund të keni parë aureola përreth dritave të rrugës apo Hënës kur ka mjegull. Po të keni vrojtuar një burim të fortë drite përmes një cohe pëlhure, mund të keni parë shirita të ndritshëm e të errët.

Këto janë shfaqje të interferencës.

Zakonisht na duhen kushte speciale për të marrë efekte të matshme të interferencës. Kujtojmë eksperimentin me dy altoparlantë. Po qe se ata do të lidheshin me gjeneratorë të ndryshëm sinjalesh që japin frekuenca paksa të ndryshme nga njëri-tjetri, valët zanore fillimisht do të ishin në fazë, por shpejt do të kalonin në kundërfazë (figura 20.18). Fillimisht do të dëgjonim një tingull të fortë, pastaj qetësi, pastaj sërish tingull i fortë, e kështu me radhë.

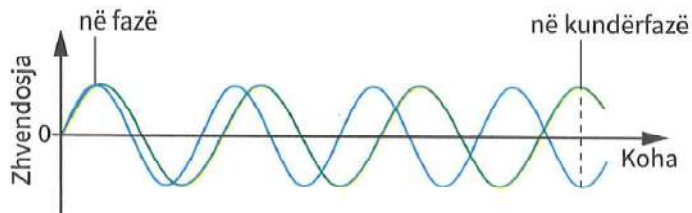


Figura 20.18 Valët me frekuenca që ndryshojnë pak hyjnë dhe dalin nga faza.

Kur të dy altoparlantët i lidhim me të njëjtin gjenerator sinjalesh, jemi të sigurt se tingujt e tyre janë gjithë kohën në fazë me njëri-tjetrin. Këto burime ne i quajmë koherente, siç e përmendëm tashmë. Në rastin më të përgjithshëm kërkojmë që diferenca e fazave ndërmjet dy burimeve koherente të mbetet konstante. Kjo mund të mbërrihet vetëm nëse dy valët kanë frekuenca të barabarta.

Tani kujtojmë eksperimentin me lazer. A mund të kishim marrë dy lazer që japin dritë saktësisht me të njëjtën frekuencë? Figura 20.19a paraqet skematikisht dritën e një burimi lazer. Atë mund ta mendojmë si të përbërë nga paketa të veçanta drite. Nuk mund të garantohet që këto paketa të emetuara nga dy lazera do të jenë gjithnjë në fazë.

Ky problem kapërcehet duke krijuar dy kopje të të njëjtit burim, duke shfrytëzuar dy çarje (figura 20.19b). Këto shërbejnë si dy burime drite koherente. Ato janë gjithmonë në fazë me njëri-tjetrën (ose diferenca e fazave ndërmjet tyre është konstante).

Nëse burimet nuk janë koherente, tabloja e interferencës do të ndryshojë me një shpejtësi që syri ynë nuk arrin ta shohë. Ne do të shohim një bandë të njëtrajtshme drite, pa zona të shndritshme dhe të errëta. Nga kjo kuptojmë se, për të vrojtuar interferencën, na nevojiten dy burime koherente.

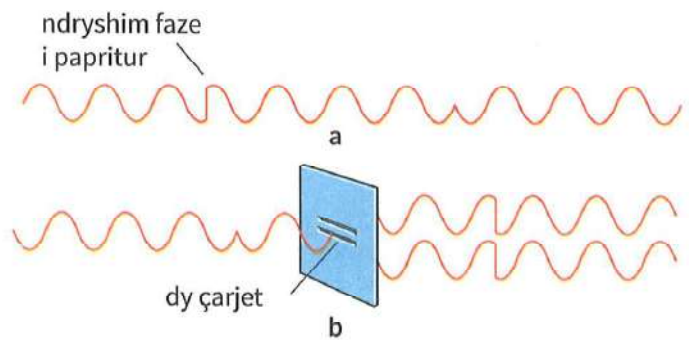


Figura 20.19 Për të marrë një tablo të qartë interference, valët duhet të jenë koherente.

PYETJE

- 5 Skiconi grafikun e zhvendosjes kundrejt kohës për secilën nga situatat që vijojnë:
 - a dy valë me amplituda të barabarta, në fazë me njëri-tjetrën;
 - b dy valë me amplituda të barabarta dhe diferencë fazash 90° ;
 - c dy valë që fillimisht janë në fazë dhe frekuenca që ndryshojnë pak.

Me ndihmën e këtyre skicave shpjegoni pse, për të vrojtuar interferencën, na nevojiten dy burime koherente valësh.

Eksperimenti i Jangut me dy çarje

Tani do të shqyrtojmë me hollësi eksperimentin e famshëm të Jangut të vitit 1801. Me këtë eksperiment ai demonstroi natyrën valore të dritës. Mbi dy çarje paralele të hapura në një barrierë pingule me të, dërgohet një tufë drite. Parimi i Hygensit thotë se çarjet shërbejnë si burime dytësore të dritës e cila mbivendoset në ekran. Aty merret tabloja e interferencës me breza të shndritshme dhe të errët.

Shpjegimi i eksperimentit

Për të marrë tablonë e interferencës na duhen dy burime koherente (në fazë) monokromatike (që emetojnë një frekuencë të vetme e të njëjtë për dy burimet). Sot kjo arrihet lehtë duke dërguar në çarje një tufë drite lazer. Kur drita mbërrin tek çarjet, ajo difragon dhe përhapet përtej tyre (figura 20.20). Tashmë kemi dritë koherente nga dy burime dhe tabloja e interferencës prej tyre merret në ekran (figura 20.21).

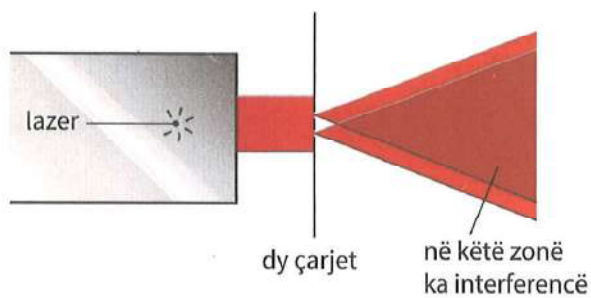


Figura 20.20 Aty ku kemi mbivendosje të tufave të dritës, marrim tablonë e interferencës.

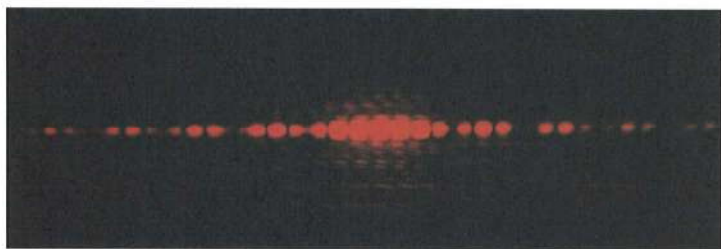


Figura 20.21 Tabloja e interferencës, e marrë me dritë lazer në dy çarje të ngushta.

Si krijohet kjo tablo? Këtu do të shqyrtojmë tri pika të ekranit (figura 20.22) dhe do të kuptojmë atë që shohim në secilën prej këtyre pikave.

Pika A

Kjo pikë është përballë pikës në mes të largësisë ndërmjet dy çarjeve. Pika A është e baraslarguar nga dy çarjet, ndaj dy rrezet që mbërrijnë aty kanë përshkuar rrugë të barabarta. Pra, diferenca e rrugëve ndërmjet dy rrezeve është zero, e po aq është edhe diferenca e fazave. Ndaj interferenca është konstruktive dhe në A do të kemi brez të ndritshëm.

Pika B

Kjo ndodhet paksa nën pikën A dhe në qendër të brezit të errët. Drita që vjen nga çarja e sipërme ka përshkuar një largësi më të madhe se ajo që vjen nga çarja e poshtme (gjysmë gjatësi vale më të madhe). Ndaj dy rrezet janë në kundërfazë dhe interferojnë në mënyrë destruktive.

Pika C

Kjo pikë ndodhet në mes të brezit tjetër të ndritshëm, me $AB=BC$. Sërish rrezja 1 ka përshkuar largësi më të madhe se rrezja 2, por tani diferenca e rrugëve është një gjatësi vale dhe diferenca e fazave është 360° . Interferenca është konstruktive.

Kështu mund të shpjegohet e gjithë tabloja e interferencës (figura 20.21).

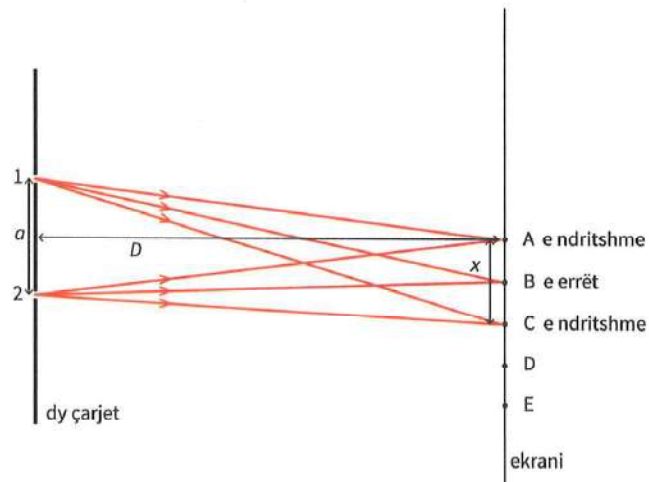


Figura 20.22 Rrezet që nisen nga çarjet përshkojnë largësi të ndryshme deri tek ekranit.

PYETJE

- 6 Shqyrtojmë pikat D dhe E të ekranit, ku $BC=CD=DE$. Shpjegoni çfarë prisni të shihni në pikat D dhe E.

Përcaktimi i gjatësisë së valës

I referohemi figurës 20.22. Shënojmë madhësitë si vijon: largësia ndërmjet çarjeve a , largësia e pikës në ekran nga mesi i tij (pika A) shënohet me x , dhe largësia nga çarjet tek ekranit D. Kujtojmë se largësia nga çarjet tek ekranit është shumë herë më e madhe se dy të tjerat.

Atëherë dy rrezet që dalin nga çarjet dhe mbërrijnë në një pikë të ekranit janë praktikisht paralele dhe diferenca e rrugëve ndërmjet tyre është $a \sin \varphi$, ku φ është këndi ndërmjet rrezes dhe horizontales. Nga ana tjetër raporti x/D na jep $\tan \varphi$. Duke qenë se këndi φ është shumë i vogël, vlen lidhja $\sin \varphi \approx \tan \varphi \approx \varphi$. Atëherë diferenca e rrugëve merr formën ax/D .

Kujtojmë se, kur diferenca e rrugëve është shumëfish i gjatësisë së valës kemi maksimum dhe kur ajo është shumëfish tek i gjysmëgjatësisë së valës, kemi minimum të interferencës. Atëherë, në pozicionin e maksimumit të rendit të parë: $\frac{ax}{D} = \lambda$. Prej këtu nxjerrim gjatësinë e valës të dritës:

$$\lambda = \frac{ax}{D}$$

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 1 Në një eksperiment me çarjet e Jangut me dritë të një lazeri helium-neon, një nxënës mori rezultatet e mëposhtme:

gjerësia e 10 brezave të ndritshëm $10x = 1.5 \text{ cm}$

largësia ndërmjet çarjeve $a = 1.0 \text{ mm}$

largësia e ekranit nga çarjet $D = 2.40 \text{ m}$

Përcaktoni gjatësinë e valës të dritës.

Hapi 1 Llogarisim largësinë ndërmjet brezave të ndritshëm:

$$x = \frac{1.5 \cdot 10^{-2}}{10} = 1.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Hapi 2 Zëvendësojmë vlerat në formulën që jep gjatësinë e valës dhe kryejmë llogaritjet:

$$\lambda = \frac{ax}{D} = \frac{1.0 \cdot 10^{-3} \cdot 1.5 \cdot 10^{-3}}{2.40} = 6.3 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 630 \text{ nm.}$$

PYETJE

- 7 Nëse nxënësi i shembullit të zgjidhur 1 e çon ekranin në largësinë 4.8m nga çarjet, sa do të bëhet largësia ndërmjet dy brezave të ndritshëm?

VEPRIMTARI PRAKTIKE 20.4: Matja e gjatësisë së valës me ndihmën e çarjeve të Jangut

Eksperimenti me çarjet e Jangut mund të shfrytëzohet për të përcaktuar gjatësinë e valës të dritës λ . Tani do të shohim disa aspekte praktike të eksperimentit dhe do të shqyrtojmë si mund të reduktohet pasiguria e matjes së λ .

Një mënyrë për ta realizuar këtë eksperiment është ajo që tregohet në figurën 20.23. Në këtë rast përdorim një burim drite të bardhë, e cila filtrohet, për të lejuar të kalojë vetëm një frekuencë. Fillimisht drita monokromatike e fituar kalon nëpër një çarje të vetme dhe një ose dy centimetra pas saj vendosen dy çarjet që do të shërbejnë si burime koherente të dritës. Eksperimenti duhet kryer në një dhomë të errët, sepse intensiteti i dritës është i ulët dhe brezat e interferencës mezi duken.

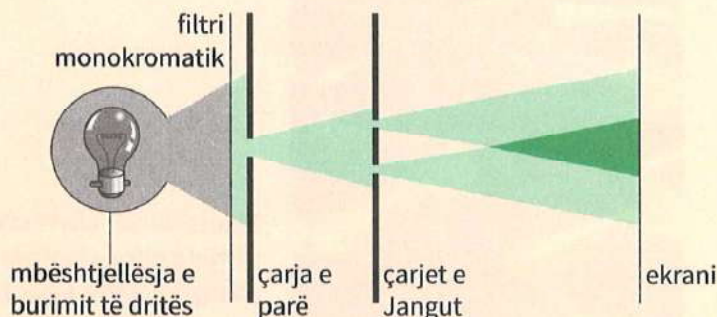


Figura 20.23 Eksperimenti për vërtetimin e interferencës së dritës.

Mënyra se si ngrihet eksperimenti ka tre faktorë të rëndësishëm:

- Gjerësia e të gjitha çarjeve është një fraksion i milimetrit. Meqë gjatësia e valës së dritës është më e vogël se mikroni, drita difragon pak kur kalon në çarje. Nëse çarjet do të ishin më të ngushta, intensiteti i dritës do të ishte shumë i ulët dhe brezat nuk do të dukeshin.
- Largësia ndërmjet dy çarjeve të Jangut është rreth 1mm. Po të rritej largësia ndërmjet tyre, brezat e interferencës do të ishin shumë afër njëri-tjetrit dhe nuk do të dalloheshin dot.
- Ekranin ndodhet rreth një metër larg çarjeve. Brezat janë qartësisht të ndarë nga njëri-tjetri dhe mjaft të dukshëm.

Matja e a , x dhe D

Matja e largësisë ndërmjet çarjeve a : duke qenë se largësia ndërmjet qendrave të tyre është e vështirë, sepse pozicioni i tyre nuk përcaktohet dot saktë, mjafton të matni largësinë ndërmjet skajeve të majta (apo të djathta) të tyre, sepse ajo është e barabartë me largësinë ndërmjet qendrave.

Matja e gjerësisë së brezave të ndritshëm x : është mirë të matni gjerësinë e disa brezave (p.sh. 10) dhe më pas të llogarisni gjerësinë. Mund të matet me vizore.

Matja e largësisë së çarjeve nga ekranin D : mund të bëhet me vizore të gjatë ose metër shirit.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 20.4: Matja e gjatësisë së valës me ndihmën e çarjeve të Jangut (vazhdim)

Reduktimi i gabimeve të matjes

Po të përdorni një lazer në vend të dritës së bardhë të filtruar, do të merrni tufë më të përqendruar dhe nuk do të jetë e nevojshme çarja e parë. Rritja e intensitetit të tufës na lejon të largojmë ekranin, e kështu të rritet largësia ndërmjet brezave; kjo ul gabimin relativ të matjes së x dhe D e kështu λ mund të matet më saktë.

Përdorimi i një lazeri ka edhe një avantazh tjetër. Drita e lazerit është monokromatike dhe kjo i bën kufijtë e brezave të mprehtë e kështu në ekran mund të shohim më shumë breza të interferencës. Kur përdorim dritë të bardhë, nga filtri del dritë që përmban një interval të gjatësive të valës. Gjatësi vale të ndryshme i kanë brezat

e ndritshëm në pozicione të ndryshme në ekran; kështu kufijtë ndërmjet tyre bëhen të paqartë.

Po të përdorim dritë të bardhë të pafiltruar, do të marrim një brez qendror të rendit zero, të bardhë (sepse aty të gjitha gjatësitë e valës mbërrijnë në fazë), por brezat e tjerë janë me ngjyra të ndara, sepse gjatësi vale të ndryshme i kanë maksimumet e interferencës në pozicione të ndryshme. Duke qenë se ngjyrat e ndryshme janë të ndara, në ekran do të shohim vetëm pak breza, sepse më tej maksimumet dhe minimumet e rendeve të ndryshme të ngjyrave të ndryshme do të mbivendosen.

PYETJE

- 8 Shpjegoni vërtetimet e mëposhtme:
 - a Kur largësia ndërmjet çarjeve zvogëlohet, brezat largohen.
 - b Brezat e ndritshëm të dritës blu janë më afër njëri-tjetrit se ata të dritës së kuqe.
 - c Në eksperimentin për matjen e gjatësisë së valës së dritës, është mirë që ekranin të vendoset sa më larg çarjeve.
- 9 Eksperimenti i interferencës kryhet me dritën e verdhë të natriumit me gjatësi vale 589nm. Largësia

ndërmjet çarjeve është 0.20mm dhe ekranin ndodhet 1.20m larg çarjeve. Llogaritni largësinë ndërmjet brezave të ndritshëm në ekran.

- 10 Në eksperimentin e çarjeve të Jangut drita e bardhë filtrohet me filtra me ngjyra të ndryshme, për të studiuar efektin e ndryshimit të gjatësisë së valës të dritës. Fillimisht u përdor një filtër i kuq ($\lambda = 600\text{nm}$) dhe largësia ndërmjet brezave u mat 2.40mm. Pastaj filtri i kuq u zëvendësua me një blu ($\lambda = 450\text{nm}$). Përcaktoni largësinë ndërmjet brezave të ndritshëm blu.

Rrjeta e difraksionit

Gërvishtjet e rrjetës së difraksionit u ngjajnë çarjeve të Jangut, por rrjeta e difraksionit ka shumë gërvishtje e jo vetëm dy. Secila prej gërvishtjeve difragon dritën rënëse. Rrjeta mund të ketë dhjetëra mijë gërvishtje në 1cm. Kur ajo ndriçohet, në ekran merret një tablo interference.

Rrjeta e difraksionit me pasqyrim konsiston në gërvishtje të bëra mbi një sipërfaqe pasqyruese; kështu drita pasqyrohet dhe difragon në këtë rrjetë. Sipërfaqja e shndritshme e një disku kompakt (CD) apo DVD është shembulli më i zakonshëm i rrjetës së difraksionit me pasqyrim. Kur i shohim ato në dritë të bardhë, do të vërejmë breza të ngjyrosur (figura 20.24). Disku ka mijëra brazda të baraslanguara në sipërfaqen e vet; ato mbajnë informacion shifror. Brezat e ngjyrosur në sipërfaqen e diskut krijohen nga difraksioni nga këto brazda.



Figura 20.24 CD-të sillen si rrjeta difraksioni me pasqyrim. Drita e bardhë pasqyrohet dhe difragon në sipërfaqen e diskut, duke na dhënë një mori ngjyrash të spektrit.

Vrojtimi i difraksionit nga rrjeta me transmetim

Në figurën 20.25 drita monokromatike e një lazeri bie pingul mbi një rrjetë difraksioni me transmetim. Përtej rrjetës formohen breza të interferencës. Ato mund të shihen në ekran si edhe në rastin e eksperimentit të Jangut. Zakonisht matet këndi ku formohen brezat e jo largësia ndërmjet tyre. Në rastin e eksperimentit të Jangut brezat janë të baraslarguar dhe këndet janë shumë të vogla. Në rastin e rrjetës së difraksionit këndet janë shumë më të mëdha dhe brezat nuk janë të baraslarguar.

Brezat shpesh quhen **maksimume të difraksionit**. Maksimumi qendror quhet i rendit zero, ai pasardhës është maksimumi i rendit të parë e kështu me radhë. Tabloja është simetrike, ndaj kemi dy maksimume të rendit të parë, dy të rendit të dytë, e kështu me radhë.

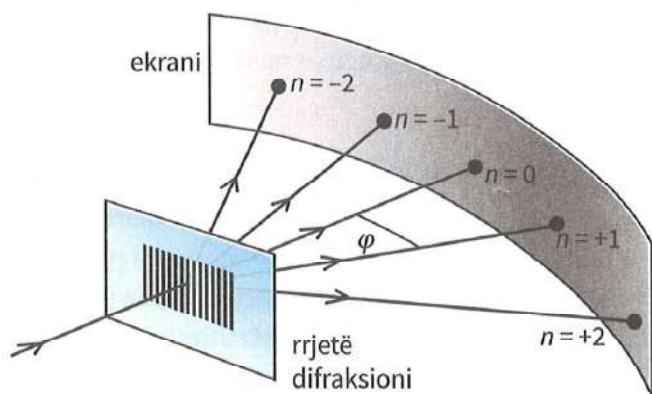


Figura 20.25 Tufat e difraguara formojnë një tablo simetrike lidhur me tufën qendrore të padifraguar.

Shpjegimi i eksperimentit

Parimi këtu është i njëjtë si në eksperimentin me dy çarjet e Jangut, vetëm se këtu drita kalon në shumë çarje. Kur mbërrin tek rrjeta, drita difragon tek gërvishtjet dhe kalon përtej tyre. Kështu që marrim shumë tufa drite që mbivendosen dhe interferojnë. Të marrësh interferencë konstruktive me shumë tufa është e vështirë, sepse ato të gjitha duhet të jenë në fazë.

Do të kemi një maksimum të qartë në drejtimin $\varphi = 0$ (maksimumi i rendit zero), sepse aty rrezet, duke qenë të padeviuara janë në fazë, ndaj interferenca është konstruktive (figura 20.26a).

Maksimumi i rendit të parë formohet si vijon: rrezet e dritës dalin nga çarjet (gërvishtjet) e ndryshme. Për të patur maksimum, të gjitha ato duhet të jenë në fazë. Në drejtimin ku shfaqet maksimumi i parë, rrezja 1 ka përshkuar rrugën më të shkurtër (figura 20.26b). Rrezja 2 ka përshkuar një rrugë që ka për gjatësi një gjatësi vale më të madhe se rrezja 1; rrezja 3 dy gjatësi vale më shumë, e

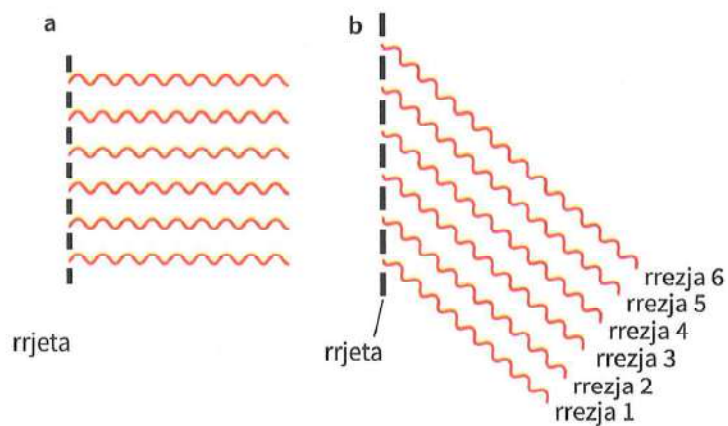


Figura 20.26 a Të gjitha valët që nuk devijojnë nga drejtimi fillestar janë në fazë. b Në drejtimet e tjera ku kemi maksimum të intensitetit, valët janë në fazë, por secila prej tyre ka përshkuar një rrugë që ndryshon nga ajo paraardhëse me një shumëfish të gjatësisë së valës.

kështu me radhë. Si përfundim rrezet që dalin nga të gjitha gërvishtjet janë në fazë dhe kështu marrim maksimum të intensitetit të dritës në ekran.

PYETJE

- Shpjegoni si krijohet maksimumi i rendit të dytë, duke shqyrtuar **diferencën e rrugëve të rrezeve të ndryshme**.

Përcaktimi i gjatësisë së valës me rrjetën e difraksionit

Thamë më sipër se, për të marrë një maksimum të intensitetit me rrjetën e difraksionit, duhet që diferenca e rrugëve ndërmjet dy rrezeve fqinje të jetë një shumëfish i plotë i gjatësisë së valës. Duke kujtuar se largësia nga rrjeta tek ekran është shumë më e madhe se largësia d ndërmjet dy gërvishtjeve, rrezet dalëse janë praktikisht paralele. Atëherë, duke shënuar me φ këndin e rrezeve me horizontalen, diferenca e rrugëve ndërmjet dy rrezeve fqinje është $d \sin \varphi$. Pra, kushti i maksimumit shkruhet në formën:

$$d \sin \varphi = n\lambda$$

Numri n merr vlera të plota dhe njihet si rendi i maksimumit. Kjo ilustron në shembullin e zgjidhur 2.

SHEMBULL I ZGJIDHUR

- 2 Drita monokromatike bie pingul mbi një rrjetë difraksioni që ka 3000 gërvishtje për centimetër. Ndarja këndore ndërmjet rendit zero dhe të parë të difraksionit është 10° . Llogaritni gjatësinë e valës të dritës rënese.

Hapi 1 Llogarisim largësinë ndërmjet gërvishtjeve d . Meqë kemi 3000 të tilla në 1cm, largësia do të jetë:

$$d = \frac{1 \text{ cm}}{3000} = 3.33 \cdot 10^{-4} \text{ cm} = 3.33 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

Hapi 2 Nxjerrim gjatësinë e valës dhe zëvendësojmë, duke patur parasysh se maksimumi i rendit të parë është në këndin 10° :

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi}{n} = \frac{3.36 \cdot 10^{-6} \cdot \sin 10^\circ}{1} = 5.8 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 580 \text{ nm}$$

PYETJE

- 12 a Për rastin e shembullit të zgjidhur 2, gjeni këndin ku do të shfaqet maksimumi i rendit të dytë ($n = 2$)?
- b Përsëritni llogaritjet e këndit ku merret maksimumi i rendit të tretë, katërt, etj. Ku ndalojnë llogaritjet? Sa maksimume merren në këtë tablo të interferencës?
- 13 Si ndryshon tabloja e difraksionit, nëse:
- a rritet gjatësia e valës?
- b marrim një rrjetë difraksioni me më shumë gërvishtje për centimetër?

PYETJE

- 14 Një nxënës përpiqet të masë saktë gjatësinë e valës së dritës së gjelbër të llambës së merkurit ($\lambda = 546 \text{ nm}$). Fillimisht ai eksperimenton me çarjet e Jangut me largësi 0.50 mm ndërmjet tyre dhe sheh se në një ekran që ndodhet në largësi 0.80 m nga çarjet merren 10 breza të qartë interference. Nxënësi mundet të masë gjerësinë e përgjithshme të brezave me saktësi $\pm 1 \text{ mm}$. Më pas ai provon të kryejë një eksperiment me rrjetën e difraksionit që ka 3000 gërvishtje në 1 cm . Këndi ndërmjet dy maksimumeve të rendit të dytë mund të matet me saktësi $\pm 0.1^\circ$.
- a Sa do të jetë gjerësia e 10 brezave që nxënësi mat në eksperimentin e parë?
- b Sa do të jetë këndi φ ku shfaqet maksimumi i rendit të dytë në eksperimentin e dytë?
- c Cili nga eksperimentet jep një vlerë më të saktë të gjatësisë së valës sipas mendimit tuaj? Pse?

Difraksioni me dritë të bardhë

Rrjeta e difraksionit mund të përdoret për të zbërthyer dritën e bardhë në ngjyrat (gjatësitë e valës) që e përbëjnë atë. Ky zbërthim i dritës njihet si **dispersion**, dhe paraqitet në figurën 20.27. (Vjet ju keni parë zbërthimin e dritës së bardhë në përbërëset e saj me anë të prizmit.) Rrjetën e ndriçojmë me dritë të bardhë. Në këndin $\varphi = 0^\circ$ vrojtohet maksimumi i rendit zero, i cili është i bardhë, sepse në atë drejtim të gjitha ngjyrat janë në fazë.

Në të dyja anët e këtij maksimumi shfaqet një seri spektrash, ku ngjyra vjollcë është më afër qendrës dhe e kuqja më larg saj. Duke patur parasysh se maksimumet merren në këndet që kënaqin barazimin:

$$\sin \varphi = \frac{n\lambda}{d}$$

VEPRIMTARI PRAKTIKE 14.5: Rrjeta e difraksionit dhe çarjet e Jangut

Ia vlen të krahasojmë përdorimin e rrjetës së difraksionit për të përcaktuar gjatësinë e valës me eksperimentin e Jangut.

- Maksimumet e marra me rrjetën e difraksionit janë shumë të mprehta.
- Maksimumet e rrjetës së difraksionit janë edhe shumë të ndritshme. Kjo ndodh sepse, në vend të kontributeve nga vetëm dy çarje, tani kemi kontribute nga një numër i madh çarjesh.
- Në eksperimentin e Jangut ka pasaktësi të madhe të

matjes së largësisë ndërmjet çarjeve. Ato janë shumë afër njëra-tjetrës, ndaj largësia ndërmjet tyre nuk mund të matet me saktësi.

- Në rrjetën e difraksionit kemi shumë gërvishtje në 1 cm , ndaj largësia ndërmjet tyre njihet me saktësi. Duke qenë se maksimumet janë të ndara mirë nga njëra-tjetra, edhe këndi ku shfaqen ato mund të matet me saktësi të lartë. Ndaj eksperimenti me rrjetën e difraksionit duhet të na japë një rezultat shumë më të saktë se ai me çarjet e Jangut.

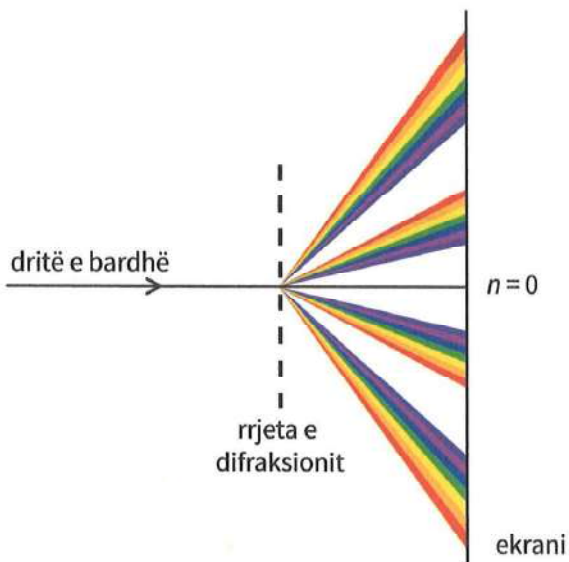


Figura 20.27 Rrjeta e difraksionit na ofron një mënyrë të thjeshtë për të zbërthyer dritën e bardhë në ngjyrat që e përbëjnë atë.

kuptojmë pse maksimumet e ngjyrave të ndryshme merren në kënde të ndryshme.

Nga ky barazim shohim se, sa më e madhe të jetë gjatësia e valës λ , aq më i madh do të jetë këndi φ ku shfaqet maksimumi. Drita e kuqe ka gjatësinë e valës më të madhe, ndaj ajo shfaqet më larg qendrës.

PYETJE

- 15** Drita e bardhë bie pingul mbi një rrjetë difraksioni me largësi ndërmjet gërvishtjeve $d=2.00\mu\text{m}$.
- Llogaritni këndin ndërmjet rrezes së kuqe dhe asaj vjollcë në maksimumin e rendit të parë. Gjatësitë e valës së dritës së dukshme janë ndërmjet 400nm dhe 700nm.
 - Shpjegoni pse spektrat e rendit të dytë dhe të tretë mbivendosen.

Përmbledhje

- Parimi i mbivendosjes thotë se, kur dy apo më shumë valë takohen në një pikë, zhvendosja rezultante është sa shuma algjebrike e zhvendosjeve të valëve të veçuara.
- Kur valët kalojnë nëpër një çarje, ato mund të difragojnë dhe të përhapen përtej çarjes. Difraksioni është më i spikatur kur gjerësia e çarjes është e krahasueshme me gjatësinë e valës.
- Interferenca është mbivendosja e valëve nga dy burime koherente.
- Dy burime quhen koherente, nëse ato emetojnë valë, diferenca e fazave e të cilave mbetet konstante. (Kjo është e mundur vetëm kur ato kanë frekuenca të barabarta.)
- Për të patur interferencë konstruktive, diferenca e rrugëve të dy rrezeve duhet të jetë një shumëfish i plotë i gjatësisë së valës.
- Për të marrë interferencë destruktive, diferenca e rrugëve duhet të jetë një shumëfish tek i gjysmëgjatësisë së valës.
- Në eksperimentin e çarjeve të Jangut merret një tablo interference me breza të ndritshëm dhe të errët. Largësia ndërmjet dy brezave të njëpasnjëshëm të ndritshëm jepet nga: $ax/D = n\lambda$.
- Rrjeta e difraksionit i ka maksimumet në kënde që kënaqin barazimin: $d \sin \varphi = n\lambda$.

Pyetje për kapitullin

- 1 a Kopjoni valët e figurës 20.28 në letër milimetrike dhe gjeni valën rezultante me ndihmën e parimit të mbivendosjes. [2]
 b Si është gjatësi a valës rezultante në raport me atë të valëve përbërëse? [1]

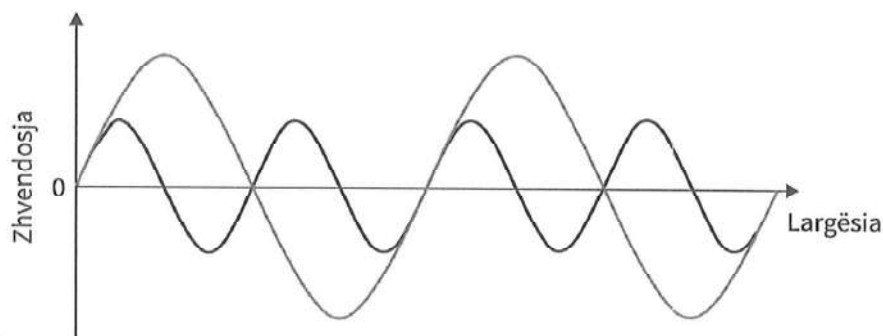


Figura 20.28 Për pyetjen 1.

- 2 Figura 20.29 paraqet një basen me ujë që përdoret për të demonstruar difraksionin e valëve në ujë.

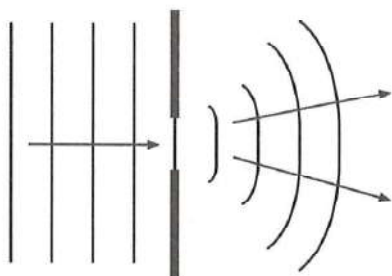


Figura 20.29 Për pyetjen 2.

Thoni si do të ndryshojë forma e valës së difraktuar, nëse:

- a rritet gjatësia e valës rënëse; [1]
 b zvogëlohet gjatësia e valës rënëse. [1]
- 3 Shpjegoni pse, në zona të largëta malore kapen sinjalet tokësore të radios, ndërsa transmetimet televizive kapen vetëm nga sateliti. [2]
- 4 Petrina dhe Luiza organizojnë një mbrëmje. Petrina thotë se po të shtojnë edhe një altoparlant që e merr sinjalin nga qendra muzikore, intensiteti i muzikës do të rritet. Luiza thotë se kjo nuk do të funksionojë, sepse në disa vende muzika do të jetë shumë e fortë, falë interferencës konstruktive, dhe në disa të tjera ajo do të jetë shumë e dobët, falë intereferencës destruktive. Kush ka të drejtë dhe pse. [2]
- 5 Sinjali me frekuencë konstante që jep gjeneratori i sinjaleve çohet në dy altoparlantë që ndodhen në largësi 1.5m nga njëri-tjetri. Një vajzë që ndodhet 8 metra larg altoparlantëve ecën sipas një vije paralele me atë që bashkon dy altoparlantët. Ajo vëren se në pika me largësi 1.2m nga njëra-tjetra zëri është shumë i dobët. Llogaritni gjatësinë e valës të tingullit. [2]
- 6 Dy gjeneratorë sinjalesh çojnë sinjale me frekuenca që ndryshojnë pak në dy altoparlantë. Pse do të dëgjojmë një tingull, fortësia e të cilit rritet dhe bie peri odikisht? [3]

- 7 Një llambë me hidrogjen jep një vijë spektrale me gjatësi vale 656nm. Llogaritni këndin në të cilin do të merren maksimumi i rendit të parë dhe të dytë nga një rrjetë difraksioni me 5000 gërvishtje në 1cm që ndriçohet me këtë dritë. [5]
- 8 a Shpjegoni çfarë kuptojmë me termin **mbivendosje**. [2]
- b Në një eksperiment me çarjet e Jangut që kryhet me dritë të verdhë me gjatësi vale 590nm (e prodhuar nga një tub shkarkimi me natrium), një nxënës vendos ekranin në largësi 1.8m nga çarjet. Ai mat largësinë ndërmjet 12 brezave dhe ajo i del 16.8mm. Llogaritni largësinë ndërmjet çarjeve. [3]
- c Çfarë ndodh nëse:
- gjerësia e çarjeve zvogëlohet (por largësia ndërmjet tyre mbetet e njëjtë); [2]
 - gjerësia e çarjeve mbahet konstante, por zvogëlohet largësia ndërmjet tyre. [2]
- 9 a Lazeri na jep dritë koherente dhe **monokromatike**. Shpjegoni kuptimin e këtyre dy termave. [2]
- b Figura 20.30 paraqet një eksperiment për të analizuar spektrin e një llambe shkarkimi me natrium me anë të një rrjete difraksioni që ka 5000 gërvishtje në 1cm. Figura 20.31 paraqet vijat spektrale që shihen në filmin fotografik pasi e zhvillojmë.

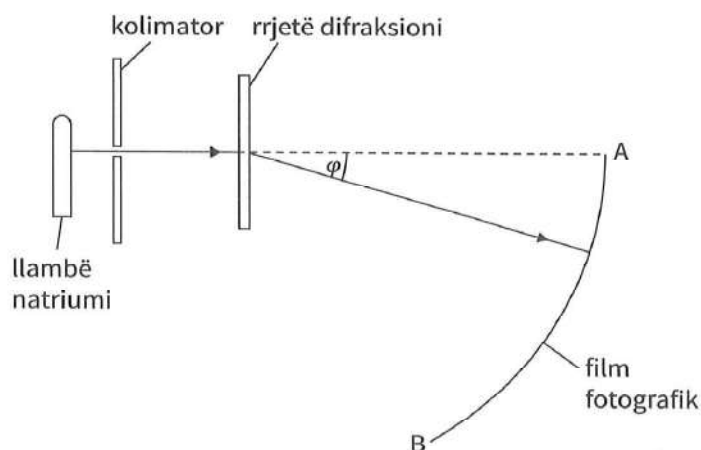


Figura 20.30 Eksperimenti i pyetjes 9.

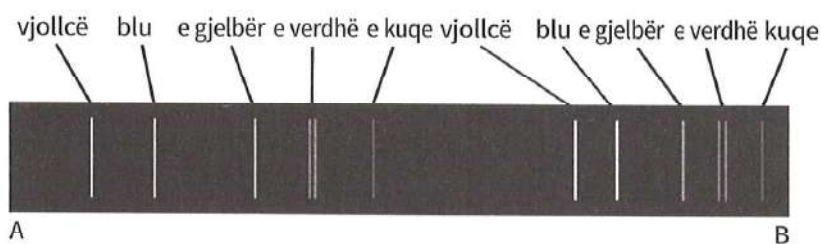


Figura 20.31 Vijat spektrale që merren në eksperiment.

- Shpjegoni pse vërohen dy spektra. [2]
- Studiojini këta dy spektra dhe vini në dukje dy dallime mes tyre. [2]
- Maksimumi i gjelbër afër skajit A merret në këndin 19.5° . Llogaritni gjatësinë e valës së dritës së gjelbër. [3]
- Llogaritni këndin ku shfaqet maksimumi i dytë i gjelbër. [2]

- 10 a Shpjegoni çfarë kuptojmë me termin **interferencë destruktive**. [2]
- b Një nxënës kryen një eksperiment për studimin e tablosë së interferencës që merret me mikrovalë me gjatësi vale 1.5cm. Aparati është ai i figurës 20.17. Largësia ndërmjet qendrave të çarjeve është 12.5cm. Detektori vendoset në pozicion qendror në largësi 1.2m nga fletët metalike, ku ai kap një maksimum. Nxënësi e zhvendos detektorin 450cm sipas vijës paralele me fletët metalike. Llogaritni sa maksimume do të kapen gjatë kësaj zhvendosjeje. [3]
- c Llogaritni frekuencën e këtyre mikrovalëve. [2]
- 11 a Shpjegoni çfarë kuptojmë me **difraksion të valëve**. [2]
- b Figura 20.32 paraqet valët që përhapen nga dy çarje të bëra në barrierën e vendosur në një basen me ujë.

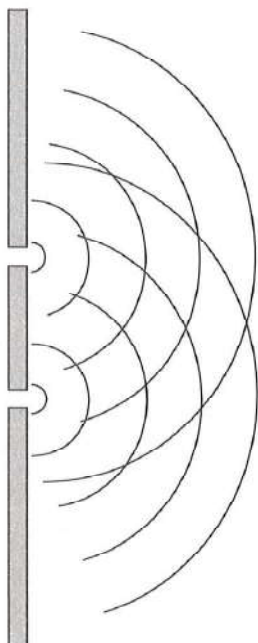


Figura 20.32 For End-of-chapter Question 11.

Bëni një kopje të figurës 20.32 dhe aty hiqni:

- i vijën që bashkon pikat ku shfaqet maksimumi qendror; shënojeni me **0**; [1]
- ii vijën që bashkon pikat ku shfaqet maksimumi i parë; shënojeni atë me **1**; [1]
- iii vijën që bashkon pikat e minimumit të parë; shënojeni atë me **min**. [1]
- c Qendrat e çarjeve ndodhen në largësinë 12cm. Në largësi 60cm nga barrierë, maksimumet e rendit të parë shfaqen 18cm larg maksimumit qendror, në të dyja anët e tij. Llogaritni gjatësinë e valës. Pranojmë se në këtë rast vlen formula e nxjerrë për valët e dritës. [3]

A detailed view of the International Space Station (ISS) in orbit above the Earth. The station's complex structure, including multiple modules, solar panel arrays, and the robotic arm, is clearly visible against the blue and white clouds of the planet. The number '317' is printed in the top left corner.

Kapitulli 21: Valët e qëndrueshme

Rezultatet e të nxënit

Duhet të jeni në gjendje të:

- demonstroni dhe shpjegoni formimin e valëve të qëndrueshme;
- identifikoni nyjat dhe barqet e valës së qëndrueshme;
- përcaktoni gjatësinë e valës zanore me ndihmën e valëve të qëndrueshme.

Ura që u shkatërrua

Figura 21.1a paraqet urën e Normandisë në Francë, në ndërtim e sipër. Kur projektojnë ura, inxhinierët duhet të marrin parasysh mundësinë që era do të shkaktojë formimin e valëve të qëndrueshme, të cilat mund të bëjnë që ura të lëkundet shumë fort. Kjo ndodhi në

tetor 1940 me të famshmen urë të Ngushticës së Takomës (Tacoma Narrows) në shtetin Uashington në SHBA. Erërat e forta bënë që ura të lëkundet me amplitudë që vinte duke u rritur, derisa u shkatërrua dhe ra (figura 21.1b).

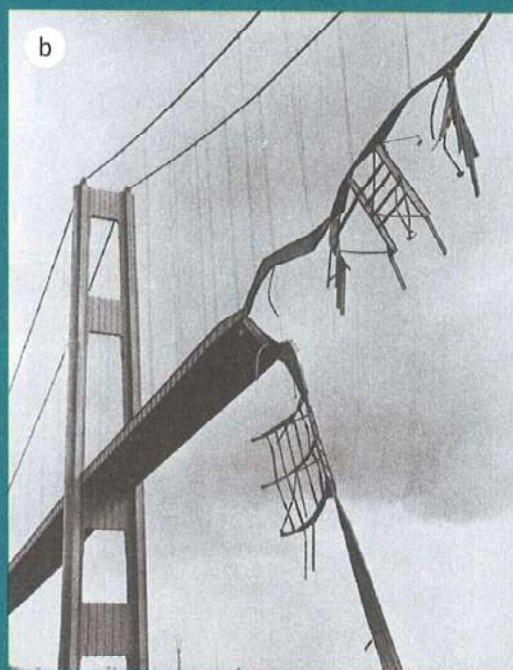


Figura 21.1 a Një urë e varur në ndërtim e sipër. b Një urë që u shkatërrua: ura e Ngushticës së Takomës.

Nga bredhëse në të qëndrueshme

Valët që kemi shqyrtuar deri tani kanë qenë valë bredhëse: ato nisen nga një burim dhe përhapen, duke mbartur energji nga një vend në një tjetër. Një klasë tjetër e valëve janë **valët e qëndrueshme**. Ato mund t'i vrojtojmë si vijon. Merrni një sustë (ose një litar apo tub gome) të gjatë. Vendoseni të shtrirë në dysheme dhe fiksoni njërin skaj. Zhvendoseni skajin tjetër pingul me sustën, në mënyrë që në sustë të krijohen valë tërthore, të cilat përshkojnë gjithë gjatësinë e sustës dhe pasqyrohen në skajin e fiksuar (figura 21.2). Po ta ndryshoni frekuencën me të cilën tundni dorën, duhet të arrini të merrni një formë të

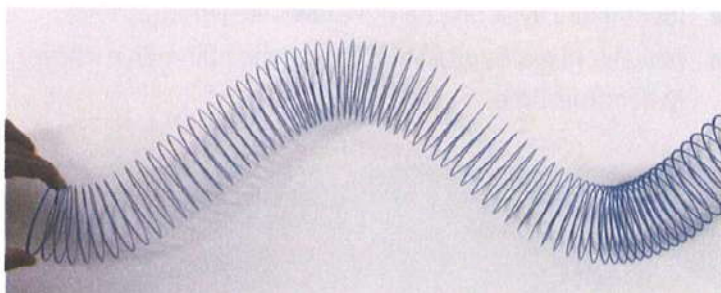


Figura 21.2 Krijimi i një vale të qëndrueshme në sustën e gjatë.

qëndrueshme të sustës, si një nga ato të figurës 21.3. Pastaj ndryshojeni frekuencën, që të krijoni një nga format e tjera.

Do të vini re se, për të marrë një nga këto forma, duhet ta tundni skajin e lirë të sustës me frekuencën e duhur. Sapo e ndryshoni pak frekuencën, vala e qëndrueshme prishet.

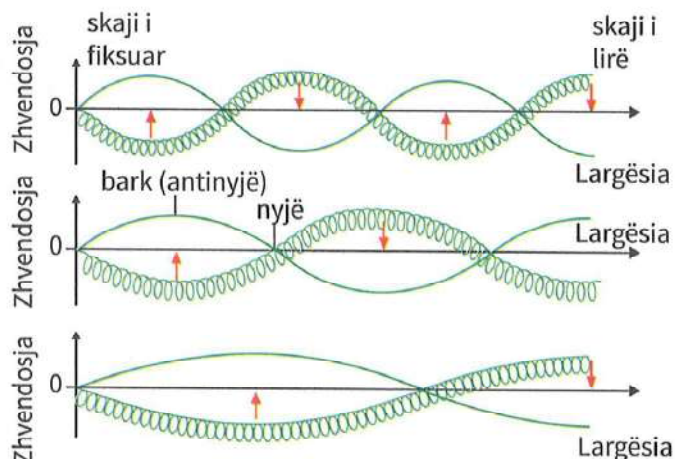


Figura 21.3 Në varësi të frekuencës së lëkundjes, mund të krijohen valë të ndryshme të qëndrueshme.

Nyjet dhe barqet

Ajo që keni vrojtuar është vala e qëndrueshme. Disa pika të sustës mbeten (pothuajse) të palëvizshme, ndërsa pikat në të dyja anët e tyre lëkunden me amplitudë maksimale. Pikat që nuk zhvendosen quhen **nyje** dhe ato që lëkunden me amplitudë maksimale quhen **barqe** (**antinyjë**). Duket qartë se profili i valës nuk zhvendoset përgjatë sustës, ndaj kjo quhet valë e qëndrueshme.

Valën e qëndrueshme e paraqesim duke vizatuar formën e sustës në dy pozicionet e saj ekstreme (figura 21.4). Susta duket si një seri leqesh, të ndarë nga nyjat. Në këtë diagram pika A zhvendoset përposhtë. Në të njëjtin çast pika B në lakun fqinj zhvendoset përsipër. Diferenca e fazave ndërmjet pikave A e B është 180° . Pra, pjesët e sustës që ndodhen në leqet fqinje zhvendosen gjithmonë në kundërfazë.

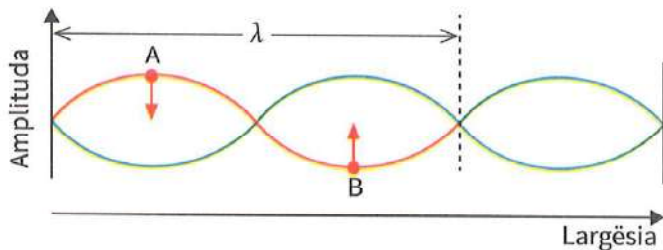


Figura 21.4 Skajet e fiksuara të sustës së gjatë duhet të jenë nyje të valës së qëndrueshme.

Krijimi i valëve të qëndrueshme

Imagjinoni një kordë të tendosur ndërmjet dy pikave të fiksuara, p.sh., një tel kitare. Po ta tërheqim e pastaj ta lëshojmë mesin e telit, në të do të krijohet një valë e qëndrueshme. Në secilin nga skajet e fiksuara kemi një nyje dhe në mes kemi një bark. Kur telin e lëshojmë pasi e kemi tërhequr, krijohen dy valë bredhëse që përhapen në kahe të kundërta. Ato pasqyrohen në skajet e fiksuara. Valët e pasqyruara mblidhen, duke na dhënë valën e qëndrueshme.

Figura 21.3 tregon si mund të krijohet vala e qëndrueshme në sustë. Kjo ndodh kur mbivendosen dy valë bredhëse me frekuencë dhe amplitudë të barabarta që përhapen në kahe të kundërta. Ky proces ilustron në figurën 21.5 me ndihmën e grafikëve të zhvendosjes kundrejt largësisë.

- Në çastin $t = 0$, valët bredhëse që përhapen në të majtë dhe në të djathtë janë në fazë. Këto valë mblidhen në mënyrë **konstruktive**, duke na dhënë një amplitudë sa dyfishi i amplitudave të secilës prej valëve përbërëse.

$T =$ perioda e valës

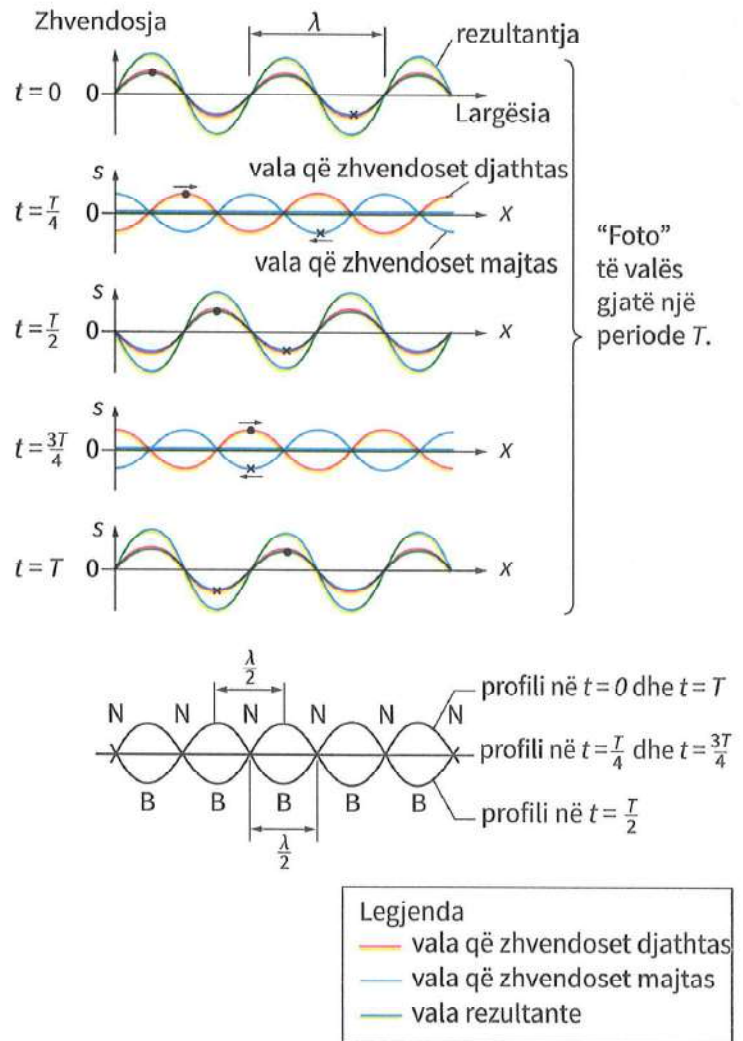


Figura 21.5 Vala blu zhvendoset majtas dhe ajo e kuqe cjathtas. Zhvendosja rezultante gjendet me ndihmën e parimit të mbivendosjes. Profili i kordës paraqitet me ngjyrë të gjelbër.

- Pas një çerek periode ($t = T/4$), secila prej valëve ka përshkuar një largësi sa çereku i gjatësisë së valës në të djathtë dhe të majtë përkatësisht. Tani dy valët janë në kundërfazë dhe mblidhen në mënyrë **destruktive**, duke na dhënë një zhvendosje të barabartë me zero.
- Pas gjysmëperide ($t = T/2$), dy valët janë sërish në fazë. Sërish interferenca e tyre është **konstruktive**.
- Pas treçerek periode ($t = 3T/4$), valët janë sërish në kundërfazë. Ato mblidhen në mënyrë **destruktive** dhe zhvendosja e valës rezultante është zero.
- Pas një periode të plotë ($t = T$), valët interferojnë në mënyrë **konstruktive**. Profili i sustës është si ai në $t = 0$.

Ky cikël përsëritet dhe susta ka nyje dhe barqe, largësia ndërmjet të cilave na tregon valët bredhëse që mblidhen dhe japin valën e qëndrueshme.

Po të shohim me kujdes grafikët e figurës 21.5, do të kuptojmë se largësia ndërmjet nyjave dhe barqeve fqinje lidhet me gjatësinë e valës bredhëse.

Konkluzioni që nxjerrim është se largësia ndërmjet dy nyjave (apo barqeve) fqinje është sa gjysma e gjatësisë së valës dhe ajo ndërmjet një nyjeje dhe barkut fqinjë me të është sa çereku i gjatësisë së valës.

Pra, duke matur largësinë ndërmjet nyjave ose barqeve fqinje, mund të gjejmë gjatësinë e valës bredhëse. Më tej, nga lidhja ndërmjet tyre, mund të përcaktojmë shpejtësinë ose frekuencën e valës bredhëse.

Duhet të vëmë në dukje se vala e qëndrueshme nuk përhapet, ndaj ajo nuk ka shpejtësi. Ajo nuk transferon energji ndërmjet dy pozicioneve të ndryshme, siç bën vala bredhëse. Në tabelën 21.1 jepen disa nga tiparet kryesore të valës bredhëse dhe asaj të qëndrueshme.

| | Vala bredhëse | Vala e qëndrueshme |
|------------------|---------------|--------------------|
| gjatësia e valës | λ | λ |
| frekuenca | f | f |
| shpejtësia | v | zero |

Tabela 21.1 Përmbledhje e karakteristikave të valës bredhëse dhe të qëndrueshme.

PYETJE

- Në një sustë që lëkundet vendosen valë të qëndrueshme. Largësia ndërmjet nyjave fqinje është 25cm. Përcaktoni:
 - gjatësinë e valës së qëndrueshme;
 - largësinë nga një nyje tek barku fqinj.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 21.1: Vrojtimi i valëve të qëndrueshme

Tani do të shohim disa eksperimente për vrojtimin e valëve të qëndrueshme: valë mekanike në korda, mikrovalë dhe valë zanore në kolona ajri.

Korda të tensionuara: eksperimenti i Meldes

Njëri skaji i kordës lidhet me një gjenerator lëkundjesh, i cili është lidhur me një gjenerator sinjalesh (figura 21.6). Skaji tjetër i kordës kalohet nëpër një rrotull dhe në të varen pesha, të cilat krijojnë tension në kordë. Kur ndizet gjeneratori i sinjaleve, korda lëkundet me amplitudë të vogël. Duke ndryshuar frekuencën, mund të marrim valë të

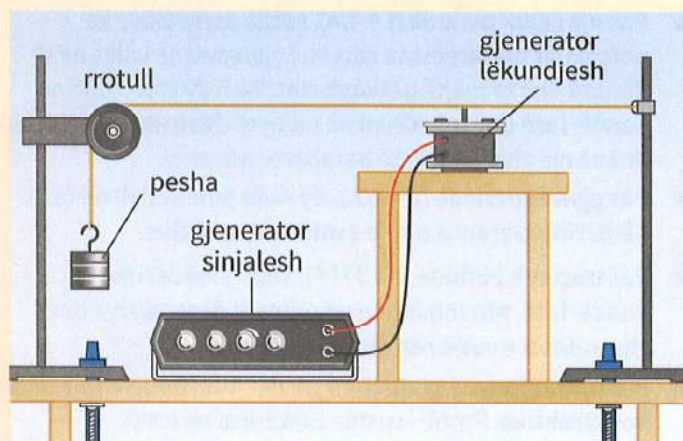


Figura 21.6 Eksperimenti i Meldes për studimin e valëve të qëndrueshme në kordë.

qëndrueshme me amplitudë më të madhe.

Skaji i kordës që kalon në rrotull nuk mund të lëkundet: aty kemi nyjë. Po ashtu, skaji i lidhur me lëkundësin zhvendoset fare pak, ndaj edhe aty kemi nyjë. Me rritjen e frekuencës, vrojtojmë fillimisht një lak (një bark), dy leqe, tre barqe, e kështu me radhë. Figura 21.7 paraqet një kordë teksa lëkundet me frekuencë të tillë që të marrim dy barqe.

Për të parë lëvizjen e kordës me këtë frekuencë (ku gjithçka na duket e turbullt), përdorim një stroboskop. Frekuencën e stroboskopit e zgjedhim të tillë që ajo të jetë pothuajse e barabartë me atë të lëkundjeve. Tani kordën e shohim “me xhiro të ngadalta” dhe kështu mundemi të shohim lëvizjen e dy barqeve fqinje.

Ky njihet si eksperimenti i Meldes dhe mund të shfrytëzohet për të studiuar efektin e ndryshimit të gjatësisë së kordës, të tensionit dhe të trashësisë së saj.



Figura 21.7 Kur krijohen valë të qëndrueshme, gjysma e kordës zhvendoset përsipër dhe tjetra përposhtë. Në këtë foto, korda zhvendoset tepër shpejt.

Mikrovalët

Fillimisht transmetuesin e mikrovalëve e drejtojmë tek një pllakë metalike, e cila i pasqyron ato, duke i kthyer mbrapsht drejt burimit (figura 21.8). E zhvendosim marrësin në hapësirën ndërmjet transmetuesit dhe pasqyruarit dhe do të vrotimi pozicione me intensitet të lartë dhe të ulët. Kjo ndodh sepse në hapësirën ndërmjet transmetuesit dhe pllakës krijohen valë të qëndrueshme dhe pozicionet me intensitet të lartë dhe të ulët janë përkatësisht barqet dhe nyjat e saj.

Meqë detektori zhvendoset përgjatë vijës që bashkon transmetuesin me pllakën, gjatësia e valës mund të përcaktohet nga largësia ndërmjet nyjave. Duke njohur shpejtësinë e përhapjes së mikrovalëve (sa ajo e dritës), mund të përcaktojmë frekuencën e tyre.

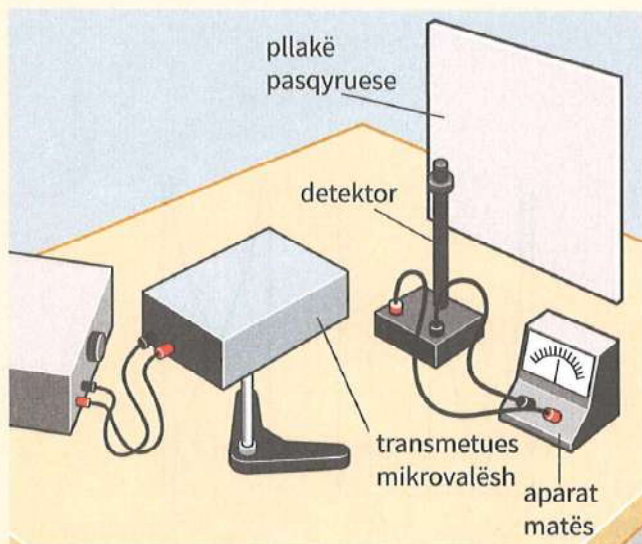


Figura 21.8 Kur mikrovalët pasqyrohen nga pllaka metalike, krijohet valë e qëndrueshme.

Kolona e ajrit me një skaj të mbyllur

Një tub qelqi (i hapur nga të dyja anët), fiksohet në mënyrë të tillë që njëri skaj të futet në një cilindër me ujë. Duke ndryshuar lartësinë ku fiksohet tubi, mund të ndryshojmë gjatësinë e kolonës së ajrit në tub (figura 21.9). Kur mbi skajin e hapur vendosim një diapazon që lëkundet, kolona e ajrit detyrohet të lëkundet dhe nota e prodhuar nga diapazoni tingëllon shumë më fort. Ky është shembulli i rezonancës dhe eksperimenti i përshkruar këtu njihet si **tub rezonance**.

Që të merret rezonanca, gjatësia e kolonës së ajrit duhet të jetë e duhura. Ajri në fund të tubit nuk mundet të lëkundet, ndaj aty kemi një nyjë. Ajri në skajin e hapur

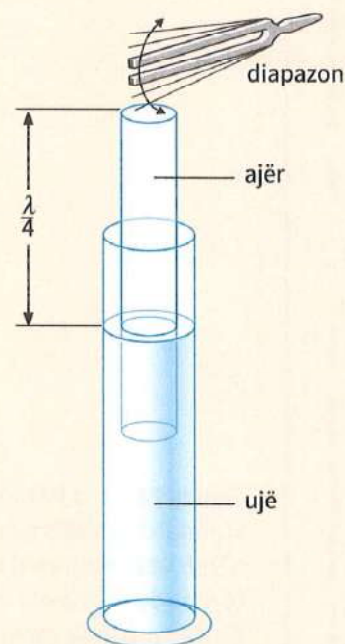


Figura 21.9 Kur gjatësia e kolonës së ajrit është e përshtatshme, në të vendosen valë të qëndrueshme.

të tubit lëkundet fare lirisht, ndaj aty kemi bark. Për këtë gjatësi e kolonës së ajrit duhet të jetë e barabartë me çerekun e gjatësisë së valës (figura 21.10a). (Gjatësia pasardhëse për të cilën merret rezonanca është sa treçereku i gjatësisë së valës (shih figurën 21.10b).

Kujdes! Mënyra si paraqiten valët zanore të qëndrueshme mund t'ju ngatërrojë. Kujtojmë se valët zanore janë gjatësore, por në diagram ato janë vizatuar si tërthore. Figura 21.11a tregon si e paraqesim valën zanore të qëndrueshme, ndërsa figura 21.11b paraqet drejtimin e lëkundjes së grimcave në të.

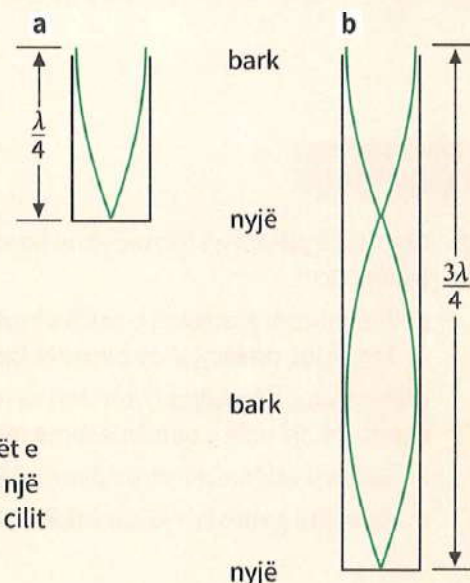


Figura 21.10 Valët e qëndrueshme në një tub, njëri skaj i të cilit është i mbyllur.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 21.1: Vrojtimi i valëve të qëndrueshme (vazhdim)

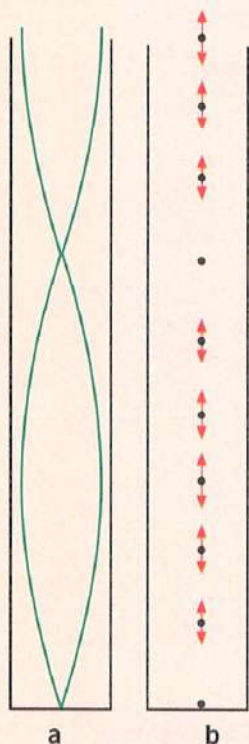


Figura 21.11 a Paraqitja standarde e valës zanore të qëndrueshme mund të na bëjë të mendojmë që ajo është valë tërthore. b Vala zanore në fakt është gjatësore dhe grimcat lëkundet si në figurë.

Kolonat e ajrit me skaje të hapura

Ajri brenda tubit me skaje të hapura do të lëkundet në mënyrë të ngjashme me atë brenda tubit të mbyllur. Merrni një tub të hapur dhe fryni lehtë pingul me njërin skaj. Do të dëgjoni një notë, toni i së cilës varet nga gjatësia e tubit. Tani mbulonni fundin tjetër me pëllëmbën e dorës dhe përsëriteni veprimin. Tani i notës që do të dëgjoni do të jetë rreth një oktave më i lartë se ai i notës që dëgjuat më parë, gjë që do të thotë se frekuenca është pothuajse sa dyfishi i asaj të mëparshme.

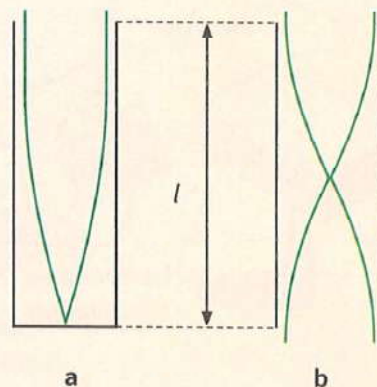


Figura 21.12 Valët e qëndrueshme zanore në a) një tub me fund të mbyllur dhe b) një tub me dy skaje të hapura.

PYETJE

- 2 Gjatësia e pjesës që lëkundet në kordën e figurës 21.7 është 60cm.
 - a Përcaktoni gjatësinë e valës së qëndrueshme dhe largësinë ndërmjet dy barqeve fqinje.
Frekuenca e lëkundjes rritet deri sa në kordë vendoset një valë e qëndrueshme me tre barqe.
 - b Skiconi valën e qëndrueshme në këtë rast.
 - c Sa është gjatësia e kësaj vale?
- 3 a Skiconi valën e qëndrueshme në eksperimentin me mikrovalë këtu më sipër. Tregoni qartë nëse tek pllaka pasqyruese kemi nyje apo bark.
 - b Largësia ndërmjet dy pikave fqinje me intensitet të lartë është 14mm.
- 4 Shpjegoni si merren dy valë identike që përhapen në kahe të kundërta në eksperimentin me mikrovalë dhe me kolonë ajri.

Valët e qëndrueshme dhe instrumentet muzikore

Tingujt e ndryshëm të instrumenteve muzikore lidhen me krijimin në to të valëve të qëndrueshme (figura 21.13). Në instrumentet me tela, si kitara, dy skajet e telave fiksohen, ndaj në këto pika kemi nyje. Kur teli ngacmohet në mes, ai lëkundet me një bark të vetëm në mesin e tij (pika ku u ngacmua). Kjo njihet si mënyra bazë e lëkundjes së telit.

Frekuenca bazë është frekuenca minimale e valëve të qëndrueshme në një tel.



Figura 21.13 Kur ngacmohet teli i kitarës, lëkundjet e tij vazhdojnë për njëfarë kohe. Këtu shihen qartë nyjat që krijohen afër skajeve të secilit prej telave.

Në instrumentet frymore kolona e ajrit vihet në lëkundje duke i fryrë dhe nota që dëgjojmë varet nga vala e qëndrueshme që vendoset aty. Duke ndryshuar gjatësinë e kolonës së ajrit (si tek tromboni), mund të ndryshojmë notën që prodhon instrumenti. Përndryshe, kemi instrumente me vrima, si klarineta apo flauti ku kur zbulohet (hapet) një vrimë që ndodhet në një pozicion të dhënë, ajri në atë pozicion mund të lëkundet lirisht (aty kemi bark) dhe kështu marrim nyja dhe barqe në pozicione të tjera.

Tingujt që prodhohen nga instrumentet përbëhen nga disa valë të qëndrueshme të ndryshme nga njëra-tjetra. P.sh. një tel kitare mund të lëkundet në mënyrë të tillë që të ketë dy barqe. Kjo bën që nota e prodhuar nga ky tel të ketë frekuencë të barabartë me dyfishin e asaj bazë. Ky tingull quhet **harmonikë** e asaj bazë. Zotësia e instrumentistit është të ngacmojë telin apo kolonën e ajrit në mënyrë që të prodhohet përzierja e dëshiruar e frekuencave.

Frekuenca e një harmonike gjithmonë është shumëfish i asaj bazë. Diagrami paraqet disa nga mënyrat e lëkundjes së një teli me gjatësi të fiksuar (figura 21.14) dhe të një kolone ajri me gjatësi të fiksuar e të mbyllur në njërin skaj (figura 21.15).

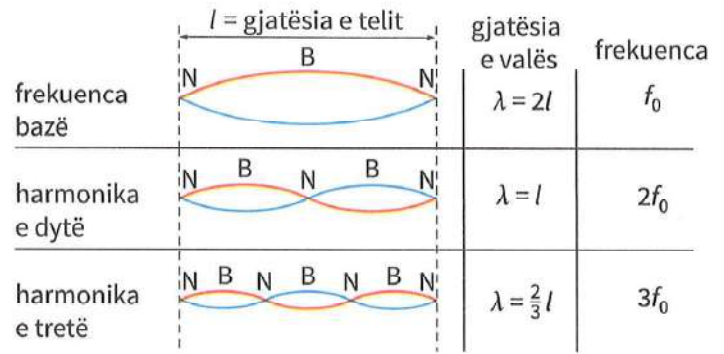


Figura 21.14 Disa nga valët e qëndrueshme që mund të vendosen në një tel me gjatësi l të fiksuar. Frekuenca e harmonikës është shumëfish i frekuencës bazë f_0 .

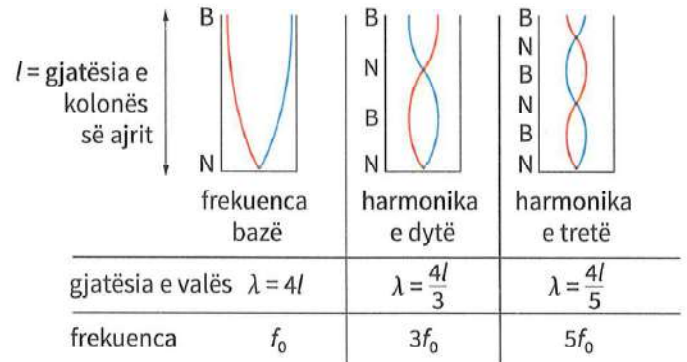


Figura 21.15 Disa nga valët e qëndrueshme të mundshme në një kolonë ajri të mbyllur në njërin skaj. Frekuenca e secilës prej harmonikave është shumëfish tek i frekuencës bazë f_0 .

Përcaktimi i gjatësisë së valës dhe shpejtësisë së zërit

Duke e ditur se nyjat apo barqet fqinje të valës së qëndrueshme ndahen nga një gjysmëgjatësi vale, mund të përcaktojmë gjatësinë e valës bredhëse. Po qe se dimë edhe frekuencën e valës, mund të gjejmë edhe shpejtësinë e tyre me ndihmën e $v = f\lambda$.

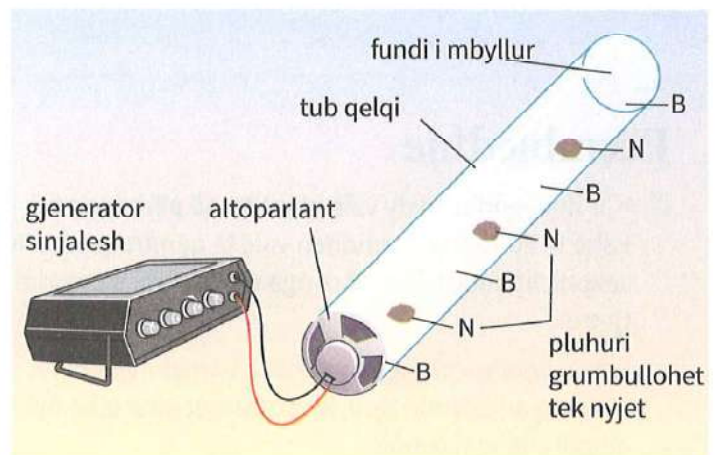


Figura 21.16 Tubi i Kundt mund të shfrytëzohet për të përcaktuar shpejtësinë e zërit.

Një metodë bazohet tek tubi i Kundit (Kundt), i paraqitur në figurën 21.16. Në një tub qelqi dërgohen valë zanore të prodhuara nga një altoparlant. Ato pasqyrohen në fundin e tubit. Kur në tub vendoset valë e qëndrueshme, pluhuri që ndodhet në pozicionet ku ka bark lëkundet fort. Ai ka tendencën të grumbullohet në nyja, ku zhvendosja e molekulave të ajrit është zero. Ndaj pozicionet e nyjave dhe të barqeve mund të shihen qartë.

PYETJE

- 5 **a** Pse është më e lehtë të përcaktohet saktë pozicioni i një nyjeje, sesa ai i një barku në eksperimentin e mësipërm.
- b** Shpjegoni pse është mirë të masim largësinë ndërmjet disa nyjave.
- 6 Për valët zanore me frekuencë 2500Hz, largësia ndërmjet dy nyjave, ndërmjet të cilave ndodhen tre barqe, është 20cm.
 - a** Përcaktoni gjatësinë e këtyre valëve.
 - b** Llogaritni shpejtësinë e zërit në ajër.
- 7 Kryhet një eksperiment me një tub rezonance. Kur frekuenca e valës zanore është 630Hz, rezonanca merret për gjatësi të kolonës së ajrit 12.6cm e më pas 38.8cm. Përcaktoni:
 - a** gjatësinë e valës së zërit;
 - b** shpejtësinë e zërit në ajër.

VEPRIMTARI PRAKTIKE 21.2: Përcaktimi i gjatësisë dhe shpejtësisë së valës me ndihmën e valëve të qëndrueshme

Kjo metodë paraqitet në figurën 21.17; aparati është njëlloj me atë të përdorur për mikrovalët në veprimtarinë praktike 21.1. Altoparlanti prodhon valë zanore, të cilat pasqyrohen nga pllaka vertikale. Mikrofonin detekton valët e qëndrueshme të zërit në hapësirën ndërmjet altoparlantit dhe pllakës; sinjali dalës prej tij shpërfaqet në oshiloskop. Po ta bëjmë zero shkallëzimin horizontal të oshiloskopit, njolla nuk do të vendoset më horizontalisht dhe do të shohim vetëm një gjurmë vertikale lartësia e së cilës na jep një ide mbi intensitetin e zërit.

Nyjat dhe barqet detektohen lehtë, duke e zhvendosur mikrofonin përgjatë vijës që lidh altoparlantin dhe pllakën. Për të patur saktësi maksimale, është mirë të masim largësinë ndërmjet disa nyjave e jo thjesht të dy nyjave fqinje.

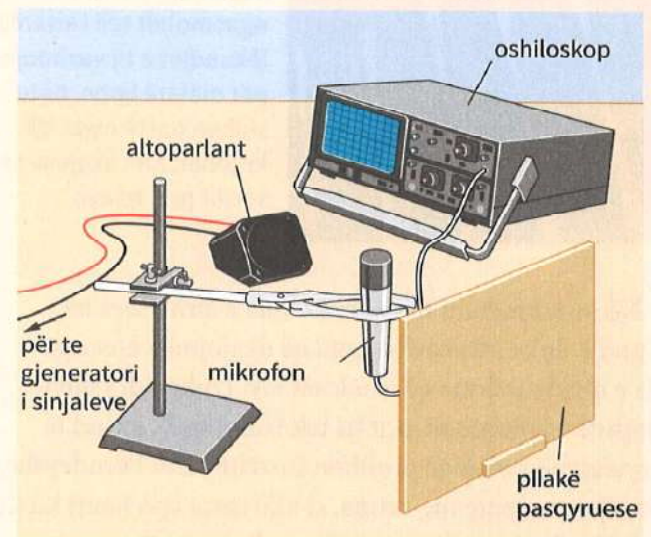


Figura 21.17 Ndërmjet altoparlantit dhe pllakës vertikale vendoset një valë e qëndrueshme.

Përmbledhje

- Kur mbivendosen dy valë identike që përhapen në kahe të kundërta, formohen valë të qëndrueshme. Kjo zakonisht ndodh kur njëra nga valët është pasqyrim i tjetrës.
- Vala e qëndrueshme ka nyje dhe barqe: nyjat janë pika me amplitudë zero, kurse barqet janë pika me amplitudë maksimale.
- Nyjat (ose barqet) fqinje ndodhen në largësi gjysmëgjatësi vale nga njëra-tjetra.
- Shpejtësia apo frekuenca e valës bredhëse llogariten pasi gjendet gjatësia e valës nga matja e largësisë ndërmjet nyjave apo barqeve të valës së qëndrueshme.

Pyetje për kapitullin

- 1 Figura 21.19 paraqet një valë të qëndrueshme në një kordë.

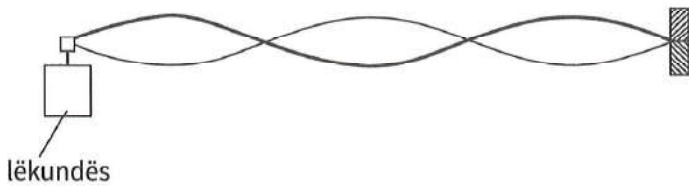


Figura 21.19 Për pyetjen 1.

- Në figurë shënoni pozicionet e nyjave (N) dhe barqeve (B). [1]
 - Shënoni gjatësinë e valës së qëndrueshme në figurë. [1]
 - Frekuenca e lëkundësit dyfishohet. Përshkruani ndryshimet e valës së qëndrueshme. [1]
- 2 Mbi një tub pothuajse plot me ujë vendoset një diapazon që prodhon një notë me frekuencë 256Hz. Më pas niveli i ujit ulet derisa dëgjohet rezonanca.
- Shpjegoni çfarë kuptojmë me termin **rezonancë**. [1]
 - Kur rezonanca dëgjohet për herë të parë, gjatësia e kolonës së ajrit mbi ujë është 31.2cm. Llogaritni shpejtësinë e valës zanore. [2]
- 3
- Tregoni **dy** ngjashmëri dhe **dy** dallime mes valëve bredhëse dhe atyre të qëndrueshme. [4]
 - Figura 21.20 paraqet një eksperiment për matjen e shpejtësisë së zërit në një kordë. Frekuenca e lëkundësit ndryshohet derisa të formohet vala e qëndrueshme e paraqitur në figurë. [4]

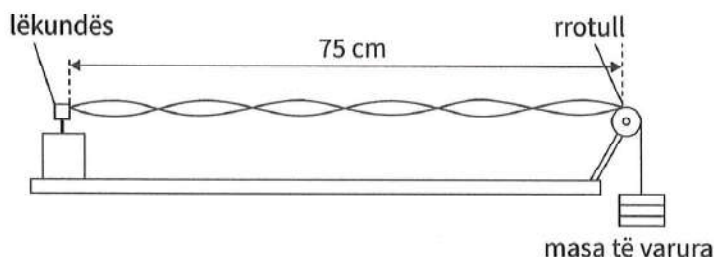


Figura 21.20 Për pyetjen 3.

- Shënoni në diagram nyjat (N) dhe barqet (B) e kësaj vale. [2]
 - Frekuenca e lëkundësit është 120Hz. Llogaritni shpejtësinë e valës në këtë kordë. [3]
- c Tani eksperimenti përsëritet me gjysmën e masës së varur në kordë. Për të marrë të njëjtën pamje të valës së qëndrueshme, frekuenca duhet të zbrësë në 30Hz. Shpjegoni pse duhet ndryshuar frekuenca, duke marrë në konsideratë shpejtësinë e valës në kordë. [2]
- 4 Figura 21.21 paraqet një valë të qëndrueshme me frekuencë 400Hz, të krijuar në tubin e mbyllur nga një altoparlant.

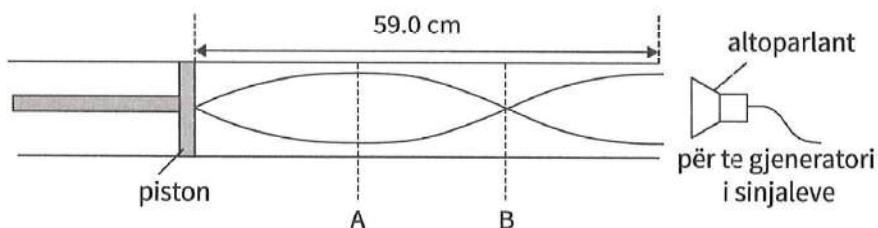


Figura 21.21 Për pyetjen 6.

a Përshkruani zhvendosjen e grimcave në pikën:

i A

ii B.

[2]

[1]

b Pistoni zhvendoset ngadalë përjashta tubit. Maksimumi tjetër i rezonancës dëgjohej kur gjatësia e kolonës së ajrit është 99.4cm.

Llogaritni shpejtësinë e zërit.

[4]

5 a Shpjegoni çfarë kuptojmë me:

i burime **koherente** të valëve;

ii **diferencë e fazave** ndërmjet burimeve.

[2]

[2]

b Një nxënës që eksperimenton me mikrovalë ndërton aparatën e figurës 21.22.

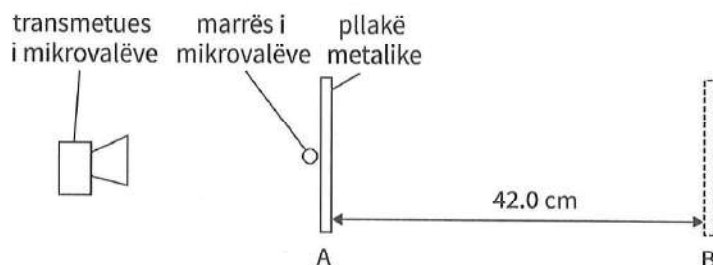


Figura 21.22 Për pyetjen 5.

Kur pllaka metalike ndodhet në pikën A, sinjali është shumë i dobët. Nxënësi e zhvendos ngadalë pllakën mbrapa, duke e lënë marrësin në të njëjtin pozicion. Ndërsa bën këtë, ai vëren se fillimisht intensiteti rritet derisa bëhet maksimal, e më pas bie sërish, duke u bërë minimal. Ky cikël përsëritet pesë herë, derisa pllaka shkon në pikën B, ku sërish kemi minimum.

i Shpjegoni pse dëgjohej një seri maksimumesh e minimumesh.

[2]

ii Llogaritni frekuencën e mikrovalëve.

[5]

c Shpjegoni pse kemi minimum kur pllaka ndodhet në pikën A, ngjitur me detektorin.

[2]

6 Figura 21.23 tregon një eksperiment për matjen e shpejtësisë së zërit në ajër.

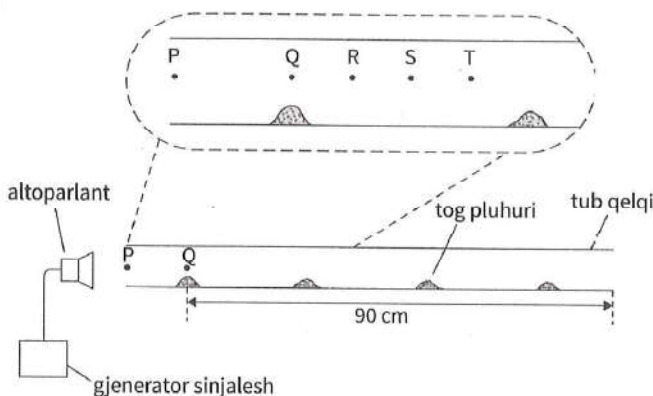


Figura 21.23 Për pyetjen 6.

Përgjatë tubit hidhet një sasi e vogël pluhuri e më pas ndizet altoparlanti. Kur frekuenca është 512Hz, pluhuri grumbullohet në togje të vegjël si në figurën 21.23.

a Përcaktoni gjatësinë e valës zanore dhe llogaritni shpejtësinë e zërit në ajër.

[3]

b Tregoni si është lëvizja e grimcave të ajrit në pikat P, Q, R, S dhe T.

[3]

c Në diagram shënoni dy pika ku lëvizja e grimcave të ajrit është në kundërfazë.

[1]