இயற்பியல்

மேல்நிலை – இரண்டாம் ஆண்டு

தொகுதி - II

பாடநூல் மேம்பாட்டுக் குழுவின் பரிந்துரையின் அடிப்படையில் திருத்தப்பட்டது.

தீண்டாமை ஒரு பாவச்செயல்

தீண்டாமை ஒரு பெருங்குற்றம்

தீண்டாமை மனிதத்தன்மையற்ற செயல்

தமிழ்நாட்டுப்
பாடநூல் கழகம்
கல்லூரிச் சாலை, சென்னை 600 006

© தமிழ்நாடு அரசு
முதல் பதிப்பு - 2005
திருத்திய பதிப்பு - 2007

குழுத் தலைவர்

முனைவர் சேது. குணசேகரன்
ரீடர்
முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை
பச்சையப்பன் கல்லூரி, சென்னை 600 030.

மேலாய்வாளர்கள்

பெ. சர்வஜன ராஜன்
தேர்வு நிலை விரிவுரையாளர் (இயற்பியல்)
அரசு கலைக் கல்லூரி
நந்தனம், சென்னை 600 035

ஸ்ரீ. கேமசரி
தேர்வு நிலை விரிவுரையாளர் (இயற்பியல்)
இராணிமேரி கல்லூரி (தன்னாட்சி)
சென்னை 600 004

முனைவர் கா. மணிமேகலை
ரீடர் (இயற்பியல்)
எத்திராஜ் மகளிர் கல்லூரி
சென்னை 600 008

G. சங்கரி
தேர்வு நிலை விரிவுரையாளர் (இயற்பியல்)
மீனாட்சி மகளிர் கல்லூரி
கோடம்பாக்கம், சென்னை 600 024

G. அன்பழகன்
விரிவுரையாளர் (இயற்பியல்)
அறிஞர் அண்ணா அரசு கலைக் கல்லூரி
விழுப்புரம்.

சு. இராசராசன்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
அரசு மேல்நிலைப் பள்ளி
கோடம்பாக்கம், சென்னை 600 024

கிரிஜா இராமானுஜம்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
அரசு மகளிர் மேல்நிலைப் பள்ளி
அசோக் நகர், சென்னை 600 083

பு. லோகநாதன்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
அரசு மகளிர் மேல்நிலைப் பள்ளி
திருச்செங்கோடு 637 211
நாமக்கல் மாவட்டம்

முனைவர் N. விஜயன்
முதல்வர்
சீயோன் மெட்ரிக் மேல்நிலைப் பள்ளி
சேலையூர்
சென்னை 600 073

முனைவர் இரா. ஹேமமாலினி
முதுநிலை விரிவுரையாளர்
(இயற்பியல்)
இராணிமேரி கல்லூரி (தன்னாட்சி)
சென்னை 600 004

நூலாசிரியர்கள்

சு. பொன்னுசாமி
உதவிப் பேராசிரியர் (இயற்பியல்),
S.R.M. பொறியியல் கல்லூரி
S.R.M. அறிவியல் மற்றும்
தொழில்நுட்ப நிலையம்
(நிகர்நிலைப் பல்கலைக் கழகம்)
காட்டாங் கொளத்தூர் 603 203

விலை: ரூ.

பாடங்கள் தயாரிப்பு : தமிழ்நாடு அரசுக்காக
பள்ளிக்கல்வி இயக்ககம், தமிழ்நாடு

இந்நூல் 60 GSM தாளில் அச்சிடப்பட்டுள்ளது.

ஆப்செட் முறையில் அச்சிட்டோர்:

தமிழ்மொழியில் ஆக்கம் செய்தோர்

ஸ்ரீ. கேமசரி
தேர்வு நிலை விரிவுரையாளர் (இயற்பியல்)
இராணிமேரி கல்லூரி (தன்னாட்சி)
சென்னை 600 004

எஸ். இளங்கோ
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர்
(இயற்பியல்)
அரசு மகளிர் மேல்நிலைப் பள்ளி
பெத்தநாயக்கன்பாளையம்,
சேலம் மாவட்டம். 636 109

ப. சுப்பிரமணியன்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர்
(இயற்பியல்)
ஸ்ரீ ராமகிருஷ்ணசாரதா மேல்நிலைப்பள்ளி,
சுப்பிரமணிய நகர்,
சேலம் - 636 005.

ஆர். நந்தகுமார்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர்
(இயற்பியல்)
புனித பால் மேல்நிலைப் பள்ளி
சேலம் - 636 007.

சு. இராசராசன்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர்
(இயற்பியல்)
அரசு மேல்நிலைப் பள்ளி
கோடம்பாக்கம், சென்னை 600 024

பு. லோகநாதன்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர்
(இயற்பியல்)
அரசு மகளிர் மேல்நிலைப் பள்ளி
திருச்செங்கோடு 637 211
நாமக்கல் மாவட்டம்

மு. பழனிவேலு
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர்
(இயற்பியல்)
அரசு மகளிர் மேல்நிலைப் பள்ளி
ஆத்தூர், சேலம் மாவட்டம் - 636102.

த. கணபதி சுப்பிரமணியன்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர்
(இயற்பியல்)
பாரதி வித்யாலயா மேல்நிலைப்பள்ளி,
மரவனேரி,
சேலம் - 636 007.

முன்னுரை

பள்ளிக்கல்வியில் மிக முக்கியமானதும் திருப்புமுனையாக அமைவதும் மேல்நிலைக் கல்வியாகும். பொதுவான கலைத்திட்டத்திலிருந்து இலக்கு நோக்கிய கலைத்திட்டத்திற்கு மாறக்கூடிய கட்டத்தில் மேல்நிலைக் கல்வி உள்ளது.

அடிப்படை அறிவியல் மற்றும் தொழிற்கல்விக்கான அடித்தளமாக இயற்பியல் பாடத்தை மாணவ மாணவியர் தேர்ந்தெடுக்கின்றனர். பொதுக் கல்வியிலும் தொழிற்கல்வியிலும் தேவையான அடிப்படை அறிவினை ஏற்படுத்த, பன்னிரண்டாம் வகுப்பிற்கான இயற்பியல் பாடநூல், புதிய கருத்துகளுடன் அனைத்துத் தலைப்புகளிலும் அடிப்படைத் தகவல்களுடன் மாற்றம் செய்யப்பட்டு வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது.

ஒவ்வொரு பாடமும் அறிமுகம் மற்றும் பாடப்பொருள் என உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. அனைத்துப் பாடங்களிலும் தெளிவான, தேவையான, சுருக்கமான விளக்கங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. பாடத்தின் இறுதியில் தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள் மற்றும் தன் மதிப்பீட்டு வினாக்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

மனப்பாடம் செய்வதைவிட கருத்துகளைப் புரிந்து கொள்வதென்பது மிக முக்கியமானதாகும். எனவே, பாடத்தை முழுமையாகப் புரிந்து கொள்ளச் செய்து மாணவ, மாணவியர் தாங்களாகவே தங்கள் எண்ணங்களை வெளிக்கொணரச் செய்வது அவசியமாகிறது. இயற்பியல் பாடத்தை ஆர்வமுடன் கற்கும் வகையில் இப்பாட நூலில் வாழ்க்கையுடன் தொடர்புடைய பயன்பாடுகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

ஆய்வு செய்யும் திறன்களையும் உற்றுநோக்கும் திறன்களையும் மாணவ மாணவியரிடத்தில் வளர்க்க முக்கியத்துவம் அளிக்கப்பட்டுள்ளது. அவர்களின் கற்றல் அனுபவங்கள் சமூக முன்னேற்றத்திற்கு உதவும் என நம்புகிறோம்.

இப்பாடநூலின் சிறப்புக் கூறுகள்.

● புதிய தகவல்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

● படங்கள் தெளிவாக வரையப்பட்டுள்ளன.

● மாணவ மாணவியரின் காரணமறியும் திறனை வளர்க்கும் விதத்தில் தன்மதிப்பீட்டு வினாக்கள் (மாதிரிகள் மட்டுமே) கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

தேர்விற்கு ஆயத்தம் செய்யும் போது. மாணவ மாணவியர் தன்மதிப்பீட்டுப் பகுதியில் உள்ள வினாக்கள் / கணக்குகள் மட்டுமல்லாமல், பாடநூல் / பாடத்திட்டத்திலிருந்தும் கேட்கப்படக்கூடிய வினாக்கள் மற்றும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தப்படுத்திக் கொள்ள வேண்டும்.

முனைவர் சேது. குணசேகரன்
குழுத்தலைவர்

பொருளடக்கம்

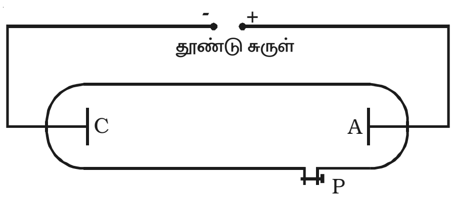
		பக்கம்
6.	அணு இயற்பியல்	1
7.	கதிர்வீச்சு மற்றும் பருப்பொருளின் இரட்டைப் பண்பு மற்றும் சார்பியல் தத்துவம்	55
8.	அணுக்கரு இயற்பியல்	82
9.	குறைக்கடத்தி சாதனங்கள் மற்றும் அவற்றின் பயன்பாடுகள்	133
10.	தகவல் தொடர்பு அமைப்புகள்	206
	பின்னிணைப்பு	249
	மடக்கை அட்டவணைகள்	254

6. அணு இயற்பியல்

வளியமுத்தத்தில் காற்று மற்றும் இதர வாயுக்கள் (வளிமங்கள்) மின்னோட்டத்தினைக் கடத்தாத அரிதிற் கடத்திகளாகும். வாயுக்களில் கட்டற்ற மின்னூட்டங்கள் கொண்ட துகள்கள் இல்லாமையே இதற்குக் காரணமாகும். வாயுவில், மின்னூட்டம் கொண்ட துகள்கள் உருவாக்கப்பட்டால், மின்னோட்டத்தினை தன் வழியே அனுமதிக்கும். இதனைப் பல்வேறு முறைகளில் பெறலாம், அவை **(i)** குறை வழுத்தமுள்ள வளிமத்தின் வழியே அதிக மின்னழுத்த வேறுபாடு நிறுவப்படுதல் **(ii)** வளிமத்தின் வழியே X–கதிர்களைச் செலுத்துதல் ஆகும்.

வளிமங்களின் வழியேயான மின்போக்கு நிகழ்வு பற்றிய ஆய்வு, அணுக்களின் கட்டமைப்பு பற்றிய முக்கியக் கருத்துகளைத் தெளிவாகக் கூறுகிறது. J.J.தாம்சன் என்பவர் எலக்ட்ரானையும், பின்னர் ராண்ட்ஜன் என்பவர் X-கதிர்களையும் கண்டுபிடிக்க இந்நிகழ்ச்சி உதவியது.

6.1 குறைந்த அழுத்தத்தில் வளிமங்களிடையே மின்னிறக்கம் - எலக்ட்ரான்கள் கண்டுபிடிப்பு



படம் 6.1 மின்னிறக்கக் குழாய்

வளிமங்களின் வழியே மின்னோட்டம் நிகழ்வது பற்றிய ஆய்விற்குப் பயன்படும் எளிய அமைப்பு மின்னிறக்கக் குழாய் (discharge tube) ஆகும். இது 50 cm நீளமும், 4 cm விட்டமும் கொண்ட, வாயு நிரப்பப்பட்ட, மூடப்பட்ட, தடித்த கண்ணாடிக் குழாயாகும். இதன் இரு முனைகளிலும் C, A என்ற இரண்டு மின்வாய்கள் (படம் 6.1) பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இதன் பக்கக் குழாய் P-ல் வெற்றிடமாக்கும் இறைப்பானும் **(pump)**, குறையமுத்த அளவியும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இரண்டு மின்வாய்களும் திறன்மிக்க தூண்டுச் சுருளின் துணைச் சுருளுடன் இணைக்கப்பட்டு 50000 V மின்னழுத்த வேறுபாடு நிறுவப்படும். தூண்டு சுருளின் எதிர்மின்வாயுடன் இணைக்கப்படும் மின்வாய், கேத்தோடு (C) எனவும், நேர்மின்வாயுடன் இணைக்கப்படும் மின்வாய், ஆனோடு (A) என்றும் அழைக்கப்படும்.

வெற்றிடமாக்கும் இறைப்பான் மூலம் மின்னிறக்கக் குழாயிலுள்ள வாயுவின் அழுத்தம் குறைக்கப்பட்டு, 110 mm பாதரச அழுத்தத்தில் இருக்கும் போது மின்னிறக்கம் (மின்போக்கு) நிகழ்வதில்லை. 100 mm பாதரச அழுத்தத்தில் சீரற்ற ஒளி வரிகளுடன், சடசட ஒலியுடன் மின்போக்கு துவங்கும். அழுத்தமானது 10 mm பாதரச

அழுத்தத்திற்கு குறைக்கப்படும்போது சீரற்ற ஒளிவரிகள் நீண்டு ஆனோடிலிருந்து கேத்தோடு வரை ஒளித்தம்பம் தோன்றும். இது நேர்மின்தம்பம் (Positive column) எனப்படும். அழுத்தத்தினை மேலும் 0.01 mm பாதரச அழுத்தத்திற்குக் குறைக்கும் போது நேர்மின் தம்பம் மறைந்து, குழாய் முழுவதும் குரூக் இருள்வெளியால் நிரப்பப்படும். இந்நிலையில் குழாயின் சுவர்கள் பச்சை நிறத்தில் ஒளிரும். இறுதி நிலையாக மின்னிறக்கக் குழாயில் தோன்றும் பச்சை நிறப் பொலிவு, கேத்தோடிலிருந்து வரும் கட்புலனாகாத ஒருவகைக் கதிர்களால் உண்டாகின்றது. (இப்பாடநூலின் அட்டைப் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது). இக்கதிர்கள் கேத்தோடுக் கதிர்கள் என்றழைக்கப்பட்டன. இவையே பின்னர், எலக்ட்ரான்கள் எனக் கண்டறியப்பட்டன.

6.1.1 கேத்தோடுக் கதிர்களின் பண்புகள்

(i) கேத்தோடுக் கதிர்கள் நேர்க்கோட்டில் செல்கின்றன.

(ii) இக்கதிர்களுக்கு உந்தமும், ஆற்றலும் உண்டு.

(iii) பொருள்களின் மீது விழும்போது, வெப்பத்தினை உண்டாக்கும்.

(iv) கேத்தோடுக் கதிர்கள் கனிமப் பொருள்கள், படிகங்கள், பல உப்புகளின்மீது விழும்போது ஒளிர்தலை நிகழ்த்தும்.

(v) கேத்தோடுக் கதிர்கள், அதிக நிறை எண் கொண்ட பொருள்களின்மீது மோதும்பொழுது X-கதிர்களை உண்டாக்கும்.

(vi) கேத்தோடுக் கதிர்கள், வாயுக்களை அயனியாக்கும்.

(vii) கேத்தோடுக் கதிர்கள் புகைப்படத் தகடுகளைப் பாதிக்கும்.

(viii) மின்புலம், காந்தப்புலத்தால் கேத்தோடுக் கதிர்கள் விலக்கப்படும், மேலும், விலக்கப்படும் திசையிலிருந்து, இத்துகள்கள் எதிர்மின்னூட்டம் கொண்டவை என அறிய முடிகிறது.

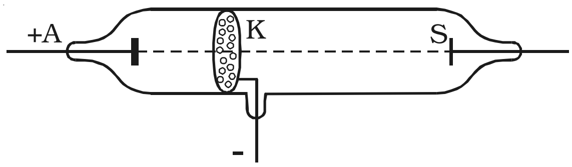
(ix) கேத்தோடுக் கதிர்கள், ஒளியின் திசைவேகத்தில் (1/10) பங்கு திசைவேகத்துடன் இயங்கும்.

(x) கேத்தோடுக் கதிர்கள் எல்லா அணுக்களிலும் இடம்பெறும் அடிப்படைத் துகள்களான எலக்ட்ரான்கள் ஆகும்.

6.1.2 நேர்மின் கதிர்கள் அல்லது புழைக்கதிர்கள்

1986ல் ஜெர்மனியைச் சார்ந்த இயற்பியல் அறிஞர் E. கோல்டுஸ்டீன் என்பவர் மின்னிறக்கக் குழாயினைக் கொண்டு ஆய்வுகள் மேற்கொண்ட போது, குழாயில், துளைகளுடைய கேத்தோடிற்குப் பின்புறமாகச் செல்லும் துகள் கற்றையைக் கண்டு பிடித்தார் (படம் 6.2). இந்த மின்னிறக்கக் குழாய், ஆனோடு (A), துளையிடப்பட்ட கேத்தோடு (K) மற்றும் ஒளிர்திறை (S) ஆகியவற்றைக் கொண்டது. 1 mm பாதரச அழுத்தத்தில் கேத்தோடிற்குப் பின்புறமாக, கேத்தோடுக் கதிர்களுக்கு எதிரான திசையில் பொலிவுமிக்க துகள்கள் இயங்குவது கண்டறியப்பட்டது. இத்துகள்கள் கேத்தோடிலுள்ள துளைகள் வழியே சென்று நேர்கோட்டில் வெளியேறுவதால் இவை புழைக்கதிர்கள்

எனப்பட்டன. இவை கேத்தோடுக் கதிர்களுக்கு எதிரான திசையில் இயங்கும். மின்புலம், காந்தப் புலத்தால் ஏற்படும் விலகலைக் கொண்டு இவை நேர் மின்னூட்டம் கொண்டவை என அறியப் பட்டது. பொதுவாக புழைக் கதிர்கள் நேர்மின் கதிர்கள் என்றழைக்கப்படும்.



படம் 6.2 புழைக்கதிர்கள் உண்டாக்குதல்

புழைக் கதிர்களின் பண்புகள்

(i) மின்போக்குக் குழாயிலுள்ள வாயுவின் நேர்மின் அயனிகளே புழைக் கதிர்களாகும். ஒவ்வொரு அயனியின் நிறையும் வளிமத்தின் (வாயுவின்) அணுவின் நிறைக்கு ஏறத்தாழ சமம்.

(ii) மின்புலம், காந்தப்புலத்தால் புழைக்கதிர்கள் விலக்கப்படும். இவற்றின் விலகல் கேத்தோடுக் கதிர்களின் விலகலுக்கு எதிர் திசையில் உள்ளது.

(iii) புழைக்கதிர்கள் நேர்க்கோட்டில் செல்கின்றன.

(iv) புழைக்கதிர்கள் கேத்தோடுக் கதிர்களை விடக் குறைந்த திசைவேகத்தில் செல்லும்.

(v) புழைக்கதிர்கள் புகைப்படத் தகடுகளைப் பாதிக்கும்.

(vi) புழைக்கதிர்கள் ஒளிர்தலை உண்டாக்கும்.

(vii) இவை வாயுக்களை அயனியாக்கும்.

6.1.3 எலக்ட்ரானின் மின்னூட்ட நிறைத் தகவு (e/m) காணல் - தாம்சன் முறை

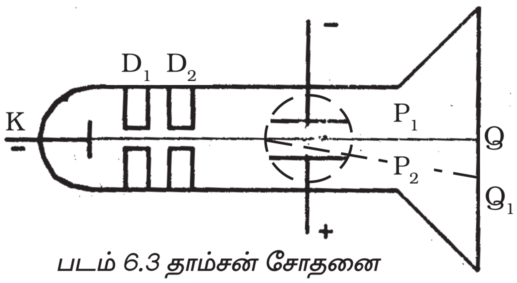
1887-ல் **J.J.** தாம்சன் என்பவர் எலக்ட்ரானின் மின்னூட்ட நிறைத் தகவினை (e/m) கணக்கிட்டார். ஓரலகு நிறைக்கான மின்னூட்டமே, மின்னூட்ட நிறைத்தகவு எனப்படும். எலக்ட்ரானின் (e/m) மதிப்பு வளிமத்தினையோ அல்லது மின்வாய்களையோ சார்ந்திருப்பதில்லை என தாம்சன் கண்டறிந்தார்.

தத்துவம்

கேத்தோடுக் கதிர்களை (எலக்ட்ரான்களை) மின்புலத்தாலும், காந்தப்புலத்தாலும் விலகலடையச் செய்யும் தத்துவம் இம்முறையில் பயன்படுகிறது.

ஆய்வுக் கருவியின் அமைப்பு:

உயர் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட மின்னிறக்கக் குழாயில் (படம் 6.3) கேதோடிற்கும் D_1 மற்றும் D_2 என்ற ஆனோடுகளுக்கும் இடையில் கேதோடுக் கதிர்கள் (எலக்ட்ரான்கள்) ஏற்படுகின்றன. ஆனோடுத் தட்டுகளில் உள்ள ஊசிமுனைத் துவாரங்கள் வழியே, மெல்லிய கற்றையாக வெளிவரும் கேதோடுக் கதிர்கள், P_1 மற்றும் P_2 என்று ஒரு இணையான உலோகத் தட்டுகளுக்கிடையே சென்று, குழாயின் முகப்புத் தட்டின்மீது



படம் 6.3 தாம்சன் சோதனை

படுகின்றன. முகப்புத் தட்டின் மீது ஒளிர் பாருள் பூசப்பட்டுள்ளது. எனவே, Q என்ற புள்ளியில் ஒளிப்புள்ளி ஏற்படுகிறது. P_1 மற்றும் P_2 தகடுகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு (V) செயல்படுத்தப்படின், எலக்ட்ரான் கற்றையானது Q_1 என்ற புள்ளிக்கு விலக்கமடைகிறது. ஒரு சோடி கம்பிச் சுருள்களைக் கொண்டு, P_1-க்கும் P_2-க்கும் இடைப்பட்ட பகுதியில் தாளின் தளத்திற்கு நேர்குத்தாகவும், வெளிநோக்கியவாறும் சீரான காந்தப்புலம் செயல்படுத்தப்படுகிறது.

விளக்கம்:

1. v-ஐ கணக்கிடுதல்

P_1, P_2 தகடுகளுக்கிடையில், குறிப்பிட்ட மின்புலம் (E) உள்ளபோது, காந்தத் தூண்டலின் (B) மதிப்பு சரிசெய்யப்பட்டு, எல்க்ட்ரான் கற்றையான தொடக்கநிலையான Q-யை அடையுமாறு செய்யப்படுகிறது. அதாவது, மின்புலத்தினால் ஏற்படும் கீழ்நோக்கிய விசையும் (Ee), காந்தப்புலத் தூண்டலால் ஏற்படும் விசையும் (Bev) சமமாக உள்ளன. (e என்பது கேதோடுக் கதிர் துகளின் மின்சுமை மற்றும் v என்பது துகளின் திசைவேகம்).

$$Ee = Bev$$

$$v = \frac{E}{B} \qquad \ldots(1)$$

2. *e/m*-ஐ கணக்கிடுதல்

தற்போது, காந்தத்தூண்டல் நிறுத்தப்படுகிறது. மின்புலத்தினால் மட்டும் ஏற்படும் விலக்கம் $QQ_1 = y$ அளிவிடப்படுகிறது. கேதோடுக் கதிர்கள், P_1க்கும் P_2க்கும் இடையில் நுழையும் கணத்தில்,

அதன் கீழ்நோக்கிய தொடக்க திசைவேகம், $u = 0$

கீழ்நோக்கிய முடுக்கம், $a = \frac{Ee}{m}$,

(m என்பது கேதோடுக் கதிர் துகளின் நிறை)

l என்பது தகடுகளின் நீளம் எனில், மின்புலத்தைக் கடக்க எலக்ட்ரானுக்கு ஆகும் காலம், $t = \frac{l}{v}$

கீழ்நோக்கிய திசையில் கேதோடுக் கதிர்கள் அடைந்த விலக்கம்,

$$y_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{Ee}{m}\right)\left(\frac{l}{v}\right)^2 \text{.... (2)}$$

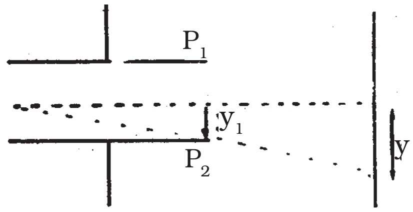
சமன்பாடு (1), சமன்பாடு (2)ல் பிரதியிடப்பட,

$$y_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{Ee}{m}\right)\left(\frac{l^2}{E^2}\right)B^2 = \frac{1}{2}\frac{e}{m}\frac{l^2B^2}{E}$$

படம் 6.4ல் காட்டப்பட்டவாறு, முகப்புத் திரையில் ஒளிப்புள்ளி அடைந்த விலக்கம்,

$$y = K\,y_1$$

இங்கு K என்பது மின்னறக்கக் குழாயின் வடிவியல் மாறிலியாகும்.



படம் 6.4 மின்புலத்தில் எலக்ட்ரானின் இயக்கம்

y_1-மதிப்பை பிரதியிட,

$$y = K\,\frac{1}{2}\frac{e}{m}\frac{l^2B^2}{E} \text{ ...(3)}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{2yE}{Kl^2B^2} \qquad \text{...(4)}$$

அறியப்பட்ட மதிப்புகளைப் பிரதியிட, e/m மதிப்பினைக் கணக்கிடலாம். இச்சோதனையில் எலக்ட்ரானின் (e/m) மதிப்பு 1.7592×10^{11} C kg^{-1} எனக் கணக்கிடப்பட்டது.

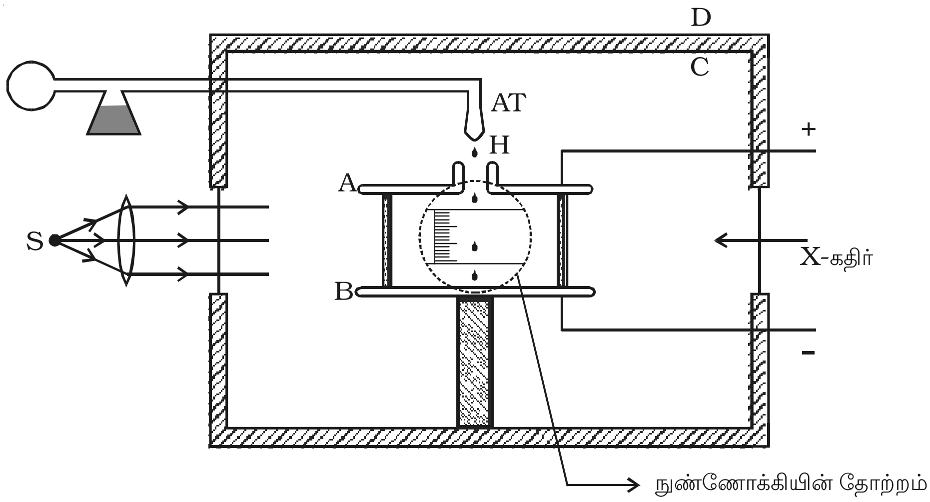
குறிப்பு: சீரான காந்தப்புலத்தை, எலக்ட்ரான் கற்றைக்கு செங்குத்தாக செயல்படுத்துவதன் வாயிலாகவும், எலக்ட்ரானின் e/m-ஐ மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

6.1.4 எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் காணல் - மில்லிக்கனின் எண்ணெய்த் துளி ஆய்வு

மில்லிக்கனின் சோதனை எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டத்தினைக் கணக்கிட உதவும்.

தத்துவம்

ஈர்ப்பு விசையால் தானாக விழுகின்ற மின்னூட்டமற்றத் துகளின் இயக்கத்தினையும், சீரான மின்புலத்தில் மின்னூட்டம் பெற்ற துகளின் இயக்கத்தினையும் ஆராய்வதே இம்முறையின் தத்துவமாகும். சீரான மின்புலத்தினைத் தகுந்தவாறு சரிசெய்வதன் மூலம் எண்ணெய்த் துளியினை மேல்நோக்கியோ அல்லது கீழ்நோக்கியோ இயக்கலாம் அல்லது நீண்டநேரம் நிலையாக நிற்கச் செய்து, காட்சிப் பதிவுகளைச் செய்யலாம்.



படம் 6.5 மில்லிக்கனின் ஆய்வு

ஆய்விற்கான அமைப்பு

ஆய்வு அமைப்பானது 22 cm விட்டமும் 16 mm இடைத் தொலைவும் கொண்ட A, B என்ற இரண்டு கிடைமட்ட உலோகத் தகடுகளைக் கொண்டது (படம் 6.5). மேல் தகட்டின் மையத்தில் H என்ற துளை உள்ளது. இரண்டு தகடுகளும் கண்ணாடி அல்லது எபொனைட் தண்டுகளால் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக இருக்குமாறு வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

தகடுகளைச் சுற்றி மாறாத வெப்பநிலை கொண்ட நீர்ச் சுழலும் (D), உலர்காற்று கொண்ட C என்ற கூடமும் காணப்படுகிறது. தகடுகள், 10,000V மின்னழுத்த வேறுபாடு தரும் மின்கலனுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

கருத்தியல் விளக்கம்

கிளிசரின் போன்ற அதிக பாகுநிலை எண் கொண்ட எண்ணெய், நுண்ணிய திவலைகளாக, எண்ணெய்த் தெளிப்பான் AT மூலம் தகட்டிலுள்ள H என்ற துளையின் மேற்பகுதியில் தெளிக்கப்படுவதால், அவை A, Bக்கிடையே உள்ள இடைவெளியில் நுழையும். இத்திவலைகள் வில்விளக்கு L ஒன்றிலிருந்து வரும் ஒளியால் ஒளியூட்டப்படுகின்றன. கண்ணருகு அளவியில் மைக்ரோமீட்டர் அளவுகோல் பொருத்தப்பட்ட நுண்ணோக்கியின் மூலம் திவலைகள் நோக்கப்படுகின்றன. ஈர்ப்பின் காரணமாக கீழ்நோக்கி இறங்கும் போது, ஒரு திவலை நுண்ணோக்கியால் நோக்கப்படுகிறது. இத்திவலை மீது செயல்படும், காற்றின் பாகுநிலை விசை அதிகமாவதால் சீரான முற்றுத் திசைவேகத்தினை *(υ)* அடைகின்றது, இதனை நுண்ணோக்கியின் மூலம் அளக்கலாம்.

(i) புவியீர்ப்பு விசையால் இயக்கம்

எண்ணெய்த் திவலை மீது செயல்படும் கீழ்நோக்கிய ஈர்ப்பின் விசை $mg = \frac{4}{3}\pi a^3 \rho g$. இதில் a என்பது எண்ணெய்த் துளியின் ஆரம், ρ என்பது எண்ணெயின் அடர்த்தி, g என்பது ஈர்ப்பின் முடுக்கம் ஆகும்.

வெளியேற்றப்படும் காற்றினால் எண்ணெய்த் திவலையின் மீது செயல்படும் மேல்நோக்கிய செங்குத்து விசை $\frac{4}{3}\pi a^3 \sigma g$, இங்கு σ-என்பது காற்றின் அடர்த்தி.

$\therefore$ எண்ணெய்த் திவலையின்மீது செயல்படும் கீழ்நோக்கிய நிகர விசை

= திவலையின் எடை - மேல்நோக்கிய செங்குத்து விசை

$$= \frac{4}{3}\pi a^3 \rho g - \frac{4}{3}\pi a^3 \sigma g$$

$$= \frac{4}{3}\pi a^3 (\rho - \sigma) g \qquad \ldots(1)$$

எண்ணெய்த் திவலையானது v என்ற முற்றுதிசைவேகத்தினைப் பெறுவதால், அதன் மீது செயல்படும் கீழ்நோக்கிய நிகர விசையானது திவலையின் இயக்கத்திற்கு எதிராக செயல்படும் பாகுநிலை விசைக்குச் சமம்.

ஸ்டோக் விதியின்படி, திவலை மீது செயல்படும் பாகுநிலை விசை $6\pi a \eta v$. இங்கு η என்பது காற்றின் பாகுநிலை எண்

$$\frac{4}{3}\pi a^3 (\rho - \sigma) g = 6\pi a \eta v \qquad \ldots(2)$$

திவலையின் ஆரம் $a = \left[\frac{9\eta v}{2(\rho - \sigma) g}\right]^{\frac{1}{2}}$ ...(3)

(ii) மின்புலத்தால் இயக்கம்

தகடுகளுக்கிடையே உள்ள காற்று, X-கதிர்களால் அயனியாக்கப்படுகிறது. திவலைகள், ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட எலக்ட்ரான்களை, அயனியாக்கம் செய்யப்பட்ட காற்றிலிருந்து பெற்றுக் கொள்ளும்.

நோக்கப்படுகின்ற திவலையின் மீது மின்னூட்டம் q இருப்பதாகக் கொள்வோம். A மற்றும் B தகடுகளுக்கிடையே E மின்புலம் அளிக்கப்படுவதால் திவலையானது v_1 என்ற முற்றுதிசைவேகத்தினைப் பெற்று மேல்நோக்கி நகருகின்றது. v_1-ன் மதிப்பு நுண்ணோக்கியின் மூலம் கணக்கிடப்படுகிறது.

மின்புலத்தால் திவலையின் மீது செயல்படும் விசை Eq. திவலையின் திசைவேகம் சீராக இருப்பதால்

$$Eq = \frac{4}{3}\pi a^3 (\rho - \sigma) g + 6\pi a \eta v_1$$

$$\therefore \qquad Eq - \frac{4}{3}\pi a^3 (\rho - \sigma) g = 6\pi a \eta v_1 \qquad \ldots(4)$$

சமன்பாடு (2), (4)ஐக் கூட்ட

$$Eq = 6\pi a\eta(v + v_1) \qquad \ldots(5)$$

சமன்பாடு (3)லிருந்து a-ன் மதிப்பினை அறிந்து, சமன்பாடு (5)-ல் பிரதியிட

$$Eq = 6\pi\eta^{3/2}(v + v_1)\left[\frac{9v}{2(\rho - \sigma)g}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad \ldots(6)$$

A மற்றும் B-க்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு V எனவும், இடைப்பட்ட தொலைவு d எனவும் இருந்தால், $E = \frac{V}{d}$

சமன்பாடு (6)-ஐப் பயன்படுத்தி அதிக எண்ணிக்கையிலான எண்ணெய்த் திவலைகளின் மீதான மின்னூட்ட மதிப்பினை *(q)* மில்லிக்கன் கண்டறிந்தார். இது மீக்குறைவான மதிப்பின் முழு எண் மடங்காக இருப்பதைக் கண்டார். இந்த மீக்குறைவான மதிப்பு எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டத்தினைக் *(e)* குறிக்கும்.

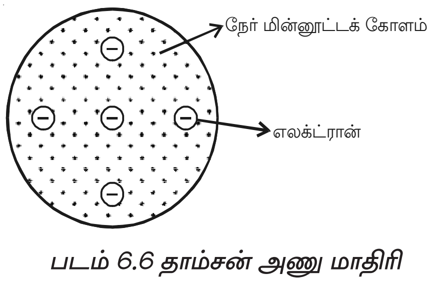
எலக்ட்ரானின் மின்னூட்ட மதிப்பு 1.602×10^{-19} C எனக் கணக்கிடப்பட்டது.

6.2 அணு மாதிரிகள்

பருப்பொருள்கள் அனைத்தும், அணுக்கள் எனப்படும் மீச்சிறு துகள்களால் ஆனவை என்று 1803-ஆம் ஆண்டு டால்ட்டன் என்ற ஆங்கில நாட்டு ஆசிரியர் கூறினார். அனைத்துத் தனிமங்களும் ஹைட்ரஜன் அணுக்களால் ஆனவை என பிரௌட் (1815) கூறினார். எனினும் சில தனிமங்களின் அணு எடை ஹைட்ரஜனின் அணு எடையின் முழு மடங்குகளாக இல்லாமையால் இக்கருத்து ஏற்றுக் கொள்ளப்படவில்லை. கதிரியக்கம் மற்றும் எலக்ட்ரான் கண்டுபிடிப்புக்குப் பின் அணுவின் கட்டமைப்பினை ஆராய்வதில் இருந்த ஊக்கம் அதிகரித்தது. பல அணுமாதிரிப் படிவங்கள் வெவ்வேறு காலங்களில் எடுத்துரைக்கப்பட்டன.

6.2.1 தாம்சன் அணு மாதிரி

வாயுக்களின் வழியே மின்போக்கு என்ற சோதனையிலிருந்து, அணுவானது நேர் மற்றும் எதிர் மின்னூட்டங்களைக் கொண்டது என அறியப்பட்டது. J.J. தாம்சன் அணுவில் நேர், எதிர் மின்னூட்டங்கள் அமைக்கப் பட்டுள்ள விதத்தை விளக்க முயற்சித்தார். தாம்சன் கூற்றின்படி அணுவானது 10^{-10}m அளவிலான ஆரம் கொண்ட நேர்



படம் 6.6 தாம்சன் அணு மாதிரி

மின்னூட்டக் கோளமாகும். இக்கோளத்தில் எலக்ட்ரான்கள் படத்தில் (படம் 6.6) உள்ளவாறு பொதிக்கப்பட்டுள்ளன. அணுவிலுள்ள மொத்த நேர்மின்னூட்டம், எலக்ட்ரான்கள் பெற்றுள்ள எதிர் மின்னூட்டத்திற்குச் சமமாக இருப்பதால், ஒவ்வொரு அணுவும் மின்நடுநிலைத்தன்மை பெற்றது.

தாம்சன் கொள்கையின்படி ஹைட்ரஜன் போன்ற, ஒரு எலக்ட்ரான் மட்டும் கொண்ட அணுவில் எலக்ட்ரானானது, நேர்மின்னூட்டக் கோளத்தின் மையத்தில் இருக்கும். இரண்டு எலக்ட்ரான்கள் (ஹீலியம்) கொண்ட அணுவில், கோளத்தின் இரு பக்கங்களிலும் ஆரத்தின் பாதி $\left(\frac{r}{2}\right)$ தொலைவில் எலக்ட்ரான்கள் சீராக அமைந்திருக்க வேண்டும். மூன்று எலக்ட்ரான்கள், கொண்ட அணுவில், எலக்ட்ரான்கள் கோளத்தினுள் சமச்சீராக கோளத்தின் ஆரத்தினை பக்கமாகக் கொண்ட சமபக்க முக்கோணத்தின் மூலைகளில் அமையும். பொதுவாக, அணுவில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள், கோணத்தின் மையத்தை நோக்க சமச்சீர் வடிவில் பொதிக்கப்பட்டு இருக்கும்.

கோளத்தில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் அவற்றின் சமநிலையைப் பொருத்து இருபுறமும் சீரிசை இயக்கத்தில் அலைவுறுவதால் நிறமாலை வரிகள் தோன்றுகின்றன எனக் கூறப்பட்டது. மேலும், இக்கொள்கையின்படி அணுவின் நிலைத்தன்மை (stability) நன்றாக விளக்கப்பட்டது.

குறைபாடுகள்

(i) மின்காந்தக் கொள்கையின்படி அதிர்வுறும் எலக்ட்ரான் வெளிவிடும் கதிர்வீச்சின் அதிர்வெண், வெளிவிடப்படும் நிறமாலை வரியின் அதிர்வெண்ணிற்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும். தாம்சன் கொள்கையின்படி ஹைட்ரஜன் தரும் நிறமாலை வரியின் அலைநீளம் 1300 Å. ஆனால், ஹைட்ரஜன், வெவ்வேறு வரிகள் கொண்ட ஐந்து நிறமாலை வரிசைகளை **(series)** வெளிவிடுவது சோதனைகள் வாயிலாக அறியப்பட்டது.

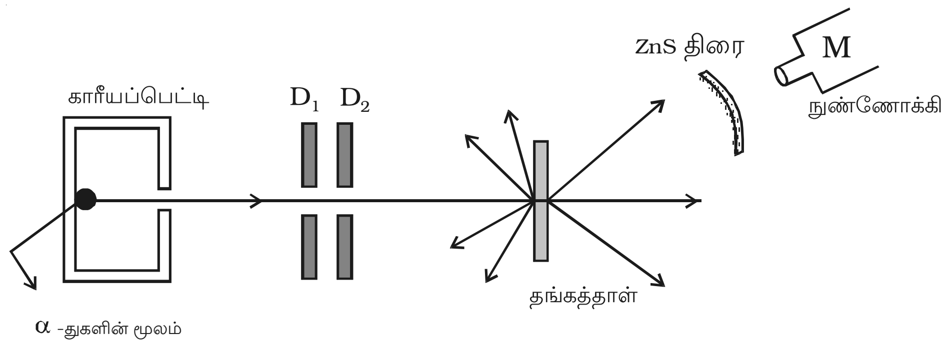
(ii) α துகள்கள் அதிக கோணத்தில் சிதறடிக்கப்படுவதற்கான விளக்கம் தரப்படவில்லை.

6.2.2 ரூதர்போர்டின் α சிதறல் சோதனை

ரூதர்போர்டு மற்றும் அவரது குழுவினர், அணுவின் அமைப்பினை ஆராய, α துகள்களை தங்கத்தாள் (gold foil) மூலம் சிதறடிக்கச் செய்தனர். α துகள் என்பது ஹீலியம் அணுவின் நிறையைக் கொண்டது. எலக்ட்ரானைப் போல இரு மடங்கு நேர்மின்னூட்டம் கொண்டது. பெரும்பாலான கதிரியக்கத் தனிமங்கள் α துகளை வெளிவிடும். α சிதறல்கள் மூலம் அணுவின் அமைப்பு பற்றிய பல பயனுள்ள தகவல்கள் பெறப்பட்டன.

ஆய்வு அமைப்பு

குறுகிய திறப்பு கொண்ட ஒரு காரீயப் பெட்டியினுள் வைக்கப்பட்டுள்ள ரேடியம் அல்லது ரேடான் கதிரியக்கத் தனிமம் α துகள்களை உமிழ்கிறது. α துகளானது அனைத்து



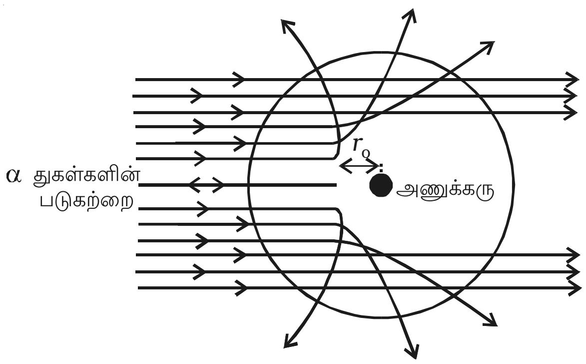
படம் 6.7 ரூதர்போர்டின் α சிதறல் சோதனை

திசைகளிலும் வெளிப்படும் (படம் 6.7). ஆனால் காரீயப் பெட்டியிலிருந்து ஒரு குறுகிய α கற்றை மட்டுமே வெளிவரும். எஞ்சிய α துகள்களை காரீயம் உட்கவர்ந்துவிடும். D_1, D_2 என்ற இடைத் திரைகள் வழியே வரும் α துகள்கள் மெல்லிய கற்றையாக ஒரு தங்கத்தாள் மீது விழுமாறு செய்யப்படும். α துகள்கள் அனைத்துக் கோணங்களிலும் சிதறடிக்கப்படுகின்றன. சிதறடிக்கப்பட்ட α துகள்கள் துத்தநாக சல்பைடு (ZnS) பூசப்பட்ட திரையில் மோதி, ஒளிர்புள்ளிகளை உண்டாக்குகின்றன. இவற்றைக் குறைந்த திறன் கொண்ட நுண்ணோக்கியின் மூலம் ஆராயலாம்.

காட்சிப் பதிவுகளும், முடிவுகளும்

(i) பல α துகள்கள் தங்கத்தாளை ஊடுருவிச் செல்கின்றன அல்லது குறைந்த கோணங்களில் சிதறிக்கப்படுகின்றன. இதிலிருந்து, அணுவின் உள்ளே அதிக வெற்றிடம் (ஒன்றுமில்லாத) காணப்படுகிறது என அறியப்படுகிறது (படம் 6.8).

(ii) சில α துகள்கள், தாங்கள் வந்த பாதையிலேயே திரும்பிச் செல்லுமளவிற்கு சிதறலடைகின்றன. இந்நிகழ்ச்சி, அணுவின் நேர் மின்னூட்டம் முழுவதும் 10^{-14} m குறுக்களவு கொண்ட மிகச் சிறிய பகுதியில் மட்டுமே செறிந்திருக்க முடியும் என்று ரூதர்போர்டு கணிக்க உதவியது. இச்சிறு பகுதியே அணுக்கரு (nucleus) எனப்பட்டது. ஒரு சில துகள்களே அணுக்கருவை நோக்கிச் சென்று மிக அதிக கோணங்களில் சிதறடிக்கப்பட்டன.



படம் 6.8 α-துகள்களின் சிதறல்

அணுகும் மீச்சிறு தொலைவு (distance of closest approach)

அணுக்கருவின் மையத்தினை நோக்கிச் செல்லும் α துகள் படத்திலுள்ளவாறு (படம் 6.8) r_o தொலைவு வரை நெருங்கிச் செல்லும். இங்கு, துகளின் இயக்க ஆற்றல் நிலைமின்னழுத்த ஆற்றலாக இருக்கும். இதன்பிறகு α துகள் தனது பாதையிலேயேத் திரும்பிச் செல்லும். இதுவே அணுகும் மீச்சிறு தொலைவு (r_o) எனப்படும்.

அணுக்கருவினை நோக்கிச் செல்லும் α துகளின் நிறை m மற்றும் திசைவேகம் v என்க. துகளின் இயக்க ஆற்றல்

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \qquad ...(1)$$

துகளின் மின்னூட்டம் 2e மற்றும் அணுக்கருவின் மின்னூட்டம் Ze எனில் அணுக்கருவின் மையத்திலிருந்து r_o தொலைவில் நிலைமின்னழுத்த ஆற்றல்

$$E_p = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \cdot \frac{(2e)(Ze)}{r_o} \qquad ...(2)$$

இங்கு Z என்பது அணு எண் மற்றும் ε_o என்பது வெற்றிடத்தின் விடுதிறன், அணுகும் மீச்சிறு தொலைவினை அடையும்போது,

$$\therefore \quad E_p = E_k$$

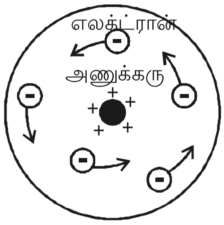
$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \cdot \frac{(2e)(Ze)}{r_o} = \frac{1}{2}mv^2$$

அல்லது $$r_o = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \cdot \frac{4Ze^2}{mv^2} \qquad ...(3)$$

6.2.3 ரூதர்போர்டு அணு மாதிரி

α சிதறல் சோதனையில் பெறப்பட்ட முடிவுகளிலிருந்து, ரூதர்போர்டு, அணுவின் அமைப்பு பற்றி பின்வரும் கருத்துகளைக் கூறினார்.

(i) அணு என்பது 10^{-10}m விட்டம் கொண்ட கோளமாகும். ஆனால், அணுவின் மொத்த நிறையும், நேர் மின்னூட்டங்கள் அனைத்தும் சுமார் 10^{-14} m விட்டம் உடைய மிகச் சிறிய மையப் பகுதியான அணுக்கருவில் (nucleus) செறிந்துள்ளது (படம் 6.9a).



படம் 6.9 a ரூதர்போர்டு அணு மாதிரி

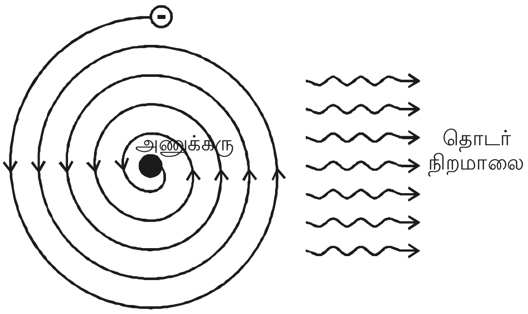
(ii) எலக்ட்ரான்கள், அணுக்கருவைச் சுற்றியுள்ள காலியிடங்களில் பரவியிருக்கும். எலக்ட்ரான்கள் ஓய்வு நிலையிலிருந்தால், அவை அணுக்கருவினால் கவரப்பட்டு மின் நடுநிலையாக்கப்படும். இதனைத் தவிர்க்க எலக்ட்ரான்கள், அணுக்கருவை மையமாகக் கொண்டு வட்டப் பாதையில் சுற்றுகின்றன. இதன் காரணமாக மைய நோக்கு விசையானது எலக்ட்ரானுக்கும் அணுக்கருவிற்கும் இடையே உள்ள நிலை மின்னியல் கவர்ச்சி விசையால் ஏற்படுகிறது என ரூதர்போர்டு கூறினார்.

(iii) அணுக்கருவின் மொத்த நேர்மின்னூட்டமும் எலக்ட்ரானின் எதிர் மின்னூட்டத்திற்குச் சமமாக உள்ளதால், அணு மின்நடுநிலையானது.

குறைபாடுகள்

ரூதர்போர்டு அணு மாதிரியில் அணுவின் நிலைத்தன்மை குறித்து பல முரண்பட்ட கருத்துகள் எழுந்தன. இம்மாதிரியின் இரண்டு குறைபாடுகள் :

(i) வட்டப் பாதையில் இயங்கும் எலக்ட்ரான் முடுக்கம் பெறுகிறது. மின்காந்தக் கொள்கையின்படி, முடுக்குவிக்கப்பட்ட மின்னூட்டம், மின்காந்த அலைகளாக ஆற்றலை கதிர்வீச வேண்டும். இவ்வாறாக முடுக்குவிக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான் ஆற்றலை இழந்து, சுருள் பாதையில் **(spiral)** சென்று அணுக்கருவில் விழுந்து விடும் (படம் 6.9**b**). இதனால் அணுவானது நிலைத்தன்மையுடன் இருக்க முடியாது. ஆனால், எண்ணற்ற அணுக்கள் நிலைத்தன்மையுடன் விளங்குகின்றன.



*படம் 6.9 **b** எலக்ட்ரான் செல்லும் சுருள்பாதை*

(ii) பண்டைய மின்காந்தக் கொள்கையின்படி, முடுக்குவிக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான், அதன் கோணத்திசை வேகத்திற்கு நேர்த்தகவில் அமையும் அதிர்வெண்ணுடன் ஆற்றலை கதிர் வீசுகிறது. எனவே, எலக்ட்ரானானது சுருள் பாதையில் அணுக்கருவை நோக்கிச் செல்கையில், அதன் கோணத்திசைவேகம் ஈறிலா மதிப்பினைப் பெற முயல்கிறது. இதனால் ஆற்றலின் அதிர்வெண்ணும் ஈறிலா மதிப்பைப் பெற முயல்கிறது. இதன் விளைவாக அணுவானது அனைத்து அலைநீளங்களையும் கொண்ட தொடர் நிறமாலையை வெளிவிடவேண்டும். ஆனால், அணுவிலிருந்து, ஒரு சில குறிப்பிட்ட நிலையான அலைநீளங்கள் உடைய வரி நிறமாலைகள் பெறப்படுகின்றன என ஆய்வுகள் வெளிப்படுத்துகின்றன.

6.2.4 போர் அணு மாதிரி

1913ல் நீல்ஸ்போர் என்ற அறிஞர், அணுவின் நிலைத்தன்மை மற்றும் நிறமாலை வரிகளை உமிழ்தல் ஆகியவற்றை விளக்க, ரூதர்போர்டு மாதிரியினை மாற்றியமைத்து இரண்டு எடுகோள்களைக் கூறினார்.

1. ஒரு எலக்ட்ரான் அணுக்கருவைச் சுற்றியுள்ள அனைத்துச் சுற்றுப் பாதைகளிலும் சுற்றிவர முடியாது. எலக்ட்ரான்கள், அனுமதிக்கப்பட்ட சுற்றுப்பாதைகளில் மட்டுமே அணுக்கருவைச் சுற்றி வர முடியும். அப்பொழுது எலக்ட்ரானின் கோண உந்தம் $\frac{h}{2\pi}$ ன் முழு மடங்குகளாக இருக்க வேண்டும். (இதில் $h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js,

ப்ளாங்க் மாறிலி) இந்த பாதைகள் நிலைத்தன்மை பெற்ற பாதைகள் அல்லது கதிர்வீசாப் பாதைகள் எனப்படும். இப்பாதையில் இயங்கும் எலக்ட்ரான்கள் ஆற்றலை கதிர்வீசுவதில்லை.

அனுமதிக்கப்பட்ட, r ஆரமுடைய பாதையில் செல்லும் எலக்ட்ரானின் நிறை m, திசைவேகம் v எனில் அதன் கோண உந்தம், $mvr = \frac{nh}{2\pi}$. இதில் n என்பது முதன்மை குவாண்டம் எண். இது 1, 2, 3... மதிப்புகளைப் பெறும். இது போரின் (குவாண்டமாக்கல்) வரையறுத்தல் நிபந்தனை ஆகும். **(Bohr's quantization condition).**

(ii) அதிக ஆற்றல் கொண்ட கதிர்வீசாப் பாதையிலிருந்து, குறைந்த ஆற்றல் கொண்ட கதிர்வீசாப் பாதைக்கு எலக்ட்ரான் தாவும்போது மட்டுமே அணுவானது ஆற்றல் கதிர்வீச்சை வெளிவிடும். E_2 ஆற்றல் கொண்ட பாதையிலிருந்து E_1 ஆற்றல் கொண்ட பாதைக்கு, எலக்ட்ரான் தாவும் பொழுது, $h\nu = E_2 - E_1$ ஆற்றல் கொண்ட ஃபோட்டான் உமிழப்படும். இது போரின் அதிர்வெண் நிபந்தனை **(frequency condition)** எனப்படும்.

n-ஆவது சுற்றுப்பாதையின் ஆரம் (r_n)

Ze நேர்மின்னூட்டம் கொண்ட ஒரு அணுக்கருவினைக் கருதுவோம். இதில் Z என்பது அணு எண் (புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை), e என்பது எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம். இதுவே எண்ணளவில் புரோட்டானின் மின்னூட்டமும் ஆகும். ஒரு எலக்ட்ரான் r_n ஆரம் கொண்ட n ஆவது சுற்றுப்பாதையில் இயங்குவதாகக் கொள்வோம்.

கூலும் விதியின்படி, அணுக்கருவிற்கும், எலக்ட்ரானுக்கும் இடையே உள்ள நிலை மின்னியல் கவர்ச்சி விசை

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \cdot \frac{(Ze)(e)}{r_n^{\ 2}} \qquad \ldots(1)$$

ε_o என்பது வெற்றிடத்தின் விடுதிறன்.

எலக்ட்ரான் மீதான மையநோக்கு விசை $\frac{mv_n^{\ 2}}{r_n} = mr_n\omega_n^{\ 2}$ ...(2)

இதில் m என்பது எலக்ட்ரானின் நிறை மற்றும் n ஆவது சுற்றுப் பாதையில் உள்ள எலக்ட்ரானின் நேர்க்கோட்டுத் திசைவேகம் v_n, அதன் கோண திசைவேகம் ω_n ஆகும்.

தேவையான மையநோக்கு விசையானது நிலை மின்னியல் கவர்ச்சி விசையால் கொடுக்கப்படும். சமநிலைக்கு, சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2)லிருந்து

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \cdot \frac{Ze^2}{r_n^{\ 2}} = \frac{mv_n^{\ 2}}{r_n} \qquad \ldots(3)$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \cdot \frac{Ze^2}{r_n^{\ 2}} = mr_n\omega_n^{\ 2} \qquad ...(4)$$

சமன்பாடு (4)லிருந்து $\omega_n^{\ 2} = \dfrac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_o mr_n^{\ 3}}$ ...(5)

n-ஆவது பாதையில் எலக்ட்ரானின் கோண உந்தம்

$$L = mv_nr_n = mr_n^{\ 2}\omega_n \qquad ...(6)$$

போரின் முதல் எடுகோளின்படி, எலக்ட்ரானின் கோண உந்தம்

$$L = \frac{nh}{2\pi} \qquad ...(7)$$

இங்கு n என்பது முதன்மை குவாண்டம் எண்

சமன்பாடு (6), (7)லிருந்து

$$mr_n^{\ 2}\omega_n = \frac{nh}{2\pi}$$

அல்லது $\omega_n = \dfrac{nh}{2\pi mr_n^{\ 2}}$

இருபுறமும் இருமடிப்படுத்த

$$\omega_n^{\ 2} = \frac{n^2h^2}{4\pi^2m^2r_n^{\ 4}} \qquad ...(8)$$

சமன்பாடு (5)ம் (8) ம் சமப்படுத்தப்பட,

$$\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_o mr_n^{\ 3}} = \frac{n^2h^2}{4\pi^2m^2r_n^{\ 4}}$$

அல்லது $r_n = \dfrac{n^2h^2\varepsilon_o}{\pi mZe^2}$ ...(9)

சமன்பாடு (9)லிருந்து, **n**ஆவது வட்டப் பாதையின் ஆரமானது முதன்மை குவாண்டம் எண்ணின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும் என அறியப்படுகிறது. எனவே சுற்றுப்பாதைகளின் ஆரங்கள் 1 : 4 : 9 ... என்ற விகிதத்தில் இருக்கும்.

ஹைட்ரஜனுக்கு $Z = 1$

∴ சமன்பாடு (9)லிருந்து

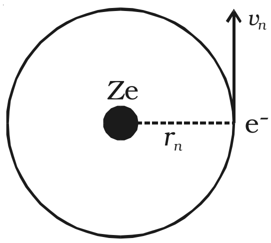
$$r_n = \frac{n^2h^2\varepsilon_o}{\pi me^2} \qquad ...(10)$$

அறிந்த மதிப்புகளைப் பிரதியிட்டால்,

$$r_n = n^2 \times 0.53\ \text{Å}$$

$n = 1$ எனில் $r_1 = 0.53$Å

இது போர் ஆரம் (**Bohr radius**) எனப்படும்.



படம் 6.10

எலக்ட்ரானின் ஆற்றல்

nஆவது சுற்றுப் பாதையிலுள்ள எலக்ட்ரானின் ஆற்றல் (E_n)

எலக்ட்ரானின் மொத்த ஆற்றல் என்பது நிலையாற்றல் மற்றும் இயக்க ஆற்றல் இவற்றின் கூடுதலாகும்.

n ஆவது பாதையிலுள்ள எலக்ட்ரானின் நிலையாற்றல்

$$E_p = \frac{(Ze)(-e)}{4\pi\varepsilon_o r_n} = \frac{-Ze^2}{4\pi\varepsilon_o r_n} \qquad ...(11)$$

எல்க்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல்

$$E_k = \frac{1}{2} m v_n^{\ 2} \qquad ...(12)$$

சமன்பாடு (3)லிருந்து

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \cdot \frac{Ze^2}{r_n} = m v_n^{\ 2} \qquad ...(13)$$

சமன்பாடு (13) ஐ (12)ல் பிரதியிட

$$E_k = \frac{1}{2}\left[\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\ \frac{Ze^2}{r_n}\right] = \frac{Ze^2}{8\pi\varepsilon_o r_n} \qquad ...(14)$$

n ஆவது சுற்றுப் பாதையிலுள்ள எலக்ட்ரானின் மொத்த ஆற்றல்

$$E_n = E_p + E_k = \frac{-Ze^2}{4\pi\varepsilon_o r_n} + \frac{Ze^2}{8\pi\varepsilon_o r_n}$$

$$E_n = \frac{-Ze^2}{8\pi\varepsilon_o r_n} \qquad ...(15)$$

சமன்பாடு (10)லிருந்து r_n மதிப்பினை சமன்பாடு (15)ல் பிரதியிட

$$E_n = \frac{-Z^2 m e^4}{8\varepsilon_o^{\ 2} n^2 h^2} \qquad ...(16)$$

ஹைட்ரஜனுக்கு Z = 1

$$\therefore \qquad E_n = \frac{-me^4}{8\varepsilon_o{}^2 n^2 h^2}$$

மாறிலிகளின் அறிந்த மதிப்பினை பிரதியிட்டு எலக்ட்ரான் வோல்ட்டில் *(eV)* கணக்கிட்டால்

$$E_n = \frac{-13.6}{n^2}\ \text{eV} \qquad \ldots (17) \qquad [\because 1\,eV = 1.602 \times 10^{-19} J]$$

சமன்பாடு (17) எதிர்க்குறி பெறுவதால் சுற்றுப் பாதையில் எலக்ட்ரானின் ஆற்றல், nஐப் பொருத்து அதிகரிக்கும் என்பது புலனாகிறது.

நிறமாலை வரிகளின் அதிர்வெண்

போரின் இரண்டாம் எடுகோளின்படி, குவாண்டம் எண் n_2 கொண்ட வெளிவட்டப் பாதையிலிருந்து குவாண்டம் எண் n_1 கொண்ட உள் வட்டப்பாதைக்கு எலக்ட்ரான் தாவும் பொழுது, வெளிவரும் ஃபோட்டானின் அதிர்வெண்,

$$\nu = \frac{E_{n_2} - E_{n_1}}{h}$$

சமன்பாடு (16)ஐப் பயன்படுத்த,

$$\nu = \frac{Z^2 me^4}{8\varepsilon_o{}^2 h^3}\left(\frac{1}{n_1{}^2} - \frac{1}{n_2{}^2}\right) \qquad \ldots(18)$$

ஓரலகு நீளத்தில் உள்ள அலைகளின் எண்ணிக்கை, அலைஎண் $\bar{\nu}$ எனப்படும். இது அலைநீளத்தின் தலைகீழிக்குச் சமம்.

அதாவது $\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c}$ $\qquad [\because\ c = \nu\lambda]$

இங்கு c என்பது ஒளியின் திசைவேகம்.

சமன்பாடு (18)லிருந்து

$$\bar{\nu} = \frac{Z^2 me^4}{8\varepsilon_o{}^2 ch^3}\left(\frac{1}{n_1{}^2} - \frac{1}{n_2{}^2}\right) \qquad \ldots(19)$$

ஹைட்ரஜனுக்கு, $Z = 1$

$$\bar{\nu} = \frac{me^4}{8\varepsilon_o{}^2 ch^3}\left(\frac{1}{n_1{}^2} - \frac{1}{n_2{}^2}\right) = R\left(\frac{1}{n_1{}^2} - \frac{1}{n_2{}^2}\right) \qquad \ldots(20)$$

R என்பது ரிட்பர்க் மாறிலி எனப்படும்.

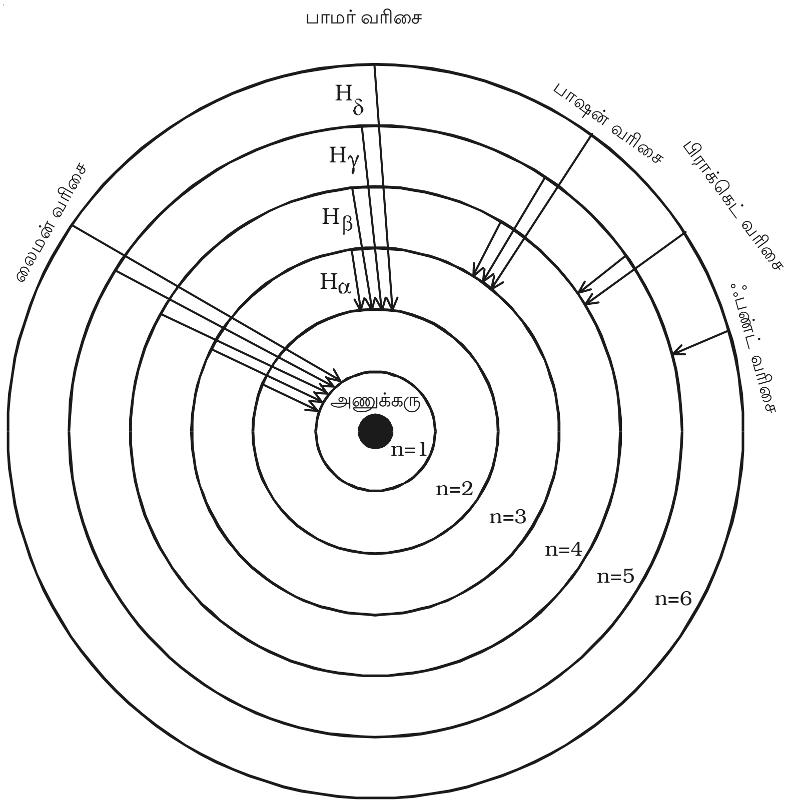
$$\therefore \qquad R = \frac{me^4}{8\varepsilon_o^{\,2}ch^3} \qquad \ldots(21)$$

மாறிலிகளின் அறிந்த மதிப்புகளைப் பிரதியிட

$$R = 1.094 \times 10^7 \mathrm{m}^{-1}$$

6.2.5 ஹைட்ரஜனின் நிறமாலை வரிசைகள்

ஹைட்ரஜன் அணுவில், எலக்ட்ரானானது உயர் ஆற்றல் மட்டத்திலிருந்து குறைந்த ஆற்றல் மட்டத்திற்குத் தாவும்போது, ஆற்றல் வேறுபாடானது குறிப்பிட்ட அலைநீளம் கொண்ட கதிர்வீசலாக வெளிப்படும். இது நிறமாலை வரி எனப்படும். நிறமாலை வரியின் அலைநீளமானது எலக்ட்ரான் தாவும் பாதைகளின் ஆற்றல் நிலைகளைப் பொருத்து அமைவதால் பல்வேறு நிறமாலை வரிகள் தோன்றும். வெவ்வேறு அலைநீளங்கள், அணுவின் தன்மையைப் பொருத்து ஒரு வரிசையை **(series)** ஏற்படுத்தும். பின்வருவன ஹைட்ரஜனின் நிறமாலை வரிசைகளாகும்.



படம் 6.11 ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறமாலை வரிசைகள்

(i) லைமன் வரிசை (Lyman series)

எந்தவொரு உயர்வட்டப் பாதையிலிருந்தும் முதல் வட்டப் பாதைக்கு எலக்ட்ரான் தாவும்போது நிறமாலை வரிகள் உமிழப்படும். லைமன் வரிசை என்றழைக்கப்படும் இவை, நிறமாலையின் புற ஊதாப் பகுதிக்கு (UV) உரியதாக உள்ளன (படம் 6.11).

இதில் $n_1 = 1,\ n_2 = 2,3,4 \ldots$

லைமன் வரிசைக்கான அலைஎண்

$$\bar{\nu} = R\left(1 - \frac{1}{n_2^{\,2}}\right)$$

(ii) பாமர் வரிசை (Balmer series)

எந்தவொரு உயர்வட்டப் பாதையிலிருந்தும் இரண்டாவது வட்டப் பாதைக்கு எலக்ட்ரான் தாவும்போது நிறமாலை வரிகள் உமிழப்படும். பாமர் வரிசை என்றழைக்கப்படும் இவை, நிறமாலையின் கட்புலனாகும் (visible)பகுதிக்கு உரியதாக உள்ளன.

இங்கு $n_1=2,\ n_2 = 3,4,5 \ldots$

பாமர் வரிசைக்கான அலை எண்

$$\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n_2^{\,2}}\right) = R\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n_2^{\,2}}\right)$$

இவ்வரிசையில், முதல்வரி ($n_2 = 3$) என்பது H_α வரி எனவும் இரண்டாம் வரி ($n_2=4$), H_β வரி என்றும் அழைக்கப்படும்.

(iii) பாஷன் வரிசை (Paschen series)

உயர்வட்டப் பாதைகளிலிருந்து மூன்றாம் பாதைக்கு எலக்ட்ரான் தாவும் பொழுது தோன்றும் எல்லா வரிகளும் இதில் அடங்கும். இங்கு $n_1 = 3,\ n_2 = 4,5,6 \ldots$ இவை அகச்சிவப்புப் பகுதியில் இருக்கும். இவ்வரிசையின் அலை எண்

$$\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n_2^{\,2}}\right) = R\left(\frac{1}{9} - \frac{1}{n_2^{\,2}}\right)$$

(iv) பிராக்கெட் வரிசை (Brackett series)

$n_2 = 5,\ 6 \ldots$ என்ற உயர்வட்டப் பாதைகளிலிருந்து $n_1 = 4$ என்ற பாதைக்கு எலக்ட்ரான்கள் தாவும்போது, பிராக்கெட் வரிசை தோன்றும். இவ்வரிசையின் அலைநீளங்கள் அகச்சிவப்புப் பகுதியில் இருக்கும்.

அலை எண், $\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n_2^{\,2}}\right) = R\left(\frac{1}{16} - \frac{1}{n_2^{\,2}}\right)$

(v) ஃபண்ட் வரிசை ***(Pfund series)***

n_2 = 6, 7... என்ற உயர்வட்டப் பாதைகளிலிருந்து n_1=5 என்ற பாதைக்கு எலக்ட்ரான்கள் தாவும்போது, ஃபண்ட் வரிசை தோன்றும். இவ்வரிசையின் அலைநீளங்கள் அகச்சிவப்புப் பகுதியில் இருக்கும்.

அலை எண், $\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{{n_2}^2}\right) = R\left(\frac{1}{25} - \frac{1}{{n_2}^2}\right)$

6.2.6 ஆற்றல் மட்டப் படம்

ஹைட்ரஜன் அணுவின் n ஆவது பாதையிலுள்ள எலக்ட்ரானின் ஆற்றல்

$$E_n = \frac{-13.6}{n^2} \text{ eV}$$

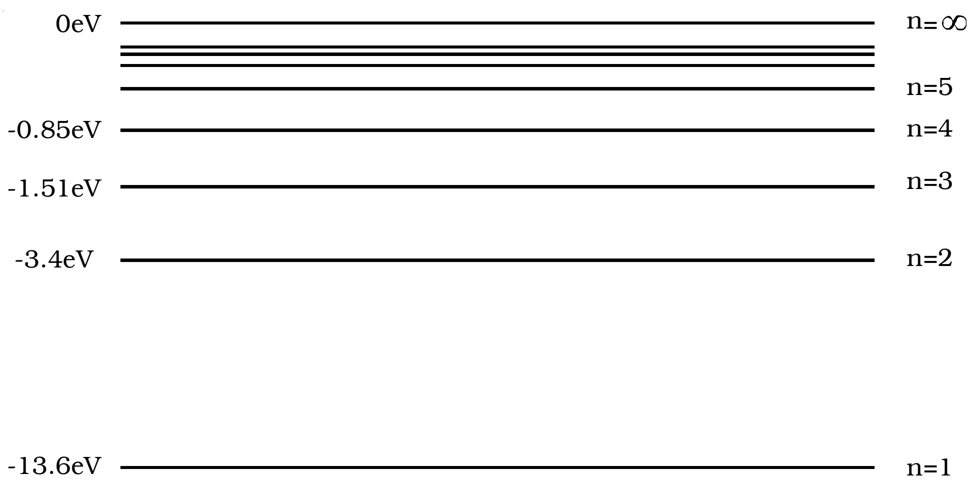
ஹைட்ரஜனின் முதல் வட்டப் பாதையில் ஆற்றல்

$$E_1 = \frac{-13.6}{1^2} = -13.6 \text{ eV}$$

இது ஹைட்ரஜனின் அடி நிலை ஆற்றல் ஆகும்.

எலக்ட்ரானின் இரண்டாம் பாதையில் ஆற்றல்,

$$E_2 = \frac{-13.6}{2^2} = -3.4 \text{ eV}$$



படம் 6.12 ஹைட்ரஜனின் ஆற்றல் மட்டங்களைக் காட்டும் படம்

இது ஹைட்ரஜனின் முதல் கிளர்ச்சி நிலை ஆற்றல் ஆகும். இரண்டாம், மூன்றாம், நான்காம் ... கிளர்ச்சி நிலைகளின் ஆற்றல் $E_3 = -1.51$ eV, $E_4 = -0.85$ eV, $E_5 = -0.54$eV.

$$n = \infty, \text{ எனில், } E_\infty = \frac{-13.6}{\infty^2} = 0$$

ஒவ்வொரு மட்டத்துடன் தொடர்புடைய ஆற்றலானது எதிர்குறி மதிப்பில் குறைந்து, ஒன்றுக்கொன்று நெருங்கி, $n = \infty$ என்ற நிலையில் பெரும மதிப்பைப் பெறுகிறது என்பது மேற்கொண்ட கணக்கீடுகளிலிருந்து அறியப்படுகிறது.

இந்த ஆற்றல் மதிப்புகளை, நேர்ப்போக்கு அளவுகோலில் குறித்து, வரையப்படும் கிடைக்கோடுகள் ஹைட்ரஜன் அணுவின் ஆற்றல் மட்டங்களைக் குறிக்கும் (படம் 6.12). இப்படத்தை ஆற்றல் மட்டப்படம் எனலாம்.

6.2.7 சோடியம் மற்றும் பாதரச நிறமாலை

சோடியம் ஆவி விளக்கு, பொதுவாக ஆய்வகத்தில் ஒற்றைநிற ஒளிமூலமாகப் பயன்படுகிறது. பாதரச ஆவி, சோடிய ஆவி விளக்குகள் குறைந்த செலவில் செறிவு மிக்க ஒளியைத் தருவதால் தெருவிளக்குகளாகப் பயன்படுகின்றன. பாதரச ஆவி பல்வேறு அலைநீளங்களைக் கொண்ட ஒளியை உமிழும். இவ்வரிகளின் அலைநீளம் அட்டவணை 6.1ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இவ்விரு விளக்குகளும் சூடேற்றப்பட்ட கேத்தோடு நேர்மின் தம்பம் முறையில் செயல்படுகின்றன. சோடிய, பாதரச அணுக்கள் ஆவி நிலையிலுள்ளதால் இவை வரி நிறமாலையை வெளிவிடும். சோடிய ஆவி விளக்கு 5896Å , 5890Å அலைநீளம் கொண்ட D_1, D_2 எனும் வரிகளை உமிழும்.

அட்டவணை 6.1 பாதரசம் உமிழும் நிறமாலை வரிகளின் அலைநீளங்கள்

(தேர்வுக்கு உரியதன்று)

நிறம்	அலைநீளம் **(nm)**
ஊதா I	398
ஊதா II	403
நீலம்	436
நீலப் பச்சை I	492
நீலப் பச்சை II	496
பச்சை	546
மஞ்சள் I	577
மஞ்சள் II	579
ஆரஞ்சு	609
சிவப்பு	625

6.2.8 அணுவின் கிளர்ச்சியாக்க மின்னழுத்தமும் அயனியாக்க மின்னழுத்தமும்

போர் கொள்கையின்படி, எலக்ட்ரான்கள் அனுமதிக்கப்பட்ட சில பாதைகளில் சுற்றி வரும் போது ஆற்றல் கதிர்வீச்சை உமிழ்வதில்லை. அணுவின் ஆற்றல் மிகக் குறைவாக உள்ள போது அடி ஆற்றல் நிலையில் உள்ளது எனலாம். இந்த அணு, நிறமாலை வரியை வெளிவிடும் முன் அதிலுள்ள எலக்ட்ரான் அதிக ஆற்றல் பாதைக்கு உயர்த்தப்பட வேண்டும். இந்நிகழ்ச்சி அணுவின் கிளர்ச்சியாக்கம் **(excitation)** எனப்படும். இயல்பு நிலையிலிருந்து அணுவை கிளர்ச்சி நிலைக்குக் கொண்டு செல்லத் தேவையான ஆற்றல் கிளர்ச்சியாக்க மின்னழுத்த ஆற்றல் **(excitation potential energy)** எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக, ஹைட்ரஜனில் அடி ஆற்றல் நிலையிலிருந்து எலக்ட்ரானை முதல் கிளர்ச்சி நிலைக்குக் கொண்டு செல்லத் தேவையான ஆற்றல் = **(13.6-3.4) = 10.2eV.** இரண்டாம் கிளர்ச்சி நிலைக்குக் கொண்டு செல்லத் தேவையான ஆற்றல் = **(13.6 – 1.51) = 12.09 eV.** இந்த ஆற்றல்களுக்குரிய மின்னழுத்தங்கள் கிளர்ச்சியாக்க மின்னழுத்தங்கள் எனப்படும்.

அணு ஒன்றிலிருந்து எலக்ட்ரானை வெளியேற்ற, அதாவது அதனை அயனியாக்கம் செய்ய, அதன்மீது மோதும் எலக்ட்ரானின் ஆற்றல் போதுமானதாக இருக்குமாறு, முடுக்கம் செய்யும் மின்னழுத்தம் அயனியாக்க மின்னழுத்தம் எனப்படும். ஹைட்ரஜன் அணுவில், முதல் வட்டப்பாதையிலிருந்து மீ உயர் வட்டப்பாதைக்கு ($n = \infty$) எலக்ட்ரானை எடுத்துச் செல்லத் தேவையான ஆற்றல் = **13.6-0=13.6eV.** இது ஹைட்ரஜனின் அயனியாக்க மின்னழுத்த ஆற்றலாகும். **13.6V** என்பது ஹைட்ரஜனின் அயனியாக்க மின்னழுத்தமாகும்.

கிளர்ச்சியாக்க மின்னழுத்தம் மற்றும் அயனியாக்க மின்னழுத்தம் ஆகியவற்றை அணுவின் மாறுநிலை மின்னழுத்தம் **(critical potential)** எனலாம். தன்னிச்சையான மின்நடுநிலையில் உள்ள அணு ஒன்றினை, அடி ஆற்றல் நிலையிலிருந்து உயர் மட்ட நிலைக்கு எழுச்சியுறச் செய்வதற்குத் தேவையான சிறும மின்னழுத்தம் அணுவின் மாறுநிலை மின்னழுத்தம் ஆகும்.

6.2.9 போர் கொள்கையின் குறைபாடுகள்

சோதனைகள் பலவற்றின் முடிவுகளையும், ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறமாலை வரிகளையும் போரின் **(Bohr)** கொள்கை ஏற்கத்தக்க அளவில் விளக்கியது. இருப்பினும், கீழ்க்கண்ட கருத்துகளை விளக்கவில்லை.

(i) ஹைட்ரஜன் அணுவைவிட சிக்கலான அணுக்களின் நிறமாலை வரிகளுக்கு விளக்கம் தர முடியவில்லை.

(ii) அணு ஒன்றில் எலக்ட்ரான்களின் பகிர்வு மற்றும் அமைந்துள்ள விதம்தொடர்பான கருத்துகளை இக்கொள்கை விளக்கவில்லை.

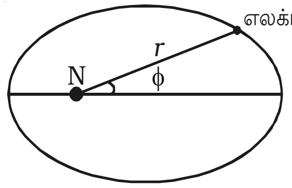
(iii) நிறமாலையின் செறிவில் ஏற்படும் மாற்றத்திற்கான விளக்கம் தரப்படவில்லை.

(iv) மீ பகுதிறன் **(high resolving power)** கொண்ட நிறமாலைமானியைக் கொண்டு நிறமாலையைக் காணும் போது, ஒவ்வொரு வரியும் பல மெல்லிய வரிகளால் ஆனது எனத் தெரிகிறது. இதனை நுண்வரி அமைப்பு **(fine structure)** என்பர். போர் கொள்கை இதற்கு விளக்கம் தரவில்லை.

(v) அணுவின்மீது மின்புலம் அல்லது காந்தப்புலத்தினை செலுத்தும்போது நிறமாலை வரிகள் பல வரிகளாகப் பிரியும். மின்புலத்தின் விளைவு ஸ்டார்க் விளைவு **(stark effect)** என்றும் காந்தப்புலத்தின் விளைவு சீமன் விளைவு **(Zeeman effect)** என்றும் அழைக்கப்படும். போர் கொள்கையால் ஸ்டார்க் விளைவு, சீமன் விளைவு ஆகியவற்றிற்கு விளக்கம் தர முடியவில்லை.

6.2.10 சாமர்பெல்டு அணுமாதிரி

நிறமாலையின் நுண்வரிகளை விளக்க சாமர்பெல்டு என்பவர் போர் மாதிரியில் இரண்டு மாற்றங்களைச் செய்தார்.



படம் 6.13 சாமர்பெல்டு அணுமாதிரி

(i) சாமர்பெல்டு மாதிரிப்படி, அணுக்கருவைச் சுற்றிவரும் எலக்ட்ரானின் பாதை, அணுக்கருவினை ஒரு குவியமாகக் கொண்ட நீள் வட்டமாகும்.

(ii) நீள்வட்டப் பாதையில் செல்லும் எலக்ட்ரானின் திசைவேகம், சுற்றுப் பாதையின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் மாறுபடுகிறது. இந்த மாறுபாடு, நகரும் எலக்ட்ரானின் நிறையில், சார்பைப் பொருத்து ஏற்படும் மாறுபாட்டைத் தோற்றுவிக்கும்.

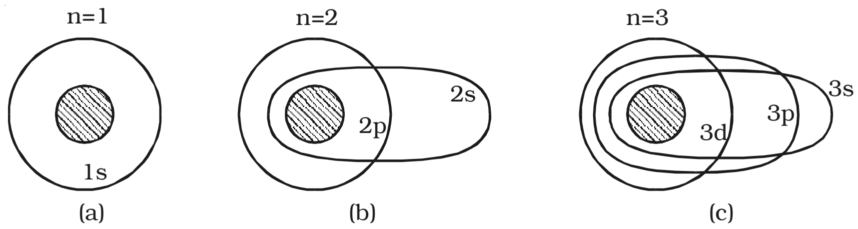
நீள்வட்டப் பாதையில் இயங்குவதாகக் கொண்டால், இரண்டு மாறுபடும் மதிப்புகளைப் பற்றி அறிய வேண்டும். **(i)** அணுக்கருவைச் சார்ந்து எலக்ட்ரானின் மாறுபடும் தொலைவு **(r)**. **(ii)** அணுக் கருவினைச் சார்ந்து எலக்ட்ரானின் கோண நிலை **(angular position)** (ϕ) (படம் 6.13).

இந்த மாறுபடும் மதிப்புகளைப் பற்றி அறிய இரண்டு குவாண்டம் எண்கள் அறிமுகப்படுத்தப்படுகின்றன.

(i) போர் கொள்கையின் முதன்மை குவாண்டம் எண் **(n)** எலக்ட்ரானின் ஆற்றலைக் குறிப்பிடுகிறது **(ii)** சுற்றுப்பாதை அல்லது கோண உந்த குவாண்டம் எண் l என்பது சுற்றுப்பாதையின் கோண உந்தத்தின் சிறப்பினைக் குறிக்கிறது. அதாவது, எலக்ட்ரானின் சுற்றுப்பாதையில் கோண உந்தத்தினைக் கொடுக்கும். இது சுழி முதல் **(n-1)** வரை மதிப்புகளைப் பெறும்.

இருக்கக் கூடிய நீள்வட்டப் பாதைகளைக் காண சுற்றுப்பாதை குவாண்டம் எண் உதவும்.

$\frac{b}{a} = \frac{l+1}{n}$ என்பதன்படி நீள்வட்டப் பாதைகள் அமைகின்றன.



படம் 6.14 எலக்ட்ரானின் பல்வேறு துணைக்கூடுகள்

இதில் a, b என்பன முறையே நீள்வட்டத்தின் அரை நெட்டச்சு **(semi-major axes)** அரை சிற்றச்சு **(semi-minor axes)** ஆகும்.

சாமர்பெல்டு மாதிரிப்படி, ஒரு குறிப்பிட்ட முதன்மை குவாண்டம் எண்ணிற்கு (n) சம எண்ணிக்கை கொண்ட *(n)* துணைக் கூடுகள் அல்லது துணைப்பாதைகள் இருக்கும். இந்த n துணைக் கூடுகளில் ஒன்று மட்டும் வட்டப்பாதையாகும். எஞ்சிய (n–1) நீள் வட்ட வடிவில் இருக்கும்.

இந்தத் துணைக் கூடுகளில் எலக்ட்ரானின் சார்பு நிறை மாறுபடுவதால் ஆற்றல் வேறுபட்டிருக்கும்.

n=1 என்ற முதல் ஆற்றல் மட்டத்தைக் கருதுவோம். n = 1 எனில் $l = 0$. இந்த ஆற்றல் மட்டத்தில் எலக்டரானுக்கு ஒரே ஒரு சுற்றுப்பாதை அல்லது துணைக்கூடு மட்டுமே இருக்கும். மேலும் a = b எனில் நீள்வட்டத்தின் இரு அச்சுகளும் சமமாகும். இதனால் n=1 என்ற பாதை வட்டமாகும். இது s துணைக்கூடு எனப்படும். இந்த துணைக்கூடு n = 1 க்கு உரியதால், இதனை 1 s எனலாம் (படம் 6.14a)

இதே போன்று, இரண்டாம் ஆற்றல் மட்டத்திற்கு n = 2. இங்கு இரண்டு அனுமதிக்கப்பட்ட துணைக்கூடுகள் இருக்கும். n = 2 எனில் l ஆனது 0, 1என்ற இரண்டு மதிப்புகளைப் பெறும்.

$n = 2,\ l = 0.$ எனில்

$$\frac{b}{a} = \frac{0+1}{2} = \frac{1}{2} \quad \text{அல்லது} \quad b = \frac{a}{2}$$

$l = 0$ க்கான துணைக்கூடு நீள் வட்டமாக இருக்கும். இது $2s$ எனப்படும்.

$n = 2,\ l = 1$ எனில்

$$\frac{b}{a} = \frac{1+1}{2} = \frac{2}{2} = 1 \quad \text{அல்லது} \quad b = a$$

$l = 1$க்கான துணைக்கூடு வட்ட வடிவம் ஆகும். இது $2p$ எனப்படும் (படம் 6.14b).

n = 3 க்கு l ஆனது 0, 1, 2 என்ற மூன்று மதிப்புகளைப் பெறும்.

n = 3, l = 0 எனில்

$$\frac{b}{a} = \frac{0+1}{3} = \frac{1}{3} \quad \text{அல்லது } b = \frac{a}{3}$$

n = 3, l = 1 எனில்

$$\frac{b}{a} = \frac{1+1}{3} = \frac{2}{3} \quad \text{அல்லது } b = \frac{2a}{3}$$

n = 3, l = 2 எனில்

$$\frac{b}{a} = \frac{2+1}{3} = \frac{3}{3} \quad \text{அல்லது} \quad b = a$$

l = 0, 1, 2 க்கானத் துணைக்கூடுகள் முறையே 3s, 3p, 3d எனப்படும். வட்டப்பாதை 3d என குறிக்கப்படுகிறது. மற்ற இரண்டும் நீள்வட்டப் பாதையாகும் (படம் 6.14c).

நடைமுறையில் l மதிப்புகளை இவ்வாறு குறிப்பிடலாம்.

சுற்றுப்பாதை குவாண்டம் எண் :	0	1	2	3	4
எலக்ட்ரானின் நிலை :	*s*	*p*	*d*	*f*	*g*

எனவே l = 0, 1, 2, 3 ... நிலைகளிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் *s, p, d, f* ... நிலைகளில் உள்ளது எனலாம்.

நிறமாலைவரியின் நுண்வரிகள்

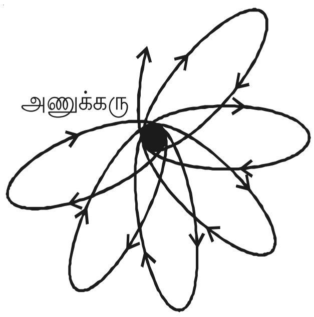
சாமர்பெல்டு அணுமாதிரி அடிப்படையில் நீள்வட்டப் பாதையில் எலக்ட்ரானின் மொத்த ஆற்றல் மதிப்பினை இவ்வாறு எழுதலாம்.

$$E_n = \frac{-me^4Z^2}{8\varepsilon_o{}^2h^2n^2}$$

இம்மதிப்பு போர் மாதிரியில் பெறப்பட்ட மதிப்பே ஆகும். எனவே நீள்வட்டப் பாதையை அறிமுகப்படுத்தியதால் புதிய ஆற்றல் மட்டங்களோ, புதிய மாறுதல்களோ ஏற்படவில்லை. இம்முறையில் நுண்வரிகளுக்கு கொடுக்கப்பட்ட விளக்கம் தவறாகிவிட்டது. பின்னர் திசைவேகத்தினைப் பொறுத்த, எலக்ட்ரானின் நிலையில் ஏற்படும் மாறுதலைக் கொண்டு நுண்வரிகள்பற்றி சரியானதொரு விளக்கத்தினை சாமர்பெல்டு கொடுத்தார்.

சாமர்பெல்டு கூற்றுப்படி, நீள்வட்டப் பாதையில் செல்லும் எலக்ட்ரான் அணுக்கருவின் அருகே வரும்போது பெருமத் திசைவேகத்துடனும், தொலைவில் உள்ள போது சிறுமத் திசைவேகத்துடனும் இயங்கும். இதிலிருந்து எலக்ட்ரானின் நிறையானது, பாதையின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் வெவ்வேறு மதிப்புகளைப் பெறும் எனலாம்.

சார்புக் கொள்கையின்படி, திசைவேகத்தைச் சார்ந்து எலக்ட்ரானின் நிறை மாறுபடும் என்ற கருத்திற்கிணங்க, சாமர்பெல்டு தனது விளக்கத்தை மாற்றியமைத்தார். அதாவது, எலக்ட்ரானின் பாதை ஒரு எளிய நீள்வட்டமல்ல, ஆனால், ரோஜாப்பூ **(rosette)** வடிவத்தில் அமைந்த மாறிக் கொண்டே வரும் நீள்வட்டப் பாதையாக இருக்கும் எனக் கூறினார் (படம் 6.15).



படம் 6.15 எலக்ட்ரானின் ரோஜாப்பூ வடிவப் பாதை

இக்கருத்தின் அடிப்படையில், ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறமாலை வரிகளின் நுண்வரி அமைப்பை சாமர்பெல்டு விளக்கினார்.

குறைபாடுகள்

(i)ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறமாலையில் காணப்படும் நுண்ணிய வரிகளுக்கு, சாமர்பெல்டு செய்த மாறுதல்கள் போதிய விளக்கத்தினைக் கொடுத்த போதிலும், காணப்பட்ட நுண்ணிய வரிகளின் எண்ணிக்கை கணக்கிடப்படவில்லை.

(ii) அணுஒன்றில் எலக்ட்ரான்களின் பகிர்வு மற்றும் அமைந்துள்ள விதம் தொடர்பான விளக்கம் கொடுக்கப்படவில்லை.

(iii) சோடியம், பொட்டாசியம் போன்ற கார உலோகங்களின் நிறமாலையினை சாமர்பெல்டு விளக்கவில்லை.

(iv) ஸ்டார்க், சீமன் விளைவுகள் விளக்கப்படவில்லை.

(v) இம்மாதிரியில் நிறமாலையின் செறிவு பற்றி கவனம் செலுத்தப்படவில்லை.

6.3 **X** - கதிர்கள்

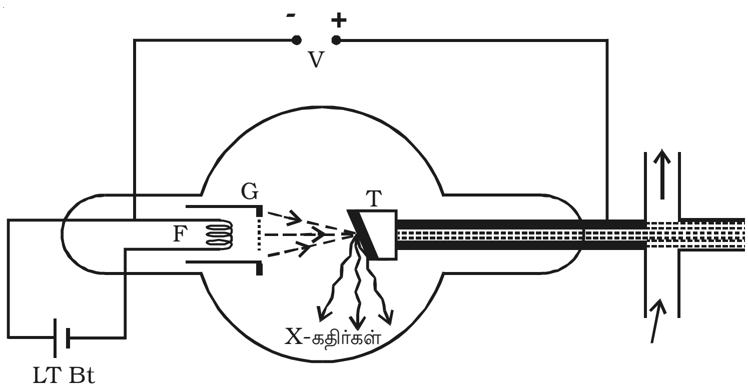
1895ல் வில்ஹெம் ராண்ட்ஜன் என்னும் ஜெர்மானிய அறிவியலாளர், வாயுக்களின் வழியே மின்போக்கு பற்றி ஆராயும் போது X - கதிர்களைக் கண்டுபிடித்தார்.

பல ஆய்வுகளுக்குப்பின், விரைந்து செல்லும் எலக்ட்ரான் கற்றை, ஒரு உலோக இலக்கின் **(Target)** மீது மோதும் போது X - கதிர்கள் தோன்றுகின்றன எனக் கண்டுபிடித்தார். இக்கதிர்களின் தன்மை தெரியாமலிருந்தமையால் இவற்றை X - கதிர்கள் என்றார்.

X - கதிர்கள் **0.5 Å** முதல் **10 Å** வரையிலான குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட மின்காந்த அலைகளாகும். X - கதிர்களை கண்டுபிடித்ததற்காக 1901ல் ராண்ட்ஜனுக்கு நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது.

*6.3.1 **X** - கதிர்களை உண்டாக்குதல் - நவீன கூலிட்ஜ் குழாய்*

விரைந்து செல்லும் எலக்ட்ரான்கள் தகுந்த உலோகத்தின்மீது மோதும்போது X - கதிர்கள் தோன்றும். X - கதிர்களை உண்டாக்க அடிப்படையாக **(i)** எலக்ட்ரான்



படம் 6.16 கூலிட்ஜ் குழாய்

மூலம் **(ii)** எலக்ட்ரான்களை முடுக்கும் அமைப்பு **(iii)** அதிக அணு எண் கொண்ட உலோக இலக்கு ஆகியவை தேவை.

கூலிட்ஜ் வடிவமைத்த X – கதிர் குழாய் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது (படம் 6.16). இது கேத்தோடு மற்றும் இலக்காகச் செயல்படும் ஆனோடு கொண்ட வெற்றிடக் குழாயாகும். குழாயினுள் அழுத்தம் 10^{-6} mm பாதரச அளவில் இருக்கும். கேத்தோடு F ஒரு டங்ஸ்டன் மின்னிழையாகும். இது குறைந்த மின்னழுத்த மின்கலன் மூலம் சூடேற்றப்படும். வெப்ப அயனி வெளியிடல் மூலம் கேத்தோடு எலக்ட்ரான்களை வெளிவிடும். மின்னிழையைச் சூழ்ந்துள்ள மாலிப்டின உருளைக்கு (G) எதிர் மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே மின்னிழையிலிருந்து உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்கள் மெல்லிய கற்றையாகக் குவிக்கப்படும்.

தாமிரத் தண்டில் சிறிய அளவில் டங்ஸ்டன் அல்லது மாலிப்டினம் பொருத்தப்பட்டு இலக்காக (T) செயல்படுகிறது. ஆனோடு பின்வரும் பண்புகளைக் கொண்டிருக்கும்.

1. அதிக அணு எடை - வன் X கதிர்களை உண்டாக்க

2. அதிக உருகு நிலை - எலக்ட்ரான்கள் வேகமாக மோதுவதால் ஏற்படும் அதிக வெப்பத்தினால் உருகாமலிருக்க

3. அதிக வெப்பங் கடத்தும் திறன் - உண்டாகும் வெப்ப ஆற்றலை எடுத்துச் செல்ல.

தாமிர ஆனோடின் பரப்பு, மோதும் எலக்ட்ரான் கற்றையுடன் 45^o கோணத்தில் அமையும். தாமிரம் நற்கடத்தி, ஆகையால் உண்டாகும் வெப்ப ஆற்றல் ஆனோடினைச் சூழ்ந்துள்ள நீரால் குளிரூட்டப்படும் அமைப்பிற்கு விரைவில் எடுத்துச் செல்லப்படும். மின்னிழைக்கும், ஆனோடிற்கும் இடையில் 20 kV மின்னழுத்தம் செயல்படுத்தப் படுகிறது. இந்த மிக உயர்ந்த மின்னழுத்தத்தினால் எலக்ட்ரான்கள் முடுக்கப்பட்டு, இலக்கில் மோதி, இயக்க ஆற்றலை இழந்து, X – கதிர்கள் உருவாகும்.

X–கதிர்களின் செறிவானது இலக்கில் மோதும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைச் சார்ந்தது. (அதாவது மின்னிழை, எலக்ட்ரான்களை உமிழும் வீதம்). இதனை மின்னிழையின் மின்னோட்டத்தின் மூலம் கட்டுப்படுத்தலாம்.

6.3.2 மென் X –கதிர்கள் மற்றும் வன் X –கதிர்கள்

X–கதிர்கள் இரண்டு வகைப்படும். **(i)** மென் X -கதிர்கள் மற்றும் **(ii)** வன் X -கதிர்கள்

*(i) மென் **X** –கதிர்கள்*

4Å அல்லது அதைவிட அதிக அலைநீளம் கொண்ட X – கதிர்களின் அதிர்வெண் குறைவு. எனவே ஆற்றல் குறைவு. இவற்றின் ஊடுருவும் திறன் குறைவு என்பதால் இவற்றை மென் X-கதிர்கள் என்கிறோம். இவை ஓரளவு குறைந்த மின்னழுத்தத்தில் தோற்றுவிக்கப்படும்.

*(ii) வன் **X** – கதிர்கள்*

1Å அலைநீளம் கொண்ட X -கதிர்களின் அதிர்வெண் அதிகம், ஆற்றலும் அதிகம். இவற்றின் ஊடுருவும் திறன் அதிகம் என்பதால் வன் X-கதிர்கள் என்கிறோம். இவை ஓரளவு உயர்ந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு காரணமாகத் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன.

மின்னிழைக்கும், இலக்கிற்கும் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைப் பொருத்து எலக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றல் மாறுபடும். இம்மதிப்பினைப் பொருத்து X-கதிர்களின் அலைநீளம் அமையும்.

*6.3.3 **X**– கதிர்களின் பண்புகள்*

(i) X – கதிர்கள் மிகக் குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட மின்காந்த அலைகளாகும். கண்ணுக்குப் புலப்படாத இக்கதிர்கள் நேர்க்கோட்டில், ஒளியின் திசைவேகத்தில் செல்கின்றன.

(ii) இக்கதிர்கள் பிரதிபலித்தல், விலகல், குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு, தள விளைவு நிகழ்ச்சிகளுக்கு உட்படுகின்றன.

(iii) மின்னூட்டமற்றவை என்பதால் மின்புலம், காந்தப்புலம் இவற்றால் விலக்கமடையாது.

(iv) வாயுக்களை அயனியாக்குகின்றன.

(v) புகைப்படத் தகடுகளை பாதிக்கின்றன.

(vi) ஒளியால் ஊடுருவ இயலாத பொருள்களை இக்கதிர்கள் ஊடுருவும் (எடுத்துக் காட்டு: மரம், சதை, தடித்த காகிதம், மெல்லிய உலோகத் தகடு).

(vii) சில உலோகங்களின் மீது X– கதிர்கள் படும்போது, அவை எலக்ட்ரான்களை வெளியேற்றுகின்றன (ஒளிமின் விளைவு).

(viii) X– கதிர்கள் உயிருள்ள திசுக்களை அழிக்கவல்லவை. மனித உடலில் X–கதிர்கள் விழுந்தால் தோல் சிவந்து விடும், பெரிய காயங்களை ஏற்படுத்தும், இரத்த வெள்ளை அணுக்களை அழிக்கும்.

(ix) பளுவான உலோகம் (ஈயம்) மற்றும் எலும்பு வழியே ஊடுருவுவதில்லை. இத்தகைய பொருள்களை X– கதிரின் பாதையில் வைத்தால் நிழல் ஏற்படும்.

6.3.4 X–கதிர்களைக் கண்டுணர்தல்

X–கதிர்களைக் கண்டுணரப் பயன்படும் பண்புகள் (i) புகைப்படத் தகட்டினைக் கருமையாக்குதல் (ii) வாயு அல்லது ஆவியில் அயனிகளை உண்டாக்குதல். அயனியாக்கும் பண்பினைக் கொண்டு செயல்படும் அயனியாக்கும் கூடம் **(ionisation chamber)** என்ற கருவி மூலம் X–கதிர்களைக் கண்டுணர்ந்து, செறிவினை அளக்கலாம்.

6.3.5 X–கதிர்களை உட்கவர்தல்

X–கதிர்களை பொருள்கள் வழியே செலுத்தும்போது அதன் ஒரு பகுதி உட்கவரப்படுகிறது. dx நீளமுள்ள பொருளின் வழியே, I செறிவுடைய X–கதிர் கற்றை செல்லும் போது, அதன் செறிவு dI அளவு குறையும். எந்தவொரு பொருளுக்கும் உட்கவரப்பட்ட X–கதிரின் செறிவு μIdx ஆகும். இதில் μ என்பது உட்கவர் குணகம் எனப்படும். அதாவது $dI = -\mu Idx$.

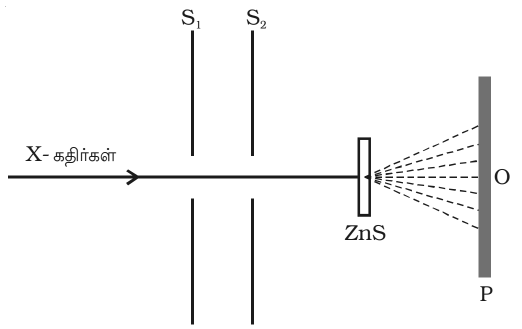
6.3.6 X–கதிர்களின் விளிம்பு விளைவு

X–கதிர்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டவுடன் ஸ்கஸ்டர் என்பவர் X–கதிர்கள், கண்ணுறு ஒளியினை விட மிகக் குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட மின்காந்த அலைகள் எனக் கூறினார். விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியைக் கொண்டு X–கதிரின் அலைநீளம் காண முயற்சி செய்யப்பட்டது. ஆனால், முடியவில்லை. X–கதிர்களின் மீச்சிறு அலைநீளம் காரணமாக, அவற்றால் கீற்றணியில் விளிம்பு விளைவு அடைய இயலவில்லை. விளிம்பு விளைவினை ஏற்படுத்த, கீற்றணியில் வரிக்கோடுகளுக்கிடையே உள்ள தொலைவு, அலைநீளத்திற்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும். எனவே X–கதிர்களை விளிம்பு விளைவிற்குட்படுத்த X–கதிரின் அலைநீளத்திற்குச் சமமான இடைவெளியில் கீற்றணியில் கோடுகள் இருக்க வேண்டும். இத்தகைய நுண்ணிய அமைப்பினை உருவாக்க இயலாது.

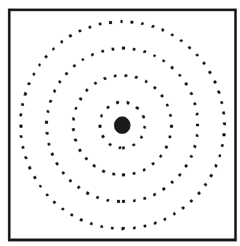
படிகங்களில் அணுக்கள், மூலக்கூறுகள் முப்பரிமாண முறையில் ஒழுங்காக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒழுங்கான வரிசை அமைப்பினைக் கொண்ட தளமானது அணிக்கோவைத் தளம் அல்லது பிளவுறு தளம் எனப்படும். அணுக்களின் இடையே உள்ள தொலைவு 10^{-10} m என்ற அளவில் இருக்கும். இம்மதிப்பு X– கதிரின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடக் கூடியதாக இருக்கும். படிகங்களில் பிளவுறு தளங்களில் அமைந்த அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகள், X– கதிர்களை விளிம்பு விளைவுக்கு உட்படுத்தக்கூடிய தகுந்த கீற்றணிமூலமாக செயல்படும். ஒளியியல் கீற்றணி இருபரிமாணமுடையது. படிகம் முப்பரிமாண கீற்றணியாகச் செயல்படும்.

6.3.7 லவே ஆய்வு ***(Laue experiment)***

1913ல் வான் லவே என்பவர் படிகம் ஒன்று, X– கதிர் கற்றைக்கு முப்பரிமாண கீற்றணியாக செயல்படும் என்றார். X– கதிரை விளிம்பு விளைவிற்கு உட்படுத்தும் லவே ஆய்விற்கான அமைப்பு படத்தில் (படம் 6.17a) காட்டப்பட்டுள்ளது. X–கதிர் குழாயிலிருந்து வரும் கற்றை S_1, S_2 என்ற இரண்டு பிளவுகளால் குவிக்கப்பட்டு துத்தநாக சல்பைடால் ஆன (*ZnS*) படிகம் வழியே செலுத்தப்படுகிறது. வெளிவரும் கதிர்கள் புகைப்படத் தகடு, P-யின் மீது விழச் செய்யப்படுகின்றன. விளிம்பு விளைவால் புகைப்படத்தின் மையத்தில் கருமைப் புள்ளியும் அதனைச் சுற்றி வரிசையான ஒழுங்கான வடிவத்தில் புள்ளிகளும் தோன்றின (படம் 6.17b). மையப் புள்ளியானது நேரடிக் கற்றையாலும், அதனைச் சூழ்ந்துள்ள புள்ளிகள், படிகத்தின் வெவ்வேறு அணுக்களால் X–கதிர் விளிம்பு விளைவிற்குட்பட்டதால் தோன்றியவையாகும். இப்புள்ளிகள் லவே புள்ளிகள் (Laue Spots) எனப்படும். இந்த ஆய்வு இரண்டு கருத்துகளை வலியுறுத்தியது. அவை



படம் 6.17 (a) லவே சோதனையின் அமைப்பு



படம் 6.17 (b) லவே புள்ளி

(i) X–கதிர்களும் மிகக் குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட மின்காந்த அலைகளே.

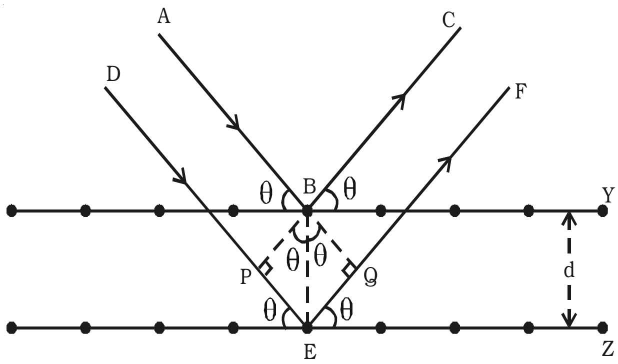
(ii) படிகத்தில் அணுக்கள், ஒழுங்கான முப்பரிமாண அணிக்கோவையில் அமைந்திருக்கும்.

6.3.8 ***X–கதிர் விளிம்பு விளைவிற்கான பிராக் விதி (Bragg's Law)***

W.L. பிராக் மற்றும் W.H. பிராக் என்பவர்கள் X–கதிர் விளிம்பு விளைவு பற்றிய பல ஆய்வுகள் செய்தபின், இந்துப்பு படிகத்தினைக் (Rock salt) கொண்டு, X–கதிரின் அலை நீளத்தினைக் கணக்கிட்டனர்.

ஒற்றை அலைநீளம் (λ) கொண்ட X–கதிர்கள் படிகத்தின் மீது θ சாய்கோணத்தில் (glancing angle) விழுமாறு செய்யப்படுகிறன. AB மற்றும் DE என்ற படுகதிர்கள் Y, Z தளங்களில் பிரதிபலித்து (படம் 6.18) முறையே BC, EF பாதைகளில் செல்கின்றன.

அணிக்கோவைத் தளங்களுக்கிடையே உள்ள தொலைவு d என்போம். *DE* மற்றும் *EF* -க்கு முறையே BP மற்றும் BQ என்ற செங்குத்துக் கோடுகள்



படம் 6.18 பிராக் விதி

வரையப்படுகின்றன. ABC, DEF ஆகிய இரு கதிர்களுக்கு இடையேயான பாதை வேறுபாடு $PE + EQ$ ஆகும்.

$$\Delta PBE \text{ ல் } \sin\theta = \frac{PE}{BE} \text{ அல்லது } PE = BE \sin\theta = d \sin\theta$$

$$\Delta QBE \text{ ல் } \sin\theta = \frac{EQ}{BE} \text{ அல்லது } EQ = BE \sin\theta = d \sin\theta$$

$\therefore$ பாதை வேறுபாடு $= PE + EQ = d \sin\theta + d \sin\theta = 2d \sin\theta$

இந்த பாதை வேறுபாடு $2d \sin\theta$ ன் மதிப்பு X–கதிரின் அலைநீளத்தின் முழு எண் மடங்குகளாக இருந்தால், ஆக்கக் குறுக்கீடு ஏற்பட்டு பெருமச் செறிவு உண்டாகும்.

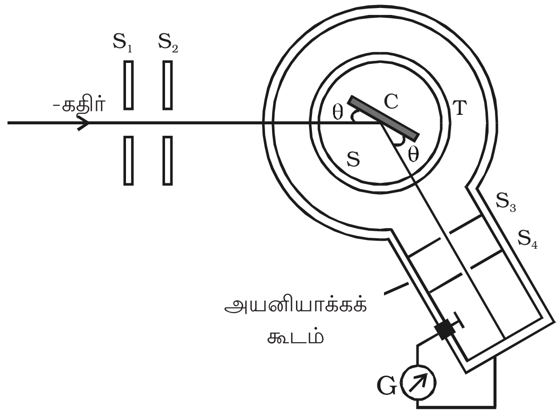
$\therefore$ $2d \sin\theta = n\lambda$ இங்கு $n = 1, 2, 3 \ldots$

இதுவே பிராக் விதி ஆகும்.

6.3.9 பிராக் X-கதிர் நிறமாலைமானி

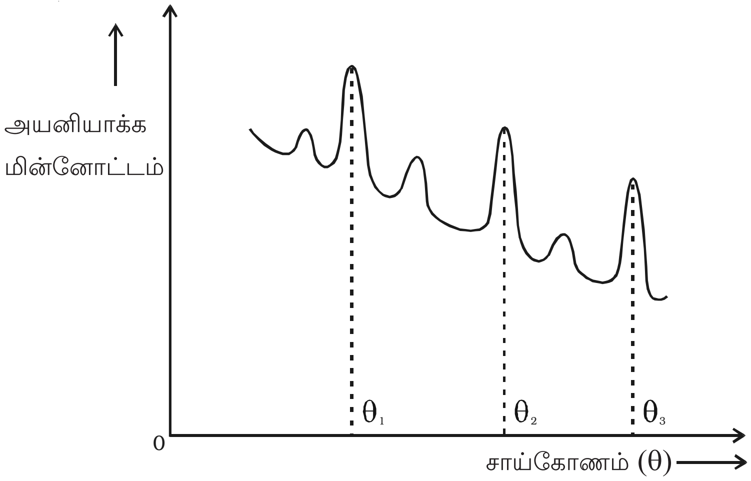
பிராக் நிறமாலைமானி படத்தில் (படம் 6.19) காட்டப்பட்டுள்ளது. X–கதிரின் அலை நீளத்தினைக் கணக்கிட உதவும் இதன் அமைப்பு ஒளியியல் நிறமாலைமானியைப் போன்றது.

X–கதிர் குழாயிலிருந்து வரும் X–கதிர்கள் S_1, S_2 என்ற மெல்லிய பிளவுகள் வழியே



படம் 6.19 பிராக் நிறமாலைமானி

அனுப்பப்பட்டு மெல்லிய கற்றையாக்கப்படுகின்றன. இக்கற்றை, நிறமாலைமானியின் மேடை மீதுள்ள 'C' என்ற படிகத்தின் மீது (பொதுவாக சோடியம் குளோரைடு) விழுமாறு செய்யப்படுகிறது. இந்த மேடையானது செங்குத்து அச்சினைப் பொருத்து சுழலும். சுழற்சியினை வட்ட அளவுகோல்மூலம் அளக்கலாம். பிரதிபலிக்கப்பட்ட X–கதிர் கற்றை S_3, S_4 என்ற பிளவுகள் வழியே சென்று, அயனியாக்கக் கூடத்தில் **(ionisation chamber)** நுழையும். X–கதிர்கள், கூடத்தில் உள்ள வாயுவினை அயனியாக்கும். இதனால் மின்வாய்களுக்கிடையே உண்டாகும் மின்னோட்டத்தினை கால்வனாமீட்டர் **(G)** மூலம் அளக்கலாம். அயனியாக்க மின்னோட்டமானது, படிகத்தால் பிரதிபலிக்கப்பட்ட X–கதிரின் செறிவினைப் பொருத்து அமையும்.



படம் 6.20 சாய்கோணம் - அயனியாக்க மின்னோட்டம் வரைபடம்

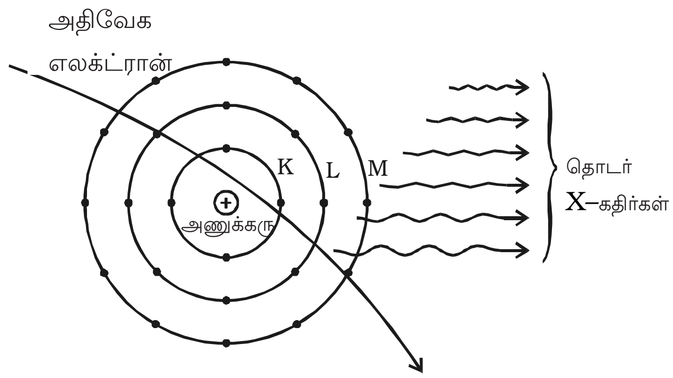
வெவ்வேறு சாய்கோணங்களில் (θ) அயனியாக்க மின்னோட்டம் அளக்கப்பட்டு, இம்மதிப்புகள் வரைபடத்தில் (படம் 6.20) குறிக்கப்படுகின்றன. குறிப்பிட்ட சில சாய்கோணங்களுக்கு அயனியாக்க மின்னோட்டம் திடீரென்று உயரும். முதல் பெரும மதிப்பு முதல் வரிசையையும் எனவும், இரண்டாவது பெரும மதிப்பு, இரண்டாம் வரிசையையும் குறிக்கின்றன. வெவ்வேறு வரிசைகளுக்கான சாய்கோணங்களை அளக்கலாம். தெரிந்த சாய்கோணம் θ மற்றும் அணிக்கோவை இடைவெளி d மதிப்புகளைக் கொண்டு X- கதிரின் அலைநீளத்தினைக் கணக்கிடலாம்.

6.3.10 X–கதிர் நிறமாலை - தொடர் மற்றும் சிறப்பு X–கதிர் நிறமாலை

X–கதிர் குழாயிலிருந்து தோன்றும் நிறமாலை இரண்டு வேறுபட்ட பகுதிகளைக் கொண்டது.

(i) தொடர் X–கதிர் நிறமாலை

கண்ணுறு ஒளியின் தொடர்நிறமாலையைப் போன்று, *X*–கதிர் நிறமாலையிலும் சிறிய அலைநீளம் முதல் பெரும மதிப்பு வரை அனைத்து அலைநீளங்களும் இருக்கும்.



*படம் 6.21 தொடர் **X** –கதிர் தோற்றம்*

தொடர் X–கதிர் நிறமாலையின் தோற்றம்

அதிக திசைவேகத்தில் செல்லும் எலக்ட்ரான் கற்றை, அதிக அணு எண் கொண்ட இலக்குப் பொருளின் மீது மோதி, X- கதிர்களை உண்டாக்கும். X-.கதிர்களை உருவாக்கும் போது, எலக்ட்ரானின் ஆற்றலின் பெரும்பகுதி இலக்குப் பொருளை வெப்பப்படுத்துதலில் வீணாகிறது.

விரைந்து செல்லும் எலக்ட்ரான், இலக்குப் பொருளில் உள்ள அணுவின் உள்பகுதிக்குள் செல்வதால், அது அணுக்கருவினால் கவரப்படும். இவ்விசையினால் எலக்ட்ரான் தனது பாதையிலிருந்து விலகும். இதனால் எலக்ட்ரான் எதிர் முடுக்கம் பெறுவதால், அதன் ஆற்றல் தொடர்ந்து குறையும். எதிர் முடுக்கத்தினால் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பு, தொடர்ந்து மாறுகின்ற அலைநீளம் கொண்ட X-கதிர்களாக வெளிப்படும். பெரும அதிர்வெண் ($\nu_{\text{பெருமம்}}$) அல்லது சிறும அலைநீளம் ($\lambda_{\text{சிறுமம்}}$) வரை தொடர்ச்சியான பல்வேறு அதிர்வெண்களை X-கதிர்கள் பெற்றிருக்கும். இவை தொடர் X-கதிர்கள் எனப்படும். X-கதிரின் சிறும அலைநீளமானது ஆனோடு மின்னழுத்தத்தைச் சார்ந்தது. ஆனோடிற்கும், கேத்தோடிற்கும் இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடு V எனில்,

$$eV = h\nu_{\text{பெருமம்}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{சிறுமம்}}} \quad [\because \nu = \frac{c}{\lambda}]$$

வெளிவிடப்படும் கதிர்வீச்சின் சிறும அலைநீளம்

$$\lambda_{\text{சிறுமம்}} = \frac{hc}{eV}$$

இங்கு h என்பது பிளாங்க் மாறிலி, c என்பது ஒளியின் திசைவேகம் மற்றும் e என்பது எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம். இவற்றின் மதிப்புகளைப் பிரதியிட

$$\lambda_{\text{சிறுமம்}} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{1.6\times10^{-19}\times V} = \frac{12400}{V}\ \text{Å}$$

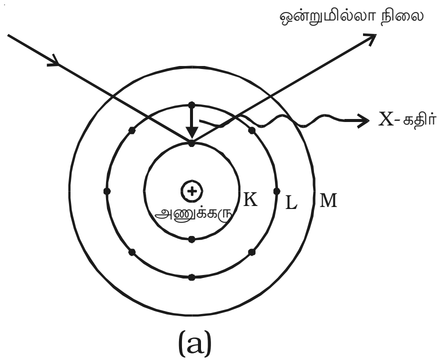
குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தத்திற்கு, எல்லா உலோகங்களுக்கும் சிறும அலைநீளம் சமமாகவே இருக்கும்.

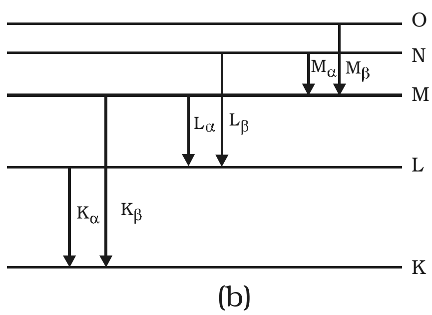
(ii) சிறப்பு X– கதிர் நிறமாலை

இதில், குறிப்பிட்ட வரையறுக்கப்பட்ட அலைநீளங்கள் தொடர் நிறமாலையுடன் மேற்பொருந்தி வரும். இவ்வரிகள் பொதுவாக சிறு தொகுதியாக இருக்கும், இலக்குப் பொருளைப் பொருத்து இவ்வரிகள் அமையும்.

சிறப்பு X- கதிர் நிறமாலையின் தோற்றம்

விரைந்து செல்லும் எலக்ட்ரான்களில் சில, சுமாராக ஒளியின் திசைவேகத்தின் (1/10)மடங்கு வேகத்தில் சென்று, இலக்குப் பொருளின் பரப்பினை ஊடுருவி, இறுக்கமாக பிணைக்கப்பட்ட, மிகவும் உள்ளடங்கிய கூட்டிலுள்ள (K, L கூடுகள்) எலக்ட்ரான்களைக் கூட வெளியேற்றும். படம் 6.22a-ல் விரைந்து செல்லும் எலக்ட்ரான் K கூட்டிலுள்ள எலக்ட்ரானை நீக்குகிறது. இதனால் ஏற்படும் காலியிடம், அடுத்துள்ள L கூட்டிலுள்ள எலக்ட்ரானால் நிரப்பப்படுகிறது. எலக்ட்ரானின் இடம் பெயர்வு காரணமாக ஏற்படும் ஆற்றல் வேறுபாடானது சிறிய அலைநீள X-கதிராக வெளிவிடப்படுகிறது. இதனை K_α வரி எனலாம். இதன் அதிர்வெண் (ν_1)மதிப்பானது $E_K - E_L = h\nu_1$என்ற தொடர்பால் குறிக்கப்படும். M கூட்டிலிருந்துK கூட்டிற்கு எலக்ட்ரான் இடம் பெயர்ந்தால் தோன்றுவது K_β வரி ஆகும். M கூட்டிலிருந்து L கூட்டிற்கு எலக்ட்ரான் இடம் பெயர்ந்தால் L_α வரியை உண்டாக்கும். இதேபோன்று L கூட்டிலுள்ள காலியிடம் N கூட்டிலுள்ள எலக்ட்ரானால் நிரப்பப்பட்டால் L_β வரியை உண்டாக்கும் (படம் 6.22b). கதிர்வீச்சின் அதிர்வெண், இலக்கின் தன்மையைப் பொருத்தது. இலக்குப் பொருளின் தன்மையைக் குறிக்கக் கூடிய குறிப்பிட்ட அலைநீளம் கொண்ட இந்த நிறமாலை சிறப்பு X-கதிர் நிறமாலை எனப்படும்.





படம் 6.22 சிறப்பு X –கதிர் நிறமாலை

6.3.11 மோஸ்லே விதி ***(Moseley's law)***

மோஸ்லே என்பவர் வெவ்வேறு இலக்குப் பொருள்கள் வெளிவிடும் கதிர்வீச்சினை முறையாக ஆராய்ந்தார். இந்த ஆய்வுகளிலிருந்து, சிறப்பு X-கதிர் நிறமாலையில் தோன்றும் நிறமாலை வரியின் அதிர்வெண், உமிழும் தனிமத்தின் அணு எண்ணின் **(Z)** இருமடிக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும் எனக் கூறினார். இது மோஸ்லே விதி எனப்படும்.

அதாவது $\nu \propto Z^2$ (அல்லது) $\sqrt{\nu} = a(Z - b)$

இங்கு a, b என்பன குறிப்பிட்ட நிறமாலை வரிக்கான மாறிலிகள் ஆகும்.

மோஸ்லே விதியின் பயன்பாடுகள்

(i) தனிம வரிசை அட்டவணையிலுள்ள முரண்பாடுகளை மோஸ்லே விதியைக் கொண்டு நீக்கலாம். தனிம வரிசை அட்டவணையில் தனிமங்களை அவற்றின் அணு எடைகளைக் கொண்டு அல்லாமல் அவற்றின் அணு எண்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு வரிசைப்படுத்த வேண்டும்.

(ii) மோஸ்லே விதியைக் கொண்டு ஹாப்னியம் **(hafnium) (72),** டெக்னட்டியம் **(technetium) (43)**, ரினியம் **(rhenium) (75)**போன்ற புதிய தனிமங்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன.

(iii) இவ்விதியினைக் கொண்டு கண்டறியப்படாதத் தனிமங்களின் **(rare earths)** அணு எண்ணைக் கணக்கிட்டு, தனிம வரிசை அட்டவணையில் அவற்றின் நிலைகளை முடிவு செய்யலாம்.

6.3.12 ***X–கதிரின் பயன்கள்***

X–கதிரின் பல பயன்களில் சில கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

மருத்துவப் பயன்கள்

(i) X–கதிர்கள் பெரும்பாலும் எலும்பு முறிவு, கட்டிகள், மனித உடலில் துப்பாக்கி குண்டு போன்ற தேவையற்ற பொருள்கள் இருப்பது ஆகியவற்றை கண்டறிய உதவுகின்றன.

(ii) X–கதிர்கள் காசநோயைக் கண்டறியவும், மேலும் சிறுநீரகம், பித்தப்பையில் உள்ள கல் இவற்றை அறியவும் உதவும்.

(iii) பலவித தோல் நோய்கள், உயிருக்கு ஆபத்து விளைவிக்கும் சீழ்ப்புண், புற்றுநோய் மற்றும் கட்டிகள் ஆகியவற்றை தகுந்த தரம்வாய்ந்த, X–கதிர்களை கட்டுப்பாடான முறையில் அவற்றின் மீது விழச் செய்து, குணப்படுத்தலாம்.

(iv) உடலின் உட்பகுதியில் இருக்கக்கூடிய கட்டிகளை வன் X–கதிர்களைக் கொண்டு அழிக்கலாம்.

தொழில்துறையில் பயன்கள்

(i) பொருள்களின் உட்பகுதியில் உள்ள குறைகள், வெடிப்புகள் ஆகியவற்றை அறியலாம்.

(ii) பற்ற வைப்புகள் **(welding),** மின்காப்புப் பூச்சுகளின் தன்மை இவற்றை சோதனை செய்ய உதவும்.

(iii) உலோகக் கலவை மற்றும் கலப்புப் பொருள்களின் அமைப்பினை அறிய உதவும்.

(iv) ரப்பர், செல்லுலோஸ், பிளாஸ்டிக் இழை போன்றவற்றின் அமைப்பினை ஆராய உதவும்.

அறிவியல் ஆராய்ச்சி

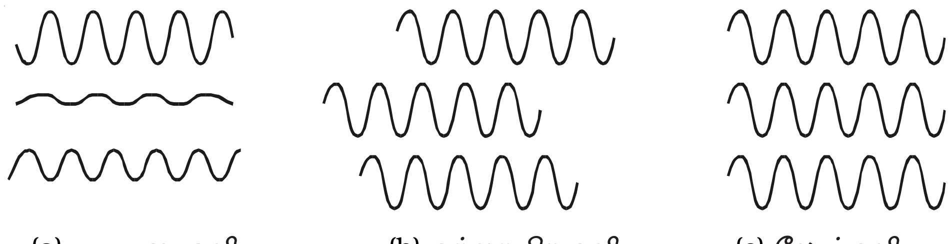
(i) படிகத் திண்மங்கள் மற்றும் உலோகக் கலவைகளின் அமைப்பினை ஆராய உதவுகின்றன.

(ii) வேதியியல் தனிமங்களைக் கண்டறியவும், அவற்றின் அணு எண்களைக் கணக்கிடவும் உதவும்.

(iii) சிக்கலான மூலக்கூறின் அமைப்பினை X-கதிர் விளிம்பு விளைவு மூலம் அறியலாம்.

6.4 லேசர் (Laser)

சாதாரண ஒளிமூலம் ஒன்று வெளிவிடும் ஒளி ஓரியல்பற்றது, ஏனெனில் வெவ்வேறு அணுக்கள் வெவ்வேறு கட்டங்களில் ஒளியை உமிழும். குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு ஓரியல் மூலங்கள் மிக அவசியம். இரண்டு தனிப்பட்ட மூலங்கள் ஓரியல் மூலங்களாகச் செயல்படாது. சோதனைகளுக்கு ஒரு ஒளி மூலத்திலிருந்து இரண்டு ஓரியல் மூலங்களைப் பெறலாம். சமீப காலமாக முழுமையான ஓரியல் பண்பினைக் கொண்ட மூலங்கள் உண்டாக்கப்பட்டன. இவை லேசர் எனப்படும். LASER என்பது **(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)** என்ற ஆங்கிலச் சொற்றொடரின் சுருக்கமாகும். சாதாரண ஒளிக்கும், லேசர் **(LASER)** ஒளிக்கும் உள்ள வேறுபாடு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. (படம் 6.23)



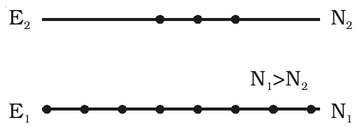
(a) *சாதாரண ஒளி* (b) *ஒற்றை நிற ஒளி* (c) *லேசர் ஒளி*

படம் 6.23 அலை வடிவங்கள்

6.4.1 லேசரின் சிறப்பியல்புகள்

லேசர் கற்றை என்பது **(i)** ஒற்றை நிற ஒளியைக் கொண்டது **(ii)** ஓரியல்பு தன்மையுடையது. எல்லா அலைகளும் ஒரே கட்டத்தில் இருக்கும். **(iii)** விரிந்து செல்லாது **(iv)** அதிகச் செறிவு கொண்டது.

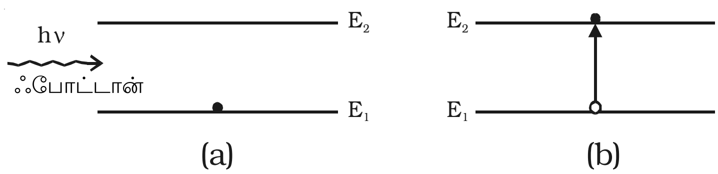
6.4.2 தன்னிச்சையான உமிழ்வு மற்றும் தூண்டு உமிழ்வு



படம் 6.24 இயல்புநிலை அணுத்தொகை

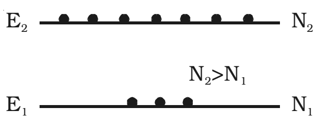
ஒரு அணு E_1, E_2 என்ற இரண்டு ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு இடையே இடம் பெயர வேண்டுமெனில் $E_2 - E_1 = h\nu$ ஆற்றல் கொண்ட ஃபோட்டானை உமிழ வேண்டும் அல்லது உட்கவர வேண்டும்.

வெப்பச்சமநிலையில் அடிநிலையில் அணுக்களின் எண்ணிக்கை (N_1) கிளர்ச்சி நிலையிலுள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கையைவிட (N_2) அதிகமாக இருக்கும். இது இயல்பு நிலை அணுத்தொகை எனப்படும் (படம் 6.24). கட்டற்ற அணுக்கள் கொண்ட மாதிரியைக் கருதுவோம். இதில் சில அணுக்கள் E_1 ஆற்றலுடன் அடிநிலையிலும், சில E_2 ஆற்றலுடன் கிளர்ச்சி நிலையிலும் இருப்பதாகக் கொள்வோம். $h\nu = E_2-E_1$ ஆற்றல் கொண்ட ஃபோட்டான் அடிநிலை அணுக்களுடன் மோதினால், அடிநிலையிலுள்ள அணுக்கள் கிளர்ச்சி நிலைக்குச் செல்லும். இது தூண்டு உட்கவர்தல் எனப்படும் (படம் 6.25).



படம் 6.25 தூண்டு உட்கவர்தல்

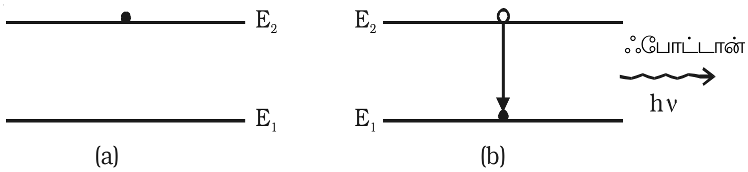
அடிநிலையிலுள்ள அணுக்களை, கிளர்ச்சி நிலைக்கு எடுத்துச் செல்லும் நிகழ்ச்சி தெறிப்பு (pumping) எனப்படும்.



படம் 6.26 அணுத் தொகை ஏற்றம்

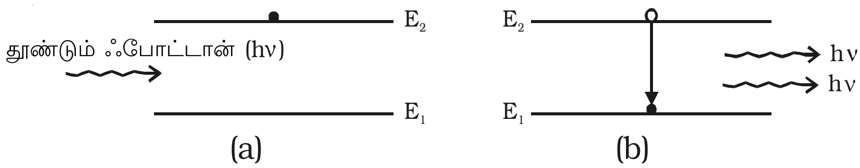
அணுக்கள் ஒளியாற்றல் மூலம் உயர் ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு எடுத்துச் செல்லப்பட்டால், ஒளியியல் தெறிப்பு (optical pumping) எனப்படும். வெளிப்புறத் தூண்டுதல் மூலம் அடிநிலையிலிருந்து அணுக்கள் கிளர்ச்சி நிலைக்குச் சென்றால், கிளர்ச்சி நிலை அணுக்களின் எண்ணிக்கை (N_2) அடி நிலை அணுக்களின் எண்ணிக்கையை (N_1) விட அதிகமாகும். இந்நிகழ்ச்சி அணுத்தொகை ஏற்றம் (population inversion) எனப்படும் (படம் 6.26).

கிளர்ச்சி நிலையில் அணுக்களின் ஆயுள் பொதுவாக 10^{-8}s ஆகும். சில கிளர்ச்சி நிலைகளில் ஆயுட்காலம் 10^{-3}s என்ற அளவில் அதிகமாக இருக்கும். இத்தகைய நிலை இடைநிலை (meta stable state) எனப்படும். கிளர்ச்சி நிலையானது சாதாரண நிலையாக இருந்தால் கிளர்ச்சி அணுக்கள் புற உதவியின்றி அடிநிலையை அல்லது தாழ்மட்ட நிலையை அடையும். இந்நிகழ்வின் போது. $E_2-E_1 = h\nu$ ஆற்றல் கொண்ட ஃபோட்டான் உமிழப்படும் (படம் 6.27). இது தன்னிச்சையான உமிழ்வு எனப்படும்.



படம் 6.27 தன்னிச்சையான உமிழ்வு

கிளர்ச்சி நிலையானது இடைநிலையாக இருந்தால் அணுக்கள் இந்நிலையில் சற்று அதிக நேரம் இருக்கும். $E_2 - E_1 = h\nu$ ஆற்றல் கொண்ட ஃபோட்டான்களை, இடைநிலையிலுள்ள அணுக்களின் மீது மோதச் செய்து அவற்றை அடிநிலைக்குக் கொண்டு வரலாம். இந்நிலையில் $E_2 - E_1 = h\nu$ ஆற்றலுடைய ஃபோட்டான் உமிழப்படும். இது தூண்டு உமிழ்வு **(Induced emission)** எனப்படும் (படம் 6.28).



படம் 6.28 தூண்டு உமிழ்தல்

வெளிப்படும் ஃபோட்டான் ஆனது தூண்டு ஃபோட்டான் அல்லது இரண்டாம் நிலை ஃபோட்டான் எனப்படும். இரண்டாம் நிலை ஃபோட்டான் எப்போதும் தூண்டுவிக்கும் ஃபோட்டானுடன் ஒத்த கட்டத்தில் இருக்கும். இந்த ஃபோட்டான்கள் மீண்டும் ஃபோட்டான் உமிழ்தலைத் தூண்டுவித்து ஒரு தொடர் வினையை உண்டாக்கும். இதுவே லேசர் செயல்பாடு **(Laser action)** எனப்படும். உருவாக்கப்படும் ஃபோட்டான்கள் அனைத்தும் ஒரே கட்ட நிலையில் இருக்கும். எனவே சிறந்த ஒற்றைநிற, முற்றிலும் ஓரியல்பான, செறிவுமிக்க ஒளியினை லேசர் உண்டாக்கும்.

லேசர் செயலைப் பெற வேண்டிய நிபந்தனைகள்

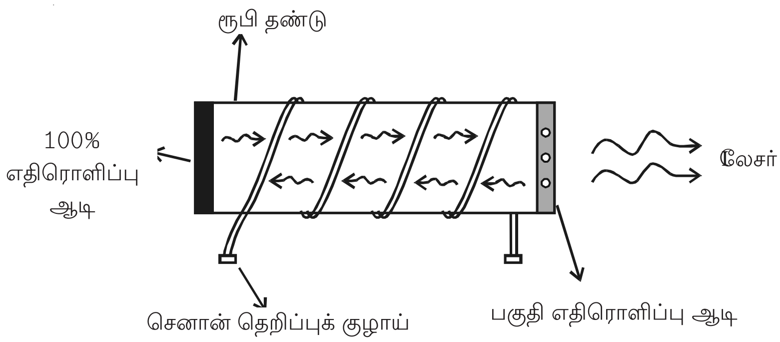
(i) அணுத்தொகை ஏற்றம் இருக்க வேண்டும். அதாவது அடிநிலையை விட கிளர்ச்சி நிலையில் அதிக அணுக்கள் இருக்க வேண்டும்.

(ii) கிளர்ச்சியுற்ற நிலை இடைநிலையாக இருக்க வேண்டும்.

(iii) வெளிவரும் போட்டான்கள், மேலும் ஃபோட்டான்கள் வெளிவருவதைத் தூண்ட வேண்டும். இதனை, எதிரொளிக்கும் கண்ணாடிகள் இரண்டு முனைகளில் வைக்கப்படுவதால் பெறலாம்.

6.4.3 ரூபி லேசர் ***(Ruby laser)***

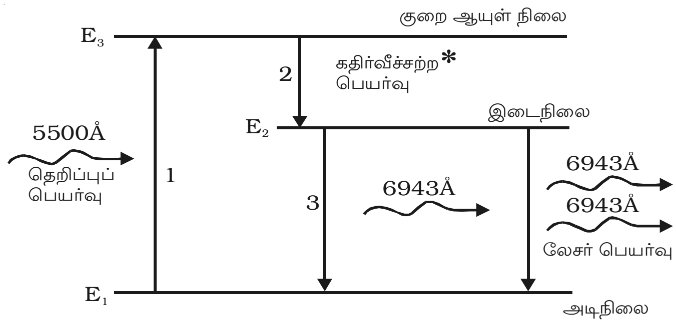
T.மெய்மன் **(T.Maiman)** என்பவரால் 1960ல் ரூபி லேசர் வடிவமைக்கப் பட்டது. இது **10 cm** நீளமும், **0.8 cm** விட்டமும் கொண்ட ரூபி படிகத் தண்டினைக் கொண்டது. ரூபி என்பது அலுமினிய ஆக்சைடால் (Al_2O_3) ஆனது. இதில் சில அலுமினிய அணுக்கள், குரோமியம் அயனிகளால் (Cr^{3+}) இடம் பெயர்வு



படம் 6.29 ரூபி லேசர்

செய்யப்படுகின்றன. ரூபி தண்டின் முனைகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாகவும், தட்டையாகவும் இருக்கும். ஒரு முனை முழுவதும் வெள்ளிப் பூச்சு கொடுக்கப்பட்டு ஆடியாகவும், மறு முனைப் பகுதி வெள்ளிப் பூச்சு **(Semi silvered)** கொடுக்கப்பட்டு பகுதி ஊடுருவும் ஆடியாகவும் செயல்படும். ரூபித் தண்டினைச் சுற்றி சுருள் வடிவ செனான் **(Zenon)** தெறிப்புக் குழாய் உள்ளது. இதிலிருந்து வரும் ஒளி குரோமிய அணுக்களை உயர்ந்த நிலைக்கு எடுத்துச் செல்லும் (படம் 6.29). செனான் குழாயிலிருந்து வெளிவரும் ஒவ்வொரு ஒளித் தெறிப்பும் பல மில்லிவினாடிகளுக்கு நீடித்திருக்கும். ஒவ்வொரு தெறிப்பும் சில ஆயிரம் ஜூல்கள் ஆற்றல் உடையதாக இருக்கும்.

படம் 6.30ல் ரூபி லேசரில் உள்ள குரோமிய அணுக்களின் கிளர்ச்சி மற்றும் அடிநிலை ஆற்றல் மட்டங்கள் காட்டப் பட்டுள்ளன. சாதாரண நிலையில் பெரும் பாலான குரோமிய அணுக்கள் அடிநிலை



படம் 6.30 ரூபி லேசரின் ஆற்றல் மட்ட படம்

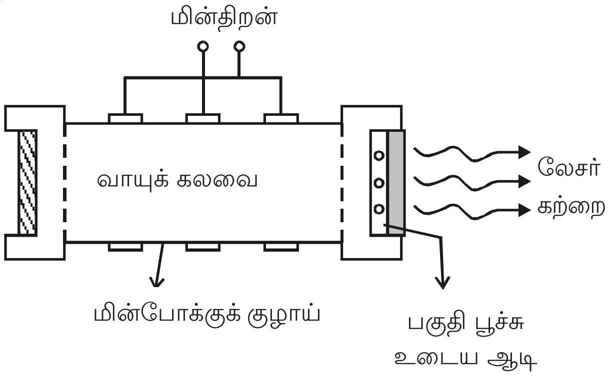
**இந்நிலையில் வெளிவிடும் கதிர்வீசல், அமைப்பினை சூடேற்ற உதவும். எனவே, இந்த அமைப்பிலிருந்து கதிர்வீசல் வெளிவராது.*

E_1-ல் இருக்கும். ஒளித் தெறிப்புக் குழாயினால் ஒளியூட்டப்படும் போது 5500 Å அலை நீளம் கொண்ட (பச்சை நிற ஒளி) ஃபோட்டான் களை குரோமியம் அயனிகள் உட்கவர்வ தால், அவை கிளர்ச்சி நிலை E_3க்கு செல்கின் றன. இந்த கிளர்ச்சி அயனிகள், ஆற்றலின் ஒரு பகுதியை படிகத் தின் அணிக்கோவைக்குக் கொடுத்துவிட்டு கதிர்வீசலை வெளிவிடாமல் இடைநிலையை (E_2) அடையும். E_2 நிலையில் ஆயுட்காலம் (10^{-3} s) அதிகம். எனவே இடைநிலையில் அணுக்களின் எண்ணிக்கை தொடர்ந்து உயரும். இவ்வாறு E_1, E_2 நிலைகளுக்கிடையே அணுத்தொகை ஏற்றம் ஏற்படுகிறது. இடைநிலை E_2 உள்ள கிளர்ச்சி அயனி, தன்னிச்சையாகத் அடிநிலை E_1க்கு செல்லும் போது 6943 Å அலைநீளம் கொண்ட ஃபோட்டானை வெளிவிடும். இந்த ஃபோட்டான் ரூபித் தண்டின் வழியே சென்று, முன்னும் பின்னும் ஆடிகளால் பிரதிபலித்து, கிளர்ச்சி அயனிகளைத் தூண்டி புதிய ஃபோட்டான்களை அதே கட்ட நிலையில் உண்டாக்கும். இவ்வாறான பிரதிபலிப்புகள் தூண்டு உமிழ்வு நிகழ்ச்சியை கூடுதலாக உண்டாக்கும். இந்தத் தூண்டு உமிழ்வுதான் லேசர் நிகழ்வு ஆகும். இறுதியாக 6943 Å அலைநீளம் கொண்ட சிவப்பு நிற ஒளித் துடிப்புகள், பகுதி வெள்ளிப்பூச்சு பெற்ற படிகத்தின் முனைவழியே வெளியேறும்.

6.4.4 ஹீலியம் - நியான் லேசர்

தொடர்ச்சியான, செறிவு மிக்க லேசர் கற்றையினை வாயு லேசர்கள் மூலம் பெறலாம். ஹீலியம் - நியான் லேசரின் முக்கியப் பகுதிகள் படத்தில் (படம் 6.31) காட்டப்பட்டுள்ளன.

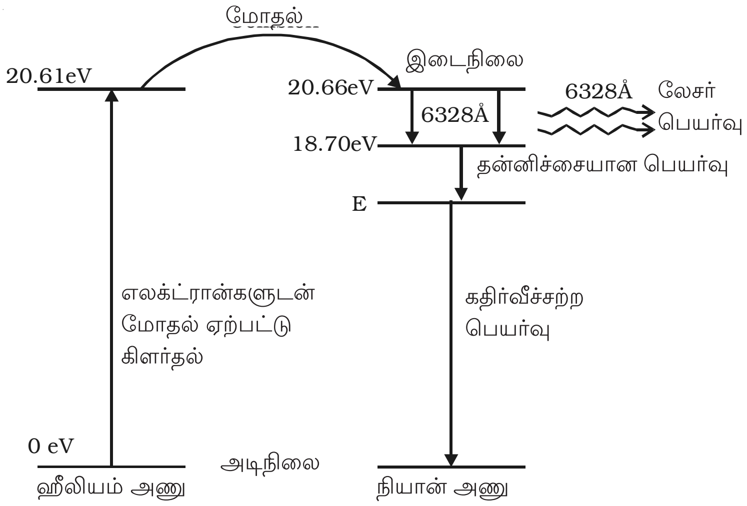
He – Ne லேசரில் குவார்ட்ஸ் குழாய் ஒன்றுள்ளது. இதனுள் 1 mm பாதரச அழுத்தத்தில் 1 : 4 என்ற விகிதத்தில் ஹீலியம் - நியான் வாயுக்கள் உள்ளன. குழாயின் ஒரு முனையில் முழுதும் பிரதிபலிக்கக்கூடிய ஆடி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். மறுமுனையில், ஒரு பகுதி ஒளியை மட்டும் பிரதிபலிக்குமாறு, பகுதி வெள்ளிப்பூச்சு உடைய ஆடி இருக்கும்.



படம் 6.31 ஹீலியம் - நியான் லேசர்

வாயுவில் மின் போக்கினை நிகழ்த்த ஒரு திறன்மிக்க ரேடியோ அதிர்வெண் மின்னியற்றி பயன்படுகிறது. இதனால் ஹீலிய அணுக்கள் உயர்ந்த நிலைக்கு கிளர்ச்சியடையும்.

படம் 6.32ல் He – Ne அணுக்களின் ஆற்றல் மட்டங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன. வாயுவின் வழியே மின்போக்கு நிகழும்போது, குழாயிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் ஹீலிய,



படம் 6.32 ***He – Ne*** *லேசர் அமைப்பின் ஆற்றல் மட்டத்தினைக் குறிக்கும் படம்*

நியான் அணுக்களுடன் மோதலுற்று அவற்றை அடிநிலையிலிருந்து 20.61 eV மற்றும் 20.66 eV ஆற்றல் கொண்ட இடைநிலைகளுக்கு உயர்த்தும். கிளர்ச்சியுற்ற சில ஹீலியம் அணுக்கள் மோதலின் மூலம் ஆற்றலை கிளர்ச்சியுறாத நியான் அணுக்களுக்கு கொடுக்கும். இவ்வாறு நியான் அணுக்களின் அணுத்தொகை ஏற்றத்திற்கு ஹீலியம் அணுக்கள் உதவுகின்றன. நியான் அணு 20.66 eV ஆற்றல் கொண்ட கிளர்ச்சி நிலையிலிருந்து 18.70 eV ஆற்றல் கொண்ட குறைந்த ஆற்றல் மட்டத்திற்கு தன்னிச்சையாகச் செல்லும் போது 6328 Å அலைநீளம் கொண்ட கண்ணுறு பகுதியிலுள்ள ஃபோட்டான்களை உமிழும். இந்த ஃபோட்டான் பிரதிபலிக்கும் முனையில் எதிரொளிப்பு அடையச் செய்யப்பட்டு, வாயுக் கலவையின் வழியே முன்னும் பின்னும் செல்லும். அப்போது, கிளர்ச்சியுற்ற நியான் அணு தூண்டப்பட்டு, புதியதாக 6328 Å அலைநீள ஃபோட்டான் உமிழப்பட்டு, தூண்டு போட்டானுடன் சேர்ந்து ஒரே கட்டத்தில் வெளிவரும். 20.66 eV லிருந்து 18.70 eV க்கு ஏற்படும் தூண்டப்பட்ட பெயர்வு, லேசர் நிகழ்வு ஆகும். லேசர் கற்றையானது, பகுதி வெள்ளிப்பூச்சு கொடுக்கப்பட்ட பரப்பின் வழியே வெளியேறும். நியான் அணுக்கள் 18.70 eV நிலையிலிருந்து E ஆற்றல் கொண்ட குறைந்த நிலைக்குத் தன்னிச்சையாகத் தாவி ஓரியல்பற்ற ஒளியை உமிழும். இந்த ஆற்றல் மட்டம் E லிருந்து, Ne அணுக்கள், மோதல்கள் மூலம் குழாயின் சுவர்களில் மோதலுற்று அடிநிலையை அடைகின்றன. இறுதியாக ஏற்படும் நிகழ்வு கதிர்வீச்சற்றது.

6.4.5 லேசரின் பயன்கள்

உயர்ந்த ஓரியல் பண்பு, அதிகச் செறிவு காரணமாக லேசர் கற்றையானது அறிவியல் மற்றும் பொறியியல் துறைகளில் பயன்படுகிறது.

தொழில்துறை பயன்கள்

(i) லேசர் கற்றையினைப் பயன்படுத்தி வைரம் மற்றும் கடினமான, தடித்த தகடு போன்றவற்றில் மிக நுண்ணிய துளைகளிடலாம்.

(ii) கடினமான உலோகங்களின் தடித்த தகடுகளை வெட்டவும், பற்ற வைப்பதற்கும் பயன்படுகின்றன.

(iii) மின்னணு சுற்றுகளிலும், குறைக்கடத்தி சுற்றுகளிலும் தேவையற்ற பொருள்களை ஆவியாக்கப் பயன்படுகிறது.

(iv) பொருள்களின் தரத்தினை சோதிக்க உதவும்.

மருத்துவப் பயன்கள்

(i) மிகக் குறுகிய பரப்பில் குவிக்கப்படுவதால், மிக நுண்ணிய அறுவை சிகிச்சைக்குப் பயன்படுகிறது.

(ii) சிறுநீரகக் கல், கட்டிகள் ஆகியவற்றை அகற்றவும், மூளை அறுவை சிகிச்சை, கண் விழித்திரை நீக்குதல் போன்றவற்றில் நுண்ணிய இரத்தக் குழாய்களை வெட்டவும், ஒட்டவும் பயன்படுகிறது.

(iii) உணவுப் பாதை உள்நோக்கிகளில் **(endoscopy)** பயன்படுகிறது.

(iv) மனித மற்றும் மிருகப் புற்றுநோய் சிகிச்சையில் பயன்படுகிறது.

அறிவியல் மற்றும் பொறியியல் பயன்கள்

(i) லேசர் கற்றையின் அதிர்வெண் நிலையாக இருப்பதால், அதனைப் பண்பேற்றம் செய்து ரேடியோ, தொலைக்காட்சி, தொலைபேசிகளில் பல செய்திகளை ஒரே நேரத்தில் அனுப்பலாம்.

(ii) ஒளியியல் இழை **(Optical Fiber Communication)** செய்தித் தொடர்பில் குறைக்கடத்தி லேசர் பயன்படுகிறது.

(iii)குறுகிய பரப்பில் பரவுவதால், மைக்ரோ அலை செய்தித் தொடர்பில் லேசர் ஒரு சிறந்த கருவியாகப் பயன்படுகிறது. புவித் துணைக்கோள்கள் மற்றும் ராக்கெட் துறைகளில் தொடர்பு கொள்ள லேசர் பயன்படுகிறது. இலக்கு **(target)** உள்ள தொலைவைத் துல்லியமாகக் கண்டறிவதிலும் லேசர் பயன்படுகிறது.

(iv) புவிக்கும், நிலவிற்கும் இடையே உள்ள தொலைவைக் கணக்கிடலாம்.

(v) இராமன் நிறமாலையியலில் பயன்படுகிறது.

(vi) ஹோலோகிராபி என்ற முப்பரிமாணக் கலையில் பயன்படுகிறது (லென்சுகளைப் பயன்படுத்தாமல் முப்பரிமாண நிழற்படம் உருவாக்குதல்).

(vii) லேசரைக் கொண்டு, ரேடாரைப் போன்று பொருள் உள்ள தொலைவு, திசைவேகம், அளவு மற்றும் திசை ஆகியவற்றை எதிரொளித்த சைகையக் கொண்டு துல்லியமாக அறியலாம்.

ஹோலோகிராபி

ஒரு காமிராவில் புகைப்படம் எடுக்கும்போது முப்பரிமாணப் பொருளின் இரு பரிமாண பிம்பம் கிடைக்கும். பொருளின் முப்பரிமாணத் தோற்றத்தினை ஹோலோகிராபி முறையில் பெறலாம். சாதாரண புகைப்படத்தில் ஒளி அலையின் வீச்சு புகைப்படச் சுருளில் பதியும். ஹோலோகிராபி முறையில் ஒளியின் வீச்சு, கட்ட நிலை ஆகிய இரண்டும் படச் சுருளில் பதிக்கப்படும். இவ்வாறு பெறப்படும் படம் (பிம்பம்) ஹோலோகிராம் **(Hologram)** எனப்படும்.

*6.4.6 மேசர் **(Maser)***

MASER என்பது Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation என்ற ஆங்கிலச் சொற்றொடரின் சுருக்கம். மேசரின் செயல்பாடு லேசரைப் போன்றதே. மேசரின் தத்துவம் அணுத்தொகை ஏற்றமும் அதனைத் தொடர்ந்து தூண்டு உமிழ்தலும் ஆகும். மேசர் அமைப்பில், இடைநிலையிலிருந்து பெயர்வு நிகழும் போது உமிழப்பட்ட ஃபோட்டான், நுண்ணலை **(microwave)** அதிர்வெண்ணில் அமையும். பாராகாந்த அயனிகள் மேசர் பொருளாகப் பயன்படுகின்றன. நடைமுறையில் அயனிப் படிகத்தில் குரோமியம் அல்லது கடோலினியம் **(gadolinium)** அயனிகள் மாசுப் பொருளாக சேர்க்கப்படும். அம்மோனியா வாயுவும் மேசர் பொருளாகப் பயன்படும். மூலக்கூறு நிறமாலையியலில், மேசர் ஒரு குறிப்பிடத்தக்க கருவியாகச் செயல்படுகிறது.

தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

6.1 4×10^7 ms^{-1} என்ற சீரான வேகத்தில் செல்லும் எலக்ட்ரான் கற்றை ஒன்று B = 1×10^{-3} Wb/m^2 கொண்ட காந்தப்புலத்திற்குச் செங்குத்தான திசையில் செலுத்தப்படுகிறது. காந்தப்புலத்தில் கற்றை செல்லும் பாதை என்ன?

தகவல் : $v = 4 \times 10^7$ ms^{-1}

B = 1×10^{-3} Wb/m^2

எலக்ட்ரானின் பாதை, r = ?

தீர்வு : காந்தப்புலத்திற்குச் செங்குத்தாக கற்றை செலுத்தப்படுவதால் எலக்ட்ரான்கள் வட்டப்பாதையில் செல்லும்.

$$\therefore Bev = \frac{mv^2}{r} \text{ அல்லது } r = \frac{mv}{Be}$$

$$r = \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 4 \times 10^7}{1 \times 10^{-3} \times 1.6 \times 10^{-19}}$$

r = 0.2275 m.

6.2 எலக்ட்ரானின் $\left(\frac{e}{m}\right)$ கணக்கிடும் தாம்சன் ஆய்வில் செயல்படும் மின்புலம் E = 10^5 V/m மற்றும் காந்தப்புலம் B = 10^{-2} tesla. இவ்விரண்டினால் எலக்ட்ரான் கற்றை விலக்கமடைவதில்லை. முடுக்குவிக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு 285 volt. எலக்ட்ரானின் $\left(\frac{e}{m}\right)$ மதிப்பினைக் கண்டுபிடி.

தகவல் : E = 10^5 Vm^{-1}, B = 10^{-2} tesla, V = 285 volt, $\frac{e}{m}$ = ?

தீர்வு : எலக்ட்ரானின் ஆற்றல் = eV

எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் = $\frac{1}{2}mv^2$

$$\therefore \quad eV = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{(அல்லது)} \quad \frac{e}{m} = \frac{v^2}{2V}$$

மின்புலமும், காந்தப்புலமும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக செயல்படுவதால்

$$Bev = Ee \text{ (அல்லது) } v = \frac{E}{B}$$

$$\therefore \frac{e}{m} = \frac{E^2}{2B^2V} = \frac{(10^5)^2}{2 \times (10^{-2})^2 \times 285}$$

$$\frac{e}{m} = 1.754 \times 10^{11} \text{ C kg}^{-1}$$

6.3 மில்லிக்கன் ஆய்வில் 4.9×10^{-14} kg நிறையுள்ள எண்ணெய்த் திவலை ஒன்று 2 kV மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் தாங்கப்படுகிறது. இரண்டு மின் கடத்தும் தகடுகளுக்கிடையில் உள்ள தொலைவு 8 mm எனில், அந்த திவலையில் உள்ள அடிப்படை மின்னூட்டங்களின் எண்ணிக்கை யாது?

(g = 10 ms^{-2} என்க)

தகவல் : m = 4.9×10^{-14} kg; V = 2 kV = 2×10^3 V;

d = 8 mm = 8×10^{-3} m; g = 10 ms^{-2};

n = திவலை மீதுள்ள அடிப்படை மின்னூட்டங்களின் எண்ணிக்கை?

தீர்வு : Eq = mg அல்லது $q = \frac{mg}{E}$

ஆனால் $E = \frac{V}{d}$

$$\therefore q = \frac{mg}{(V/d)} = \frac{mgd}{V} = \frac{4.9 \times 10^{-14} \times 10 \times 8 \times 10^{-3}}{2 \times 10^3}$$

$$q = 1.96 \times 10^{-18} \text{ C}$$

ஆனால் $q = ne$

$$\therefore n = \frac{q}{e} = \frac{1.96 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}} = 12.25 \simeq 12$$

6.4 ஆல்பா துகள் ஒன்று 4 MeV ஆற்றலுடன் தங்க அணுக்கரு ஒன்றினை நோக்கி செலுத்தப்படுகிறது. α – துகள் அடையும் மீச்சிறு தொலைவைக் கணக்கிடு. தங்கத்தின் அணு எண் = 79, α துகளின் அணு எண் = 2.

தகவல் : α – துகளின் ஆற்றல் = 4 MeV = 4×10^6 eV

= $4 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J

$E_K = 6.4 \times 10^{-13}$ J.

Z = 79, r_o = ?

தீர்வு : $r_o = \frac{2Ze^2}{4\pi\varepsilon_o E_K} = \frac{2 \times 79 \times (1.6 \times 10^{-19})^2 \times 9 \times 10^9}{6.4 \times 10^{-13}}$

$r_o = 5.688 \times 10^{-14}$ m.

6.5 பாமர் வரிசையின் முதல் வரியின் அலைநீளம் 6563Å. இரண்டாம் வரியின் அலைநீளத்தினைக் கணக்கிடு.

தகவல் : பாமர் முதல் வரிக்கு $n_1 = 2$, $n_2 = 3$, λ_1 =6563Å

பாமர் இரண்டாம் வரிக்கு, $n_1 = 2$, $n_2 = 4$, λ_2 = ?

தீர்வு : பாமர் முதல் வரிக்கு

$$\overline{\nu_1} = \frac{1}{\lambda_1} = R\left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right]$$

$$\frac{1}{\lambda_1} = R\left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right] = R\left[\frac{5}{36}\right] \qquad ...(1)$$

பாமர் இரண்டாம் வரிக்கு

$$\overline{\nu_2} = \frac{1}{\lambda_2} = R\left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2}\right] = \frac{3}{16}R \qquad ...(2)$$

சமன் (1)ஐ சமன்பாடு (2) ஆல் வகுக்க,

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{R(5/36)}{R(3/16)} = \frac{5}{36} \times \frac{16}{3} = \frac{20}{27}$$

(அல்லது) $\lambda_2 = \lambda_1 \cdot \left(\frac{20}{27}\right) = 6563 \times \frac{20}{27} = 4861$ Å

6.6 போர் கொள்கையின் அடிப்படையில், ஹைட்ரஜனில் மிகவும் உட்புறமாக உள்ள (n=1) வட்டப் பாதையில் உள்ள எலக்ட்ரானின் திசைவேகத்தினையும், சுற்றுக் காலத்தினையும் கணக்கிடு. போர் ஆரம் (r_1) = 0.53Å.

தகவல் : $n = 1$, r_1 = 0.53Å = 0.53×10^{-10} m

υ = ?, T = ?

தீர்வு : எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் = $\frac{1}{2} m\upsilon_n^2 = \frac{Ze^2}{8\pi\varepsilon_o r_n}$

$$\frac{1}{2} m\upsilon_n^2 = \frac{Ze^2}{8\pi\varepsilon_o\left[\frac{n^2h^2\varepsilon_o}{\pi m Ze^2}\right]} \qquad \left[\because r_n = \frac{n^2h^2\varepsilon_o}{\pi m Ze^2}\right]$$

(அல்லது) $\upsilon_n = \dfrac{Ze^2}{2\varepsilon_o nh}$

ஹைட்ரஜனுக்கு Z = 1 மற்றும் n = 1,

$$\upsilon_1 = \frac{e^2}{2\varepsilon_o h} = \frac{(1.6\times10^{-19})^2}{2\times8.854\times10^{-12}\times6.626\times10^{-34}}$$

$$= 2.1818 \times 10^6 \ ms^{-1}$$

(குறிப்பு : திசைவேகத்தை, போரின் முதல் எடுகோளைப் பயன்படுத்தியும் கணக்கிடலாம்)

சுற்றுக்காலம் $T = \dfrac{2\pi r_1}{\upsilon_1}$

$$\therefore \quad T = \frac{2\times3.142\times0.53\times10^{-10}}{2.1818\times10^6} \qquad \left[\because \text{காலம்} = \frac{\text{தொலைவு}}{\text{திசைவேகம்}}\right]$$

$$T = 1.5265 \times 10^{-16} \ s$$

6.7 ஹைட்ரஜனின் ரிட்பர்க் மாறிலி $1.097 \times 10^7 ms^{-1}$. லைமன் வரிசையில் சிறிய மற்றும் பெரும அலைநீள எல்லைகளைக் கணக்கிடு.

தகவல் : $R = 1.097 \times 10^7 \ m^{-1}$

லைமன் வரிசையில் குறைந்த அலைநீளத்திற்கு

$n_1 = 1, \ n_2 = \infty, \ \lambda_s = ?$

லைமன் வரிசையில் பெரும அலைநீளத்திற்கு

$n_1 = 1, \ n_2 = 2, \ \lambda_l = ?$

தீர்வு : லைமன் வரிசைக்கான அலை எண்

$$\bar{\nu} = R\left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right]$$

குறைந்த அலைநீள எல்லையானது

$$\overline{\nu_s} = \frac{1}{\lambda_s} = R\left[\frac{1}{1^2} - \frac{1}{(\infty)^2}\right] = R$$

(அல்லது) $\lambda_s = \dfrac{1}{R} = \dfrac{1}{1.097\times10^7} = 911.6\AA$

பெரும அலைநீளத்திற்கு,

$$\overline{\nu_l} = \frac{1}{\lambda_l} = R\left[\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right] = \frac{3}{4}R$$

$$\lambda_l = \frac{4}{3R} = \frac{4}{3 \times 1.097 \times 10^7}$$

$$\lambda_l = 1215 Å$$

6.8 பிராக் நிறமாலைமானியில், முதல் வரிசை பிம்பத்திற்கான சாய்கோணம் 8^o ஆகும். d ன் மதிப்பு 2.82×10^{-10} m எனில் X-கதிரின் அலைநீளத்தின் மதிப்பு என்ன? இரண்டாவது வரிசையில் சாய்கோணத்தின் பெரும மதிப்பு என்ன?

தகவல் : n = 1க்கு $\theta_1 = 8^o$; $d = 2.82 \times 10^{-10}$ m; λ = ?

n = 2 க்கு θ_2 = ?

தீர்வு : n = 1 எனில் $2d \sin \theta_1 = (1) \lambda$

(அல்லது) $\lambda = 2 \times 2.82 \times 10^{-10} \times \sin 8^o = 0.7849$ Å

n = 2 க்கு $2d \sin \theta_2 = (2) \lambda$

$$\sin\theta_2 = \frac{\lambda}{d} = \frac{0.7849 \times 10^{-10}}{2.82 \times 10^{-10}} = 0.2783$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} (0.2783) = 16^o 9'$$

6.9 இந்துப்பு படிகத்தின் அணிக்கோவை இடைவெளி d = 2.82Å. இப் படிகத்தினைக் கொண்டு முதல் வரிசையில் கணக்கிடப்படும் பெரும அலைநீளத்தைக் கணக்கிடு.

தகவல் : d = 2.82 Å = 2.82×10^{-10} m ; n = 1 ; $\lambda_{\text{பெருமம்}}$ = ?

தீர்வு : பெரும அலைநீளத்திற்கு $(\sin \theta)_{\text{பெருமம்}} = 1$

$$\therefore\ 2d (\sin \theta)_{\text{பெருமம்}} = \lambda_{\text{பெருமம்}}$$

(அல்லது) $$\lambda_{\text{பெருமம்}} = \frac{2 \times 2.82 \times 10^{-10} \times 1}{1}$$

$$\lambda_{\text{பெருமம்}} = 5.64 \times 10^{-10} \text{ m}$$

6.10 1Å அலைநீளம் உடைய ஒற்றை அலைநீள X-கதிர் ஒரு படிகத்தின் மீது விழும்போது 30^o, 45^o கோணங்களில் அடுத்தடுத்த பிரதிபலிப்புகளை ஏற்படுத்துகிறது எனில் அணிக்கோவை இடைவெளியைக் கண்டுபிடி.

தகவல் : $\theta_1 = 30^o$; $\theta_2 = 45^o$; $\lambda = 1Å$; d = ?

தீர்வு : $n\lambda = 2d \sin \theta_1$ ...(1)

$(n+1)\lambda = 2d \sin \theta_2$ ...(2)

சமன்பாடு (2) – சமன்பாடு (1)

$$\lambda = 2d (\sin \theta_2 - \sin \theta_1)$$

$$\therefore \quad d = \frac{\lambda}{2(\sin\theta_2 - \sin\theta_1)} = \frac{1\times10^{-10}}{2(\sin 45^o - \sin 30^o)}$$

$$= \frac{1\times10^{-10}}{2\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2}\right)} = \frac{1\times10^{-10}}{\sqrt{2}-1} = \frac{1\times10^{-10}}{0.414}$$

$$\therefore \quad d = 2.415 \text{ Å}$$

6.11 அடிநிலையிலுள்ள ஹைட்ரஜன் அணுவானது 970.6 Å அலைநீளம் கொண்ட ஒற்றை அலைநீளக் கதிர்வீச்சினால் கிளர்ச்சியூட்டப்படுகிறது. உமிழப்படும் நிறமாலையில் எத்தனை வெவ்வேறு தாவல்கள் (பெயர்வுகள்) ஏற்படும்? இவற்றில் பெரும அலைநீளத்தின் மதிப்பு என்ன? (அடிநிலையில் ஹைட்ரஜனின் அயனியாக்க ஆற்றல் 13.6 eV மற்றும் $h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js)

தகவல் : படுகதிரின் அலைநீளம் = 970.6 Å=970.6×10^{-10} m

அடி ஆற்றல் நிலையில் ஹைட்ரஜன் அணுவின் அயனியாக்க ஆற்றல்

= 13.6 eV

(i) ஏற்படும் தாவல்களின் எண்ணிக்கை = ?

(ii) உமிழப்படும் பெரும அலை நீளம் = ?

தீர்வு : கிளர்ச்சி நிலையின் ஆற்றல்

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{970.6\times10^{-10}\times1.6\times10^{-19}} = 12.75 \text{ eV}$$

$$E_n = -13.6 + 12.75 = -0.85 \text{ eV}$$

$$E_n = \frac{-13.6}{n^2}$$

அல்லது $n^2 = \frac{-13.6}{E_n} = \frac{-13.6}{-0.85} = 16$

அல்லது $n = 4$

நான்காவது பாதையிலிருந்து வெவ்வேறு ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு தாவும் வாய்ப்புகள் 6. அதாவது தோன்றும் வெவ்வேறு அதிர்வெண்களின் எண்ணிக்கை ஆறு ஆகும். (படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது)

குறைந்த ஆற்றல் வேறுபாட்டிற்கு பெரும அலைநீளம் தோன்றும்.

(அதாவது 4 வது பாதையிலிருந்து 3வது பாதைக்கு தாவும் பொழுது)

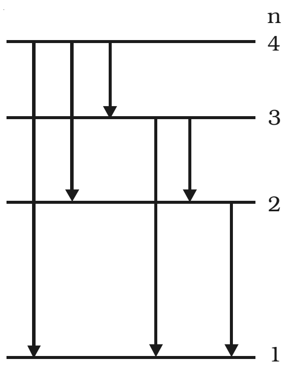
$$E_3 = \frac{-13.6}{3^2} = -1.51\, eV$$

$$\frac{hc}{\lambda_{\text{பெருமம்}}} = E_4 - E_3$$

அல்லது $\lambda_{\text{பெருமம்}} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{(1.51 - 0.85) \times 1.6 \times 10^{-19}}$

$= 18.75 \times 10^{-7}\ m$

$\lambda_{\text{பெருமம்}} = 18750\ Å$



தன் மதிப்பீடு

(இந்த தன் மதிப்பீட்டு பகுதியில், கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும் கணக்குகளும் மாதிரிகளே. இவற்றைப்போன்று, பாடப் பகுதியின் எந்த ஒரு வினாவையும் அல்லது கணக்கினையும் வடிவமைக்கலாம். மாணவ, மாணவியர் தன் மதிப்பீட்டுப் பகுதியிலிருந்து மட்டுமல்லாமல், பாடப் பொருளிலிருந்தும் வடிவமைக்கப்படக் கூடிய வினாக்களுக்கும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்)

6.1 கேத்தோடுக் கதிர்கள் என்பன

(a) எலக்ட்ரான் கற்றை (b) நேர் மின் அயனி கற்றை

(c) மின்னூட்டமற்ற துகள் கற்றை (d) புழைக் கதிர்களைப் போன்றவை

6.2 $E = 3 \times 10^4\ V/m$ மதிப்புடைய மின்புலமும், $B = 2\times10^{-3}\ Wb/m^2$. மதிப்புடைய காந்தப்புலமும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக செயல்படும் பகுதியில் எலக்ட்ரான் கற்றை விலகல் அடையாமல் செல்கிறது. எலக்ட்ரான் கற்றையின் இயக்கம், காந்தப்புலம், மின்புலம் ஆகியவை ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருந்தால், எலக்ட்ரானின் வேகம்.

(a) $60\ ms^{-1}$ (b) $10.3 \times 10^7\ ms^{-1}$

(c) $1.5 \times 10^7\ ms^{-1}$ (d) $0.67 \times 10^{-7}\ ms^{-1}$

6.3 போரின் கொள்கையின்படி, குறிப்பிட்ட தனித்தனியான மதிப்புகளைப் பெறும் அளவு

(a) இயக்க ஆற்றல் (b) நிலை ஆற்றல்

(c) கோண உந்தம் (d) உந்தம்

6.4 அணுவின் முதல் மூன்று வட்டப் பாதைகளின் ஆரங்களின் விகிதம்

(a) $1 : 1/2 : 1/3$ (b) $1 : 2 : 3$

(c) $1 : 4 : 9$ (d) $1 : 8 : 27$

6.5 ஹைட்ரஜன் அணுவை அடி நிலையிலிருந்து கிளர்ச்சியாக்கத் தேவையான குறைந்தபட்ச ஆற்றல் (அல்லது) முதல் கிளர்ச்சியாக்க மின்னழுத்த ஆற்றல்

(a) 13.6 eV (b) 10.2eV

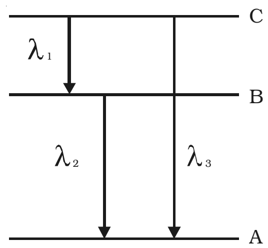
(c) 3.4 eV (d) 1.89 eV

6.6 ரூதர் ஃபோர்டு அணு மாதிரியின்படி, அணு ஒன்றின் நிறமாலை

(a) வரி நிறமாலை (b) தொடர் நிறமாலை

(c) தொடர் உட்கவர் நிறமாலை (d) பட்டை நிறமாலை

6.7 ஒரு குறிப்பிட்ட அணுவின் ஆற்றல் மட்டங்கள் A, B, C ன் ஆற்றல் மதிப்புகள் ஏறு வரிசையில் உள்ளன. அதாவது $E_A < E_B < E_C$. C யிலிருந்து B க்கு, B யிலிருந்து A க்கு மற்றும் C யிலிருந்து A க்கு தாவும்போது தோன்றும் அலைநீளங்கள் முறையே $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ எனில் பின்வருவனவற்றுள் எது சரியானது?



(a) $\lambda_3 = \lambda_1 + \lambda_2$

(b) $\lambda_3 = \dfrac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$

(c) $\lambda_1 = \lambda_2 + \lambda_3 = 0$

(d) $\lambda^2{}_3 = \lambda^2{}_1 + \lambda^2{}_2$

6.8 அணுவில் எலக்ட்ரான்களின் நீள்வட்டப் பாதை கருத்தினைக் கூறியவர்

(a) J.J. தாம்சன் (b) போர்

(c) சாமர்பெல்டு (d) டி பிராலி

6.9 X–கதிர் என்பது

(a) இயக்க ஆற்றலை கதிர்வீசலாக மாற்றும் நிகழ்ச்சி

(b) உந்தம் மாற்றப்படுதல்

(c) ஆற்றல் - நிறையாக மாற்றமடைதல்

(d) மின்னூட்ட அழிவின்மைத் தத்துவம்

6.10 X-கதிர் குழாயில் வெளிப்படும் X–கதிர்களின் செறிவினை எவ்வாறு அதிகரிக்கலாம்?

(a) மின்னிழையின் மின்னோட்டத்தினை அதிகரிப்பதன் மூலம்

(b) மின்னிழையின் மின்னோட்டத்தினைக் குறைப்பதன் மூலம்

(c) இலக்கின் மின்னழுத்தத்தினை அதிகரிப்பதன் மூலம்

(d) இலக்கின் மின்னழுத்தத்தினைக் குறைப்பதன் மூலம்

6.11 கூலிட்ஜ் குழாயில் தோன்றும் சிறப்பு X-கதிர் ஃபோட்டானின் ஆற்றல் எவ்வாறு பெறப்படுகிறது?

(a) இலக்கின் கட்டற்ற எலக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றலிலிருந்து

(b) இலக்கின் அயனிகளின் இயக்க ஆற்றலிலிருந்து

(c) மோதும் எலக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றலிலிருந்து

(d) இலக்கின் அணு தாவும்போது

6.12 கூலிட்ஜ் குழாய் ஒன்று $24800\ V$ மின்னழுத்தத்தில் செயல்படுகிறது. தோன்றும் X-கதிர்களின் பெரும அதிர்வெண்

(a) $6 \times 10^{18}\ Hz$ (b) $3 \times 10^{18}\ Hz$

(c) $6 \times 10^{8}\ Hz$ (d) $3 \times 10^{8}\ Hz$

6.13 ஹைட்ரஜன் அணுவில் பின்வரும் பெயர்வுகளில் எதில் பெரும அலைநீளம் தோன்றும்?

(a) $2 \rightarrow 1$ (b) $4 \rightarrow 1$

(c) $6 \rightarrow 5$ (d) $5 \rightarrow 2$

6.14 ஹைட்ரஜன் அணுவில் பின்வருமாறு எலக்ட்ரான்கள் தாவும் பொழுது, எதில் பெரும அலைநீளம் கொண்ட கதிர்வீச்சு தோன்றும்?

(a) $2 \rightarrow 1$ (b) $6 \rightarrow 2$

(c) $4 \rightarrow 3$ (d) $5 \rightarrow 2$

6.15 லேசரில் தெறிப்பு நிகழ்ச்சிக்குப் பின்

(a) கிளர்ச்சி நிலை அணுக்களின் எண்ணிக்கையைவிட அடிநிலை அணுக்களின் எண்ணிக்கை அதிகம்

(b) அடிநிலையில் அணுக்களின் எண்ணிக்கையைவிட கிளர்ச்சி நிலையில் அணுக்களின் எண்ணிக்கை அதிகம்

(c) அடிநிலையிலும் கிளர்ச்சி நிலையிலும் அணுக்களின் எண்ணிக்கை சமம்

(d) கிளர் நிலையில் அணுக்கள் இருக்காது.

6.16 ரூபி தண்டில் உள்ள குரோமிய அயனிகள்

(a) சிவப்பு ஒளியை உட்கவரும் (b) பச்சை ஒளியை உட்கவரும்

(c) நீல ஒளியை உட்கவரும் (d) பச்சை ஒளியை உமிழும்

6.17 கேத்தோடுக் கதிர்கள் என்றால் என்ன?

6.18 கேத்தோடுக் கதிர்களின் பண்புகளைக் கூறுக?

6.19 எலக்ட்ரான்களின் மின்னூட்ட நிறைத் தகவு காணும் $J.J$ தாம்சன் சோதனையை விவரி.

6.20 எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் காணும் மில்லிக்கன் எண்ணெய்த் துளி ஆய்வினை விவரி?

6.21 ரூதர்போர்டு α-சிதறல் சோதனையின் முடிவுகளை விவரி.

6.22 ரூதர்போர்டு அணு மாதிரியின் குறைகளைக் கூறுக.

6.23 போர் அணுமாதிரியின் எடுகோள்களைக் கூறுக.

6.24 போர் கொள்கை அடிப்படையில் n-ஆவது வட்டப்பாதையின் ஆரத்திற்கான கோவையினைப் பெறுக.

6.25 ஹைட்ரஜன் அணுவின் n-ஆவது வட்டப் பாதையில் உள்ள எலக்ட்ரானின் ஆற்றல்

$E_n = \frac{-me^4}{8\varepsilon_o{}^2n^2h^2}$ எனக் காட்டுக.

6.26 ஹைட்ரஜனின் நிறமாலை வரிசைகளை விவரி.

6.27 ஆற்றல் மட்டப் படம் என்பது என்ன?

6.28 சாமர்பெல்டு மாதிரியின் குறைகளைக் கூறுக.

6.29 கிளர்ச்சியாக்க மின்னழுத்த ஆற்றல், அயனியாக்க மின்னழுத்த ஆற்றல் - வரையறு.

6.30 X-கதிர்கள் என்றால் என்ன?

6.31 வன் X-கதிர்கள், மென் X-கதிர்கள் என்றால் என்ன?

6.32 X-கதிர்களின் பண்புகளை எழுதுக.

6.33 X-கதிர்களை விளிம்பு விளைவுக்குட்படுத்த சாதாரண சமதள ஊடுருவும் கீற்றணி பயன்படுவதில்லை - ஏன்?

6.34 பிராக் விதியினைக் கூறி, பெறுக.

6.35 பிராக் நிறமாலைமானியைப் பயன்படுத்தி X-கதிரின் அலைநீளத்தை எவ்வாறு கணக்கிடலாம்?

6.36 சிறப்பு X-கதிர்களின் தோற்றத்தினை விவரி.

6.37 மோஸ்லே விதியினைக் கூறுக.

6.38 தன்னிச்சையான உமிழ்வு, தூண்டு உமிழ்வு - வேறுபடுத்துக.

6.39 இயல்பு நிலை அணுத்தொகை என்றால் என்ன?

6.40 லேசரின் சிறப்பியல்புகளைக் கூறுக.

6.41 சாதாரண ஒளியிலிருந்து லேசர் ஒளி எவ்வாறு வேறுபடுகிறது?

6.42 ரூபி லேசரின் செயல்பாட்டினை தெளிவான படத்துடன் விவரி.

6.43 ஆற்றல் மட்டப் படத்துடன் He-Ne லேசரின் செயல்பாட்டினை விவரி.

6.44 மருத்துவத் துறையில் லேசரின் பல்வேறு பயன்களைக் கூறுக.

கணக்குகள்

6.45 $3.4 \times 10^4\ V/m$ மின்புலமும், 2×10^{-3} *tesla* காந்தப்புலமும் ஒரே நேரத்தில் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகச் செயல்படும் பகுதியில் எலக்ட்ரான் கற்றை பாய்கிறது. எலக்ட்ரான் கற்றையின் பாதை மாறாமலிருந்தால், எலக்ட்ரான்களின் வேகத்தினைக் கணக்கிடு. மின்புலம் நீக்கப்பட்டால், எலக்ட்ரான் செல்லும் பாதையின் ஆரம் என்ன?

6.46 மில்லிக்கன் ஆய்வில் $0.9\ gm/cm^3$ அடர்த்தி கொண்ட எண்ணெய்த் திவலையின் விட்டம் $10^{-4}\ cm.$ இரண்டு தகடுகளுக்கு இடையே உள்ள

தொலைவு $2\ cm.$ அவற்றிற்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு $72\,V$ நிறுவப் பட்டு திவலையானது நகராமல் நிறுத்தி வைக்கப்படுகிறது. அந்தத் திவலையிலுள்ள மின்னூட்டங்களின் எண்ணிக்கை என்ன?

6.47 $5\ MeV$ ஆற்றல் கொண்ட α–துகள்கள் மெல்லிய தாமிரத் தகட்டால் சிதறலடிக்கப்படுகிறது. ஆல்பா துகள்கள் தாமிர அணுக்கருவை நோக்கி நெருங்கும் மீச்சிறு தொலைவினைக் கணக்கிடு. (தாமிரத்தின் அணு எண் $Z = 29$).

6.48 பாஷன் வரிசையில், முதல் வரியின் அலைநீளத்தினையும், வரிசையின் எல்லையினையும் கணக்கிடு. (ரிட்பர்க் மாறிலி $1.094 \times 10^7 m^{-1}$)

6.49 ஒரு படிகத்தில் X–கதிர் விளிம்பு விளைவிற்கு உட்படும்போது $6^o27'$ கோணத்தில் மிக நெருக்கமான வரி தோன்றுகிறது. X–கதிரின் அலைநீளம் $0.58 Å$ எனில், இரண்டு பிளவுறு தளங்களுக்கு இடையே உள்ள தொலைவினைக் கணக்கிடு.

6.50 கேத்தோடிலிருந்து வரும் எலக்ட்ரான்கள் இலக்கில் மோதியபின் $1Å$ அலைநீளம் கொண்ட X–கதிரை உண்டாக்க வேண்டுமெனில், X–கதிர் குழாய்க்கு கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம் என்ன?

6.51 தெரிந்த மின்னூட்ட நிறைத் தகவு மற்றும் மின்னூட்ட மதிப்புகளிலிருந்து எலக்ட்ரானின் நிறையினைக் கணக்கிடுக.

6.52 $1000\ kV$ மின்னழுத்தத்தில் X–கதிர் குழாயிலிருந்து தோன்றும் X–கதிர்களின் சிறும அலைநீளத்தினைக் கணக்கிடு.

விடைகள்

6.1 (a)	**6.2** (c)	**6.3** (c)	**6.4** (c)
6.5 (b)	**6.6** (b)	**6.7** (b)	**6.8** (c)
6.9 (a)	**6.10** (a)	**6.11** (d)	**6.12** (a)
6.13 (c)	**6.14** (a)	**6.15** (b)	**6.16** (b)

6.45 $v = 1.7 \times 10^7\ ms^{-1}$; $r = 4.834 \times 10^{-2}\ m$

6.46 $n = 8$ **6.47** $r_o = 1.670 \times 10^{-14}\ m$

6.48 $\lambda_1 = 18752\ Å$; $\lambda_\alpha = 8204\ Å$ **6.49** $d = 2.581\ Å$

6.50 $V = 12.4\ kV$ **6.51** $m = 9.11 \times 10^{-31}\ kg$

6.52 $\lambda_{\text{சிறுமம்}} = 0.0124Å$

7. கதிர்வீச்சு மற்றும் பருப்பொருளின் இரட்டைப் பண்பு மற்றும் சார்பியல் தத்துவம்

ஒளியின் இயல்பின் உண்மை நிலையை அறிவது கடினமாகும். ஒளியானது விளிம்புவிளைவு மற்றும் குறுக்கீட்டு விளைவு நிகழ்ச்சிகளில் அலைபோன்று உள்ளது என சோதனைகள் மெய்ப்பிக்கின்றன. மற்றொரு வகையில் ஒளியானது ஆற்றலும் உந்தமும் கொண்ட ஃபோட்டான் என்ற துகள் பண்பினைக் கொண்டது என ஒளிமின் விளைவு குறிப்பிடுகிறது. எனவே ஒளியானது, அலை-துகள் இரட்டைப்பண்பைப் பெற்றுள்ளது.

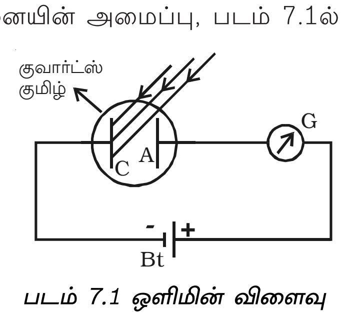
லூயிஸ் டி பிராலி என்பவர், அலை-துகள் இரட்டைப் பண்பை பருப்பொருள் அலைகளாக துகள்களுக்கும் விரிவுபடுத்தினார். துகள்களின் அலைகள் என்ற அவரது கருத்தியல் விளக்கம், துகள்கள் பற்றிய குவாண்டம் எந்திரவியல் (quantum mechanics) என்ற இயற்பியலில் புதிய பிரிவு உருவாகக் காரணமாயிற்று.

7.1 ஒளிமின் விளைவு (Photo electric effect)

சில உலோகப் பொருள்களின் மீது γ-கதிர்கள், X-கதிர்கள், புற ஊதாக் கதிர்கள் மற்றும் கட்புலனாகும் ஒளி போன்றவை படும் போது எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படும் நிகழ்வு ஒளிமின் உமிழ்தல் எனப்படும். இவ்விளைவினை 1887ஆம் ஆண்டு ஹென்ரிக் ஹெர்ட்ஸ் (Heinrich Hertz) என்பவர், ஒத்திசைவு மின் சுற்றுகள் தொடர்பான ஆய்வுகளின் போது கண்டுபிடித்தார். ஒரு வருடத்திற்குப் பின்பு ஹால்வாக்ஸ், எல்ஸ்டர் மற்றும் கெயிட்டல் என்பவர்கள் எளிய சோதனைகள் மூலம் ஒளிமின் விளைவை ஆய்வு செய்தனர்.

7.1.1 ஹால்வாக்ஸ் சோதனை

ஒளிமின் விளைவினை ஆராய உதவும் சோதனையின் அமைப்பு, படம் 7.1ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வெற்றிடமாக்கப்பட்ட குவார்ட்ஸ் குமிழ் ஒன்றினுள் கேத்தோடு C மற்றும் ஆனோடு A என்ற இரண்டு துத்தநாகத் தகடுகள் உள்ளன. தகடுகள், மின்கலன் மற்றும் உணர்வுமிக்க கால்வனா மீட்டருடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. தகடுகளின் மீது எந்தவிதக் கதிர்வீச்சும் விழாதபோது சுற்றில் எவ்வித மின்னோட்டமும் நிகழவில்லை. எனவே, கால்வனா மீட்டரில் விலக்கம் ஏற்படவில்லை. ஆனால் புறஊதாக் கதிர் போன்ற மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு, மின்கலனின் எதிர் முனையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள கேத்தோடு மீது விழும்போது மின்னோட்டம் நிகழ்ந்து, கால்வனா மீட்டரில் (G) விலக்கம் ஏற்படுகிறது. ஆனால் புறஊதாக் கதிர்வீச்சு தகடு A-யின் மீது விழும்போது கால்வனா



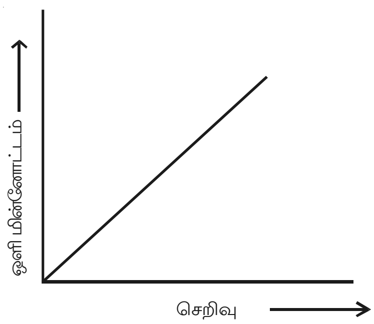
படம் 7.1 ஒளிமின் விளைவு

மீட்டரில் விலக்கம் ஏற்படுவதில்லை. இச்சோதனை மூலம் ஒளிமின் விளைவு காரணமாக, தகடு உமிழும் துகள்கள், எதிர் மின்னூட்டம் கொண்ட எலக்ட்ரான்கள் எனக் கண்டறியப்பட்டது. இந்த எலக்ட்ரான்களினால் ஏற்படும் மின்னோட்டம், ஒளிமின்னோட்டம் எனப்படும்.

ஹால்வாக்ஸ்ஸின் சோதனைக்குப் பின் J.J. தாம்சன், லேனார்டு, ரிச்சர்ஸ்டன் ஆகிய அறிவியலாளர்கள் ஒளிமின் விளைவு பற்றிய சோதனைகளைத் தொடர்ந்து மேற்கொண்டனர். அவர்கள், ஒளிமின்னோட்டம், படுகதிரின் செறிவு, ஒளி எலக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் மற்றும் இயக்க ஆற்றல் ஆகியவற்றிற்கிடையேயான தொடர்பையும், அவை கதிர்வீச்சின் அலைநீளத்தினைச் சார்ந்து மாறுபடுவதையும் அறிய தொடர்ச்சியான பல ஆய்வுகளை மேற்கொண்டனர்.

7.1.2 ஒளி மின்னோட்டத்தின் மீது படுகதிர்வீச்சின் செறிவின் விளைவு

ஆனோடுக்கும், கேத்தோடுக்கும் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் படுகதிர்வீச்சின் அதிர்வெண் இவற்றை நிலையாகக் கொண்டு, படுகதிர்வீச்சின் செறிவை மாற்றி, அவற்றிற்குரிய ஒளி மின்னோட்டம் கால்வனா மீட்டரிலிருந்து அளந்தறியப்படுகிறது.

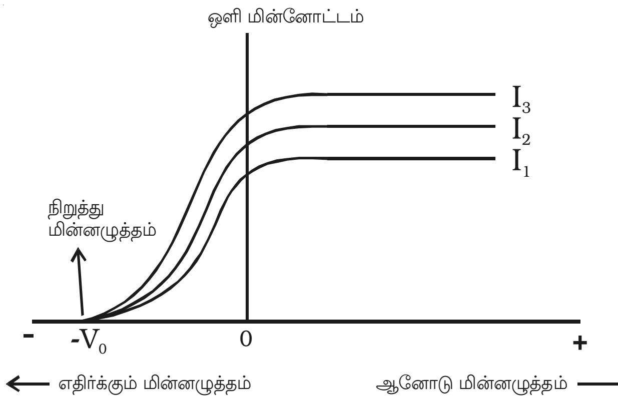


படம் 7.2 படுகதிரின் செறிவைச் சார்ந்து மின்னோட்டம் மாறுபடுதல்

படுகதிரின் செறிவை அதிகரிக்க, ஒளி மின்னோட்டம் நேர்கோட்டுப் பகுதியாக அதிகரிக்கிறது. (படம் 7.2) ஒளி மின்னோட்ட மானது, ஒரு வினாடியில் உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கு நேர்த்தகவில் இருப்பதால், ஒரு வினாடியில் உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையானது படுகதிரின் செறிவிற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

7.1.3 ஒளிமின்னோட்டத்தின் மீது மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் விளைவு

குறிப்பிட்ட ஒரு உலோகப் பரப்பிற்கு (C) படுகதிர்வீச்சின் அதிர்வெண்ணையும், செறிவையும் (I_1) நிலையாகக் கொண்டு தகடுகளுக்குக் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த மாறுபாட்டினைச் (V) சார்ந்து ஒளிமின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுதலை படம் 7.3 லிருந்து அறிய முடிகிறது. Aன் நேர்மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கும்போழுது ஒளி மின்னோட்டமும் அதிகரிக்கிறது. எனினும் Cயிலிருந்து வெளிவரும் அனைத்து எலக்ட்ரான்களையும் ஏற்கும் வகையில் நேர் மின்னழுத்தத்தை அதிகரித்தால், மின்னோட்டமும் அதிகரித்து தெவிட்டு மின்னோட்டம் (Saturation current) என்ற சீரான பெரும மதிப்பினை அடையும். Aக்கு அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தினை எதிர்குறி மதிப்பினைப் பெறுமாறு செய்தால், ஒளி மின்னோட்டம் உடனடியாக சுழி மதிப்பினை அடைவதில்லை. ஆனால் நேர்மின்னழுத்தம் கொடுத்த போது இயங்கிய திசையிலேயே எலக்ட்ரான்கள் இயங்கும். இது C தகட்டிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் குறிப்பிட்ட



படம் 7.3 மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைச் சார்ந்து ஒளி மின்னோட்ட மாறுதல்

திசைவேகத்தில் வெளிவருகின்றன என்பதனைக் காட்டுகிறது. எதிர்மின்னழுத்தம் மேலும் அதிகரிக்கப்பட்டால் ஒளிமின்னோட்டம் குறைந்து குறிப்பிட்ட ஒரு எதிர் மின்னழுத்தத்திற்கு மின்னோட்டம் சுழியாகும். ஒளி மின்னோட்டம் சுழியாகுமாறு ஆனோடிற்குக் கொடுக்கப்படும் இந்தச் சிறும எதிர் மின்னழுத்தம், வெட்டு மின்னழுத்தம் அல்லது நிறுத்து மின்னழுத்தம் V_o எனப்படும்.

m நிறையுடைய ஒளி-எலக்ட்ரான் $v_{\text{பெருமம்}}$ என்ற திசைவேகத்தில் வெளியேறினால்,அதன் இயக்க ஆற்றல் $\frac{1}{2}mv^2_{\text{பெருமம்}}$.

நிறுத்து மின்னழுத்தம் V_o ஆனது, அதிவேக எலக்ட்ரானை தகடு A வை அடையாமல் தடுத்து நிறுத்தும்.

எனவே, அதிகவேக எலக்ட்ரான்களை அமைதி நிலைக்கு கொண்டுவரச் செய்யப்படும் ஆற்றல் = அதிவேக எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல்

$$eV_o = \frac{1}{2}mv^2_{\text{பெருமம்}}$$

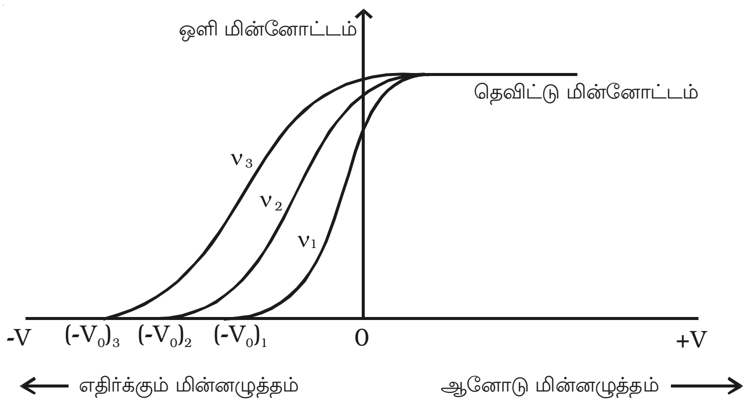
மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து நிறுத்து மின்னழுத்தமானது அதிவேக எலக்ட்ரானின் திசைவேகத்தினைச் சார்ந்தது எனலாம்.

படுகதிரின் அதே அதிர்வெண்ணிற்கு, செறிவுகளை I_2, I_3 என்ற அதிக அளவுகளுக்கு மாற்றி, சோதனை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது. தெவிட்டு மின்னோட்டங்கள், கதிர்வீச்சின் செறிவுகளுக்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது என்பதனை வரைபடம் காட்டுகிறது. ஆனால் நிறுத்து மின்னழுத்தம், அனைத்து செறிவுகளுக்கும் ஒரு மாறாத மதிப்பாகும். ஆகவே, படுகதிரின் குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணிற்கு, நிறுத்து மின்னழுத்தமானது செறிவினைச் சார்ந்ததல்ல.

7.1.4 நிறுத்து மின்னழுத்தத்தின் மீதான படுகதிர்வீச்சின் அதிர்வெண் விளைவு

ஒளி உணர் தகட்டையும் (C) படுகதிரின் செறிவினையும் நிலையாகக் கொண்டு, நிறுத்து மின்னழுத்தத்தின் மீதான படுகதிரின் அதிர்வெண்ணின் விளைவு

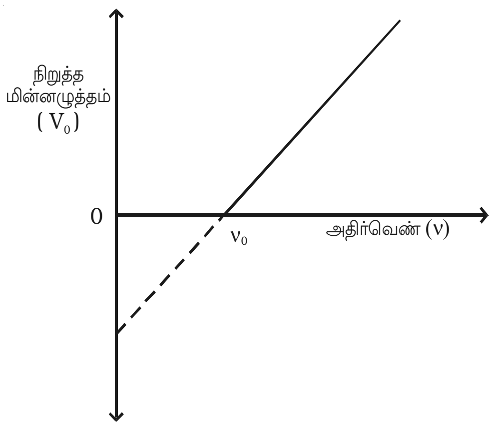
அறியப்படுகிறது. மூன்று வெவ்வேறு அதிர்வெண்களுக்கு கொடுக்கப்பட்ட V மின்னழுத்த வேறுபாட்டைப் பொருத்து, ஒளி மின்னோட்டம் மாறுபடுவதை படம் 7.4 காட்டுகிறது. படுகதிரின் அதிர்வெண் அதிகம் எனில், நிறுத்து மின்னழுத்தத்தின் V_o மதிப்பும் அதிகம் என வரைபடத்திலிருந்து அறிய முடிகிறது. அதிர்வெண்கள் $\nu_3 > \nu_2 > \nu_1$ எனில் அவற்றிற்குரிய நிறுத்து மின்னழுத்தங்களும் அதே வரிசைப்படி அதாவது $(V_o)_3 > (V_o)_2 > (V_o)_1$ என அமையும்.



படம் 7.4 கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டை பொருத்து வெவ்வேறு அதிர்வெண்களுக்கான ஒளிமின்னோட்டத்தின் மாறுபாடு

ஒளி எலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றலானது, அதிர்வெண்ணிற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும். ஆனால் செறிவினைச் சார்ந்ததல்ல என வரைபடத்திலிருந்து அறியலாம்.

படுகதிரின் அதிர்வெண்ணிற்கும், அதற்குரிய நிறுத்து மின்னழுத்தத்திற்கும் இடையே ஒரு வரைபடம் வரைந்தால், நேர்க்கோடு உருவாகும் (படம் 7.5). ν_o என்ற அதிர்வெண்ணிற்கு நிறுத்து மின்னழுத்தம் சுழி ஆகும். இந்த அதிர்வெண், உலோகத்தின் பயன் தொடக்க அதிர்வெண் எனப்படும். இந்த அதிர்வெண்ணுக்கு மேல் ஒளிமின் விளைவு நிகழும், இந்த அதிர் வெண்ணுக்குக் கீழ் ஒளிமின் விளைவு நடைபெறாது. ஒளியின் செறிவு எவ்வளவு அதிகமாக இருந்தாலும், எந்த அதிர்வெண்ணிற்குக் கீழ் ஒளிமின்



படம் 7.5 படுகதிர் வீச்சின் அதிர்வெண்ணைப் பொருத்து நிறுத்து மின்னழுத்தத்தின் மாறுபாடு

உமிழ்தல் முற்றிலும் நின்று விடுகிறதோ, அந்தச் சிறும அதிர்வெண், பயன் தொடக்க அதிர்வெண் என வரையறை செய்யப்படுகிறது. வெவ்வேறு உலோகங்களுக்கு பயன் தொடக்க அதிர்வெண் மதிப்பு வெவ்வேறானவை.

7.1.5 ஒளிமின் உமிழ்தலின் விதிகள்

ஒளிமின் விளைவு பற்றிய சோதனைகளின் முடிவுகள், ஒளிமின் உமிழ்வின் அடிப்படை விதிகளாகத் தொகுக்கப்பட்டுள்ளன.

(i) குறிப்பிட்ட ஒளி உணர்திறன் மிக்க பொருளிற்கு, ஒளியின் செறிவு எவ்வளவு அதிகம் இருப்பினும், எந்த அதிர்வெண்ணிற்குக் கீழ் ஒளிமின் உமிழ்தல் முற்றிலும் நிகழாதோ, படுகதிரின் அந்தச் சிறும அதிர்வெண் பயன் தொடக்க அதிர்வெண் எனப்படும்.

(ii) குறிப்பிட்ட ஒளி உணர்திறன் மிக்க பொருளிற்கு, படுகதிர்வீச்சின் அதிர்வெண் ஆனது பயன் தொடக்க அதிர்வெண்ணைவிட அதிகமாக இருக்கும்போது, ஒளி மின்னோட்டமானது படுகதிரின் செறிவிற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

(iii) ஒளிமின் உமிழ்வு ஒரு உடனடி நிகழ்வாகும். அதாவது கதிர்வீச்சு படுவதற்கும் ஒளி எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவதற்கும் இடையில் காலப் பின்னடைவு இருக்காது.

(iv) ஒளி எலக்ட்ரான்களின் பெரும இயக்க ஆற்றல், படுகதிரின் அதிர்வெண்ணிற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும், ஆனால் செறிவினைச் சார்ந்ததல்ல.

7.1.6 ஒளி அலைகளும் ஃபோட்டான்களும்

மாக்ஸ்வெல் வகுத்த மின்காந்தக் கொள்கையினால் ஒளிமின் விளைவை விளக்க முடியவில்லை. ஆனால் மாக்ஸ் ப்ளாங்கின் குவாண்டம் கொள்கை, ஒளிமின் விளைவை வெற்றிகரமாக விளக்குகிறது. ப்ளாங்கின் குவாண்டம் கொள்கையின்படி, ஒளியானது, தனித்தனியான சிறு சிறு ஆற்றல் பெட்டகங்களாக உமிழப்படுகின்றது. ஒவ்வொரு பெட்டகமும் குவாண்டம் அல்லது ஃபோட்டான் எனப்படும். h என்பது ப்ளாங்க் மாறிலி எனில் ஒவ்வொரு ஃபோட்டானின் ஆற்றல் $E = h\nu$.

போட்டான் என்பது துகளும் அல்ல; அலையும் அல்ல. குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு, தள விளைவு போன்ற நிகழ்வுகளில் ஃபோட்டான் ஓர் அலையாகவும், உமிழ்தல், உட்கவர்தல், பருப்பொருளுடன் பின்னிய செயல் விளைவுகளிலும் (ஒளிமின் விளைவு) ஃபோட்டானானது துகளாகவும் செயல்படுகிறது. எனவே, ஒளி ஃபோட்டான், இரட்டைப் பண்பினைப் பெற்றுள்ளது.

7.1.7 ஒளிமின் விளைவிற்கான ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாடு

1905 ல் ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன் வெற்றிகரமாக குவாண்டம் கொள்கையினை ஒளிமின் விளைவிற்குப் பயன்படுத்தினார்.

ஐன்ஸ்டீன் கூற்றுப்படி, படுகதிர்வீச்சின் ஒரு ஃபோட்டானுக்கும், உலோகத்தில் உள்ள ஒரு எலக்ட்ரானுக்கும் இடையே நிகழும் பின்னியச் செயல் விளைவினால் **(interaction)** ஒளி எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன. $h\nu$ ஆற்றல் கொண்ட ஒரு

ஃபோட்டான், உலோகத்தின் பரப்பில் மோதும்போது, அதன் ஆற்றல் இரு வழிகளில் பயன்படுகிறது.

(i) எலக்ட்ரான்கள் அணுக்கருவுடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ளதால், படுகின்ற ஃபோட்டானின் ஆற்றலின் ஒரு பகுதி, எலக்ட்ரானை உலோகத்தின் பரப்பிலிருந்து வெளியேற்றப் பயன்படுகின்றது. எலக்ட்ரானை வெளியேற்றத் தேவையான இந்த ஆற்றல் உலோகத்தின் ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் எனப்படும் **(photo electric work function)**, ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல் என்பது உலோகத்தின் பரப்பிலிருந்து ஒரு எலக்ட்ரானை வெளியேற்றத் தேவையான சிறும ஆற்றல் என்பதாகும்.

(ii) ஆற்றலின் எஞ்சிய பகுதி வெளியேறும் எலக்ட்ரானுக்கு இயக்க ஆற்றலாகக் கொடுக்கப்படும்.

எலக்ட்ரானின் நிறை m எனவும், திசைவேகம் v எனவும் கொண்டால்

படுகின்ற ஃபோட்டானின் ஆற்றல் = வெளியேற்று ஆற்றல் + எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல்

$$h\nu = W + \frac{1}{2} mv^2 \qquad ...(1)$$

எலக்ட்ரான்கள், உலோகத்தின் பரப்பிலிருந்து வெளியேறும்போது ஏற்படும் அக மோதல்களால் ஆற்றல் இழக்கப்படாமல் இருந்தால், $(h\nu - W)$ என்ற முழு ஆற்றலும் எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றலாகத் தோன்றும். எனவே $(h\nu - W)$ என்பது வெளிப்படும் எலக்ட்ரானின் பெரும இயக்க ஆற்றலைக் கொடுக்கும். $v_{பெருமம்}$ என்பது எலக்ட்ரானின் பெருமத் திசைவேகம் எனில்

$$h\nu = W + \frac{1}{2} mv^2_{பெருமம்} \qquad ...(2)$$

இச்சமன்பாடு ஐன்ஸ்டீன் ஒளிமின் விளைவிற்கான சமன்பாடு ஆகும்.

படுகின்ற கதிர்வீச்சின் அதிர்வெண்ணானது (ν) உலோகத்தின் பயன் தொடக்க அதிர்வெண்ணிற்குச் (ν_o) சமமாக இருந்தால், எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் சுழியாகும். சமன்பாடு (2) ஐ இவ்வாறு எழுதலாம்.

$$h\nu_o = W \qquad ...(3)$$

W மதிப்பினை சமன்பாடு (2)ல் பிரதியிட

$$h\nu - h\nu_o = \frac{1}{2} mv^2_{பெருமம்} \text{ அல்லது } h(\nu - \nu_o) = \frac{1}{2} mv^2_{பெருமம்}$$

இது ஐன்ஸ்டீன் ஒளிமின் விளைவு சமன்பாட்டின் மற்றொரு வடிவம் ஆகும்.

7.1.8 ஐன்ஸ்டீன் ஒளிமின் விளைவுச் சமன்பாட்டினை ஆய்வின் மூலம் சரிபார்த்தல்

ஐன்ஸ்டீன் ஒளிமின் விளைவுச் சமன்பாடு

$$\frac{1}{2} mv^2 = h(\nu - \nu_o) \qquad ...(1)$$

நிறுத்து மின்னழுத்தம் V_o எனவும், எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் e எனவும் கொண்டால்

$$\frac{1}{2}\ mv^2 = eV_o \qquad ...(2)$$

சமன்பாடு (1) மற்றும் (2)லிருந்து

$$eV_o = \ h\ (\nu - \nu_o)$$

அல்லது $$V_o = \left(\frac{h}{e}\right)\nu - \left(\frac{h}{e}\right)\nu_o \qquad ...(3)$$

இது நேர்க்கோட்டின் சமன்பாடாகும். மில்லிக்கன், சமன்பாடு (3)ஐ சோதனை மூலம் சரிபார்த்து, காணப்பட்ட உண்மைகளுடன் உடன்பாடு இருந்ததை அறிந்தார்.

7.2. ஒளிமின்கலன்களும் அவற்றின் பயன்களும்

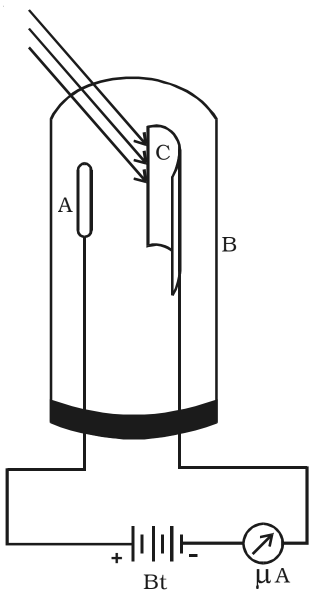
ஒளிமின்கலன் என்பது ஒளியாற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றும் கருவியாகும். இது மூன்று வகைப்படும்.

(i) ஒளி உமிழ் மின்கலன் (Photo emissive cell)

(ii) ஒளி வோல்ட்டா மின்கலன் (Photo voltaic cell)

(iii) ஒளி கடத்தும் மின்கலன் (Photo conductive cell)

இப்பகுதியில் ஒளிஉமிழ்மின்கலன் பற்றிக் காண்போம். இது வெற்றிடமாக்கப்பட்ட கண்ணாடி அல்லது குவார்ட்ஸ் குழாயைக் கொண்டுள்ளது. கேத்தோடாகச் செயல்படும் ஒரு அரை உருளை வடிவத் தகடு (C), ஒரு மின்கலனின் எதிர்மின் முனையுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். அதிக எண்ணிக்கையில் ஒளி எலக்ட்ரான்களைப் பெறுவதற்காக, குறைந்த வெளியேற்று ஆற்றல் கொண்ட சீசியம் ஆக்ஸைடு பூச்சு இத்தகட்டிற்குக் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும். A என்ற மெல்லிய பிளாட்டினக் கம்பி, மின்கலனின் நேர்மின்முனையுடன் இணைக்கப் பட்டு, C என்ற உலோகத் தகட்டின் அச்சில் அமையுமாறு வைக்கப்பட்டிருக்கும். இது ஆனோடாகச் செயல்படும் (படம் 7.6).



படம் 7.6 ஒளி உமிழ் மின்கலன்

தகுந்த அலைநீளம் கொண்ட ஒளி, கேத்தோடு மீது விழும்போது, ஒளி எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்பட்டு ஆனோடால் கவரப்பட்டு ஏற்படும் மின்னோட்டம் ஒரு மைக்ரோ அம்மீட்டர் மூலம் அளக்கப்படுகின்றது. குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணில் இவ்வகை மின்கலன்களில் தோன்றும் மின்னோட்டம் ஒளியின் செறிவிற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

ஒளிமின் கலன்களின் பயன்கள்

(i) திரைப்படத் துறையில், ஒளிமின் கலன்கள் ஒலியினை மீண்டும் ஏற்படுத்தப் பயன்படுகின்றன.

(ii) உலைகளின் வெப்பநிலைகளைக் கட்டுப்படுத்தப் பயன்படுகின்றன.

(iii) தெருவிளக்குகளைத் தானாக இயக்க உதவுகின்றன.

(iv) வெப்பநிலைபற்றி ஆராயவும், விண்மீன்களின் நிறமாலைகளை அறியவும் ஒளிமின்கலன்கள் பயன்படுகின்றன.

(v) விண்வெளிப் பயணத்தின் போது, சூரிய ஒளியிலிருந்து மின்னாற்றலைப் பெறுவதற்கு பயன்படுகின்றன.

(vi) ஒளியின் பொலிவுத் தன்மையை அளவிடும் கருவிகளில் இவை பயன்படுகின்றன.

(vii) கதவுகளைத் தானாக திறக்கவும், மூடவும் பயன்படும் அமைப்புகளில் ஒளிமின்கலன்கள் பயன்படுகின்றன.

(viii) திருடர் அறிவிப்பு மணியிலும், தீ அறிவிப்பு மணியிலும் ஒளிமின்கலன்கள் பயன்படுகின்றன. திருடர் பற்றிய அறிவிப்பு மணியில், வழியில் வைக்கப்பட்ட ஒளி மின்கலத்தின்மீது புற ஊதாக் கதிர்கள் தொடர்ந்து விழுமாறு செய்யப்பட்டிருக்கும். அவ்வழியே செல்லும் நபரால் ஒளிமின்கலத்தின் மீது விழும் கதிர்கள் தடுக்கப்படும். ஒளி மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் இந்த திடீர் மாறுதல், ஒரு மின்சாரமணியில், ஒலியினை எழுப்பச் செய்யும். தீ அறிவிப்பு மணியில், கட்டிடத்தில் தகுந்த இடங்களில் பல ஒளிமின்கலன்கள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். தீ ஏற்படும் போது உண்டாகும் ஒளிக்கதிர்கள் இந்த ஒளி-மின்கலத்தின் மீது விழும். இது மின்சாரமணி அல்லது சங்கு **(siren)** ஒன்றுடன் இணைக்கப்பட்ட மின்சுற்றினைப் பூர்த்தி செய்து எச்சரிக்கை சைகையினை ஏற்படுத்தும்.

7.3 பருப்பொருள் அலைகள்

கதிர்வீச்சு ஆற்றல், அலை மற்றும் துகள் ஆகிய இரட்டைப் பண்பினைப் பெற்றுள்ளது. கதிர்வீச்சு ஆற்றலுக்கு இரட்டைப் பண்பு உள்ளதால், பருப்பொருளுக்கும் ஏன் இந்தப் பண்பு இருக்கக் கூடாது என்ற வினா தானாகவே எழும். 1924ல் பிரெஞ்சு இயற்பியலாளர் லூயிஸ் டி பிராலி என்பவர், தகுந்த சூழலில் இயங்கும் துகள் ஒன்று அலைபோன்ற பண்புகளைப்பெற்றிருக்க வேண்டும் என்றக் கருத்தினைத் துணிவாகக் கூறினார். இயற்கையானது பருப்பொருள் **(matter)**, ஆற்றல் **(energy)** ஆகிய இருவகையாலானது. இயற்கை சமச்சீரமைவினை விரும்புவதால், பருப்பொருள், ஆற்றல் ஆகிய இரண்டிற்கும் சமச்சீரமைவுப் பண்பு இருக்க வேண்டும் என்ற காரணத்தினைக் கூறினார். கதிர்வீச்சு ஆற்றலுக்கு இப்பண்பு உள்ளதால் பருப்பொருளுக்கும் இதே இரட்டைப் பண்பு இருக்க வேண்டும்.

7.3.1 பருப்பொருளின் டி பிராலி அலைநீளம்

ஆற்றலுக்கான பிளாங்கின் சமன்பாட்டையும் (அலை), ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டினையும் (துகள்), டி பிராலி சமன்படுத்தினார்.

பிளாங்க் சமன்பாட்டின் படி, ν அதிர்வெண் கொண்ட ஃபோட்டான் பெற்றிருக்கும் ஆற்றல்

$$E = h\nu \qquad ...(1)$$

இங்கு h என்பது பிளாங்க் மாறிலி

ஐன்ஸ்டீன் நிறை - ஆற்றல் சமன்பாட்டின்படி, m நிறைக்குச் சமமான ஆற்றல்

$$E = mc^2 \qquad ...(2)$$

இங்கு c என்பது ஒளியின் திசைவேகம்

$h\nu = mc^2$ எனில்

$$\frac{hc}{\lambda} = mc^2 \text{ அல்லது } \lambda = \frac{h}{mc} \qquad ...(3)$$

$$\left(\because \nu = \frac{c}{\lambda} \right)$$

v திசைவேகத்தில் இயங்கும் துகளுக்கு $c = v$ எனில், சமன்பாடு (3)லிருந்து

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p} \qquad ...(4)$$

இங்கு $p = mv$, துகளின் உந்தமாகும். இந்தப் பருப்பொருளின் அலைகள், மிக லேசானத் துகள்களுக்கு மட்டும் கணிசமான அலைநீளத்தினைக் கொண்டிருக்கும்.

7.3.2 எலக்ட்ரானின் டி பிராலி அலைநீளம்

m நிறையும் e மின்னூட்டமும் கொண்ட ஒரு எலக்ட்ரான் V மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் முடுக்கப்பட்டால் அது, பெறும் ஆற்றல் eV ஆகும். இம்மதிப்பு எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றலுக்குச் சமம்.

$$\frac{1}{2} mv^2 = eV \text{ அல்லது } v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} \qquad ...(1)$$

டி பிராலி அலைநீளமானது

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

v மதிப்பினைப் பிரதியிட

$$\lambda = \frac{h}{m\sqrt{\frac{2eV}{m}}} = \frac{h}{\sqrt{2meV}} \quad ...(2)$$

மாறிலிகளின் தெரிந்த மதிப்புகளை சமன்பாடு (2)ல் பிரதியிட

$$\lambda = \frac{12.27}{\sqrt{V}} \text{Å}$$

$V = 100$ volts எனில் $\lambda = 1.227$ Å. அதாவது, 100 volts மின்னழுத்தத்தில் முடுக்கப்பட்ட எலக்ட்ரானின் அலைநீளம் 1.227 Å ஆகும்.

E = eV என்பது எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் என்பதால், (2)-வது சமன்பாட்டின்படி

$$\lambda = h/\sqrt{2mE}$$

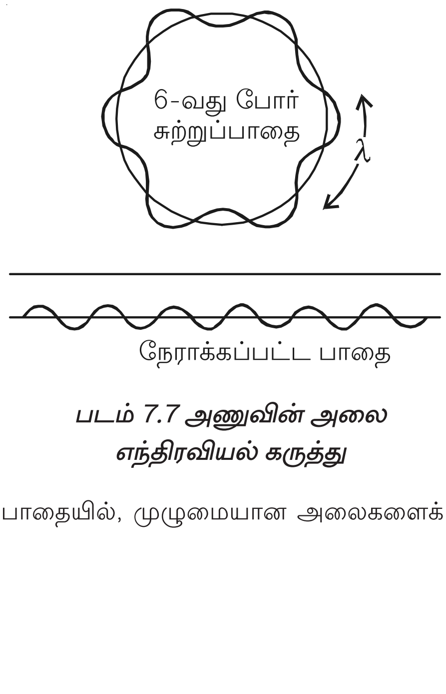
7.3.3 அணுவைப் பற்றிய அலை எந்திரவியல் கருத்து

டி பிராலி கூற்றின்படி, m நிறைக்கு v திசைவேகத்தில் இயங்கும் எலக்ட்ரானின் அலைநீளம்

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad ...(1)$$

இங்கு h என்பது பிளாங்க் மாறிலி

டி பிராலியின் கூற்றின் அடிப்படையில், அணுமாதிரி ஒன்று கூறப்பட்டுள்ளது. போர் மாதிரியில் கூறப்பட்ட நிலைத்தன்மையுடைய பாதைகள் அப்படியே ஏற்றுக் கொள்ளப் பட்டன. ஆனால், வெவ்வேறு பாதைகளில் செல்லும் எலக்ட்ரான்கள், அலைகளைப் போல இயங்கும் எனக் கருதப்பட்டது (படம் 7.7).



படம் 7.7 அணுவின் அலை எந்திரவியல் கருத்து

வட்டப் பாதையின் சுற்றளவு ($2\pi r$), டிபிராலி அலைநீளத்தின் முழு மடங்குகளாக இருந்தால் அது நிலைத்தன்மைபெற்ற பாதை ஆகும். அதாவது, எலக்ட்ரானின் நிலையான பாதையில், முழுமையான அலைகளைக் கொண்டிருக்கும்.

எனவே $2\pi r = n\lambda$ ...(2)

இங்கு $n = 1, 2, 3 \ldots$ மற்றும் r என்பது வட்டப் பாதையின் ஆரம்

சமன்பாடு (1)ஐ (2)ல் பிரதியிட

$$2\pi r = n\left(\frac{h}{mv}\right)$$

அல்லது $mv\,r = \frac{nh}{2\pi}$ ...(3)

சமன்பாடு (3)லிருந்து, இயங்கும் எலக்ட்ரானின் மொத்த கோண உந்தமானது $\frac{h}{2\pi}$ ன் முழுமடங்குகளாக இருக்கும். ஆகவே, டி பிராலியின் கருத்து போரின் எடுகோளை உறுதிப்படுத்தியது.

7.4 எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (Electron microscope)

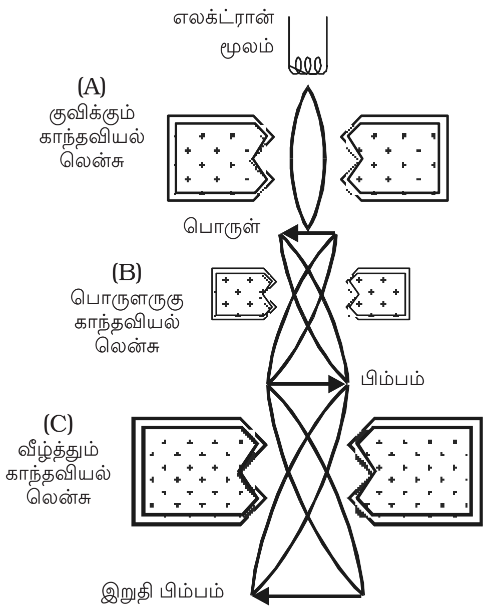
எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி என்பது சாதாரண ஒளியியல் நுண்ணோக்கி போன்று சிறிய பொருள்களை உருப்பெருக்கிக் காட்ட ஆராய்ச்சிக் கூடங்களில் பயன்படுகிறது. இது இயங்கும் எலக்ட்ரானின் அலைப்பண்பினை அடிப்படையாகக் கொண்டு செயல்படுகிறது. ஒரு நுண்ணோக்கியின் பகுதிறன் (resolving power) என்பது இரண்டு புள்ளிகளைத் தனித்தனியே பிரித்து பார்க்கக் கூடிய மிகச்சிறிய தொலைவு ஆகும்.

பகுதிறன், கதிர்வீச்சின் அலைநீளத்தினைச் சார்ந்து அமையும். ஒளியியல் நுண்ணோக்கியில் பொருளானது கண்ணுறு ஒளியால் ஒளியூட்டப்படுகிறது. சிறந்த ஒளியியல் நுண்ணோக்கிகளைக் கொண்டு சுமார் 2000 மடங்கு வரை உருப்பெருக்கத்தினைப் பெறலாம். கண்ணுறு அலைகளைவிடக் குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட X-கதிர்களைப் பயன்படுத்தி, X-கதிர் நுண்ணோக்கி ஒன்றினை உருவாக்கலாம். எனினும், X-கதிர்களை லென்சுகளால் குவிக்க இயலாது. பிறிதொரு வகையில் X-கதிரைப்போன்ற டி பிராலி அலைநீளம் கொண்ட எலக்ட்ரான் கற்றையினை, மின் மற்றும் காந்தப் புலங்களைக் கொண்டு குவியச் செய்யலாம். எல்க்ட்ரான்களைக் கொண்டு உயர் பகுதிறன் கொண்ட நுண்ணோக்கியினை வடிவமைக்கலாம்.

சுமார் 60,000 volts மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் எலக்ட்ரான் முடுக்கப்படும்போது, அதன் அலைநீளம் சுமார் 5×10^{-12} m. இம்மதிப்பு கண்ணுறு ஒளியின் அலைநீளத்தை விட 10^5 மடங்கு குறைவு. எனவே, ஒரு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் பகுதிறன், ஒளியியல் நுண்ணோக்கியின் பகுதிறனை விட 1,00,000 மடங்கு அதிகம்.

அமைப்பு மற்றும் செயல்பாடு

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி படம் 7.8ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. எலக்டரான் நுண்ணோக்கியின் தத்துவம் ஒளியியல் நுண்ணோக்கியைப் போன்றதே. நவீன



படம் 7.8 எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி என்பது எலக்ட்ரான் உட்புகும் வகையினைச் சார்ந்தது. இதில், குறைந்த குவியத் தொலைவு கொண்ட காந்த லென்சுகள் மீஉயர் உருப்பெருக்கத்தினைப் பெற உதவுகின்றன. மின்னிழை ஒன்று வெளிவிடும் எலக்ட்ரான்கள், உயர் மின்னழுத்த வேறுபாடு கொண்ட எலக்ட்ரான் துப்பாக்கி என்ற அமைப்பினால் முடுக்கப்படுகின்றன. இந்த மெல்லிய கற்றை, வளைய வடிவிலான மின்காந்தம் A (குவிக்கும் காந்த லென்சு) வழியே செலுத்தப்படுகிறது. எலக்ட்ரான்கள் இணைக் கற்றையாக, உருப்பெருக்க வேண்டிய பொருள் மீது மோதும். எலக்ட்ரான் கற்றை, பொருளின் அடர்வு குறைந்த பகுதிகளில் அதிக அளவிலும், அடர்வு மிகுந்த பகுதிகளில் குறைவான அளவிலும் பாயும். எனவே, ஊடுருவி வரும் எலக்ட்ரான் கற்றை, பொருளின் தன்மைகளைக் கொண்டிருக்கும். இரண்டாவது மின்காந்த லென்சு (B) (காந்தப் பொருளருகு லென்சு), எலக்ட்ரான் கற்றையை வரிக்கற்றையாக மாற்றி பொருளின் உருப்பெருக்கப்பட்ட பிம்பத்தினை உண்டாக்கும். மின்காந்தம் (C) (வீழ்த்தும் லென்சு), உருப்பெருக்கப்பட்ட பிம்பத்தின் ஒரு பகுதியினை, ஒளிர் திரையின் மீது குவிக்கச் செய்வதுடன் அதிக உருப்பெருக்கத்தினையும் ஏற்படுத்தும். ஒளிர்திரையில் தோன்றும் ஒளிர் புள்ளிகளால் ஏற்படும் பிம்பத்தினை நேரடியாகக் காணலாம். இதனை புகைப்படத் தகடுகளைக் கொண்டு நிலையான பதிவுகளைப் பெறலாம். காந்தப் புலத்தினை சரி செய்து எலக்ட்ரான் கற்றையினைத் துல்லியமாகக் குவிக்கலாம். எலக்ட்ரான் கற்றை வெற்றிடத்தில் மட்டுமே செல்லவேண்டியிருப்பதால், இக்கருவியானது முழுவதும் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட கூடத்தில் இருக்கும்.

பயன்கள்

(i) தொழிற்சாலைகளில், நூலிழைகளின் அமைப்பு, உலோகப் பரப்புகள், வண்ணப் பூச்சிகளின் ஆக்கக் கூறுகள் போன்றவைகளை அறிந்து கொள்ளப் பயன்படுகின்றது.

(ii) மருத்துவம் மற்றும் உயிரியலில், வைரஸ் மற்றும் பாக்டீரியாவைப் பற்றி அறிந்து கொள்ளப் பயன்படுகின்றது.

(iii) இயற்பியலில், அணு அமைப்பு மற்றும் படிக அமைப்புகளை விளக்கமாக அறிந்து கொள்ளப் பயன்படுகின்றது.

வரம்புகள்

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியானது உயர் வெற்றிடத்தில் செயல்படுவதால் அந்நிலையில் ஆவியாகக் கூடிய மற்றும் சிதைந்துபோகக் கூடிய உயிர்ப் பொருள்களைப் பற்றி அறிய இந்த நுண்ணோக்கியைப் பயன்படுத்த இயலாது.

7.5 சார்பியல் **(Relativity)**

நியூட்டனின் எந்திரவியலில் (Newtonian mechanics) நிறை, காலம், நீளம் மற்றும் வெளி **(space)** ஆகியவை சார்பற்றவையாகக் கொள்ளப்பட்டன. எந்தவொரு பொருளையும் குறிப்பாகக் கொள்ளாமலேயே வெளி இருந்ததாகக் கருதப்பட்டது. வெளி, சார்பற்றதாகவும், ஓய்வு நிலையில் உள்ளதாகவும் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டது.

ஒளியின் அலைக் கொள்கையின்படி, ஈதர் என்ற ஊடகம் வெளியில் இருப்பதாகவும், அது அண்டத்தின் வெளி முழுவதும் பரவியுள்ளதாகவும் கருதப்படுகின்றது. ஆனால் மைக்கல்சன் மற்றும் மோர்லே சோதனையின்படி, ஈதர் என்ற கருத்தும் சார்பிலா வெளி என்பதும் அர்த்தமற்றதாகின்றன. ஐன்ஸ்டீனின் நோக்கில், சார்பற்ற வெளி என்பது இல்லை. மற்றும் எல்லா இயக்கங்களும் சார்புடையன. காலம், நிறை, நீளம் மற்றும் வெளி ஆகியவை ஒன்றையொன்று சார்ந்தவை. அவை சார்பற்றவை அல்ல. 1905 ஆம் ஆண்டு, ஐன்ஸ்டீன், சிறப்பு சார்பியல் கொள்கையை வெளியிட்டார். பொருள்கள் மற்றும் தொகுதிகளில், ஏதேனும் ஒன்று மற்றொன்றைச் சார்ந்து மாறாத வேகத்துடன் இயங்கக் கூடியதை அல்லது ஓய்வு நிலையில் இருப்பதை, சிறப்புச் சார்பியல் கொள்கை விளக்குகிறது.

*7.5.1 **(i)** வெளியைப் பற்றிய கருத்து*

பண்டைய எந்திரவியலில் (Classical mechanics), சார்பற்ற வெளியில் இயக்கம் என்பது இரு பயன் தரத்தக்க முடிவுகளைத் தருகின்றது.

(i) அண்டத்தில், எந்தவொரு பொருளின் நிலை அல்லது இயக்கத்தை நிலையான குறிப்பாயத்தைக் கொண்டு (frame of reference) அளவிடலாம்.

சிறப்பு சார்பியல் கொள்கை மற்றும் ஒளிமின்விளைவுக்கான கொள்கை ஆகியவற்றை, ஐன்ஸ்டீன், 1905 ஆம் ஆண்டில் வெளியிட்டார். அந்த ஆண்டு அவருக்கும், இயற்பியலுக்கும் மிகவும் பயனுள்ளதாக அமைந்தது.

(ii) பொருள் ஒன்றின் வடிவியல் அமைப்பானது, அதன் நிலைமாற்றம் அல்லது இயக்க நிலை அல்லது ஆய்வாளரைப் பொருத்து மாறாமல் அமையும்.

(ii) காலம் பற்றிய கருத்து

பண்டைய எந்திரவியலின்படி,

(i) இரு நிகழ்வுகளுக்கு இடைப்பட்ட கால இடைவெளி, ஆய்வாளர்களின் இயக்கத்தைச் சாராமல் அனைத்து ஆய்வாளர்களுக்கும் ஒரே அளவாக அமையும்.

(ii) ஆய்வாளர் ஒருவருக்கு, இரு நிகழ்வுகள் ஒரே காலத்தில் நிகழ்வதாகக் கொண்டால், ஆய்வாளர்களின் நிலை அல்லது இயக்கம் எவ்வாறாக இருந்தாலும், அனைத்து ஆய்வாளர்களுக்கும் அந்த நிகழ்வுகள் ஒரே காலத்தில் நிகழும். அதாவது, ஒரு கால நிகழ்வு சார்பற்றது.

(iii) நிறையைப் பற்றிய கருத்து

பண்டைய எந்திரவியலில், நிறை சார்பற்றதாகவும், மாறிலியாகவும் இருக்கும். மேலும் இது பொருளின் இயக்கத்தைப் பொருத்தது அல்ல.

7.5.2 குறிப்பாயம் ***(Frame of reference)***

இரு பரிமாண அல்லது முப்பரிமாண வெளியில் துகளொன்றின் நிலையை வரையறுக்கும் ஆயத்தொலை அச்சுகளின் தொகுப்பு குறிப்பாயம் எனப்படும்.

கார்ட்டீசியன் ஆயத்தொலை அச்சுகளின் தொகுப்பு மிக எளிமையான குறிப்பாயமாகும். இதில் x, y மற்றும் z என்ற ஆயத் தொலைவுகள் துகளின் நிலையைக் குறிப்பிடுகின்றன. அண்டத்தில் முடிவிலா குறிப்பாயங்கள் உள்ளன. நமது புவியும் ஒரு குறிப்பாயமாகும். குறிப்பாயங்கள் **(i)** நிலைமக் குறிப்பாயம் மற்றும் **(ii)** நிலைமமற்ற குறிப்பாயம் என இரு வகைப்படும்.

(i) நிலைம அல்லது முடுக்கப்படாத குறிப்பாயங்கள்

குறிப்பாயத்தில் உள்ள பொருள்கள் நியூட்டனின் நிலைம விதி மற்றும் எந்திரவியல் விதிகளுக்கு உட்படுமானால், அது நிலைமக் குறிப்பாயம் எனப்படும். இக்குறிப்பாயத்தில், வெளிப்புற விசை செயல்படாதவரை பொருள் ஓய்வு நிலையிலோ அல்லது தொடர்ச்சியான இயக்க நிலையிலோ அமையும்.

(ii) நிலைமமற்ற அல்லது முடுக்கப்பட்ட குறிப்பாயங்கள்

குறிப்பாயம் ஒன்றில், வெளிப்புற விசை செயல்படாதபோதிலும் பொருள் முடுக்கமடைந்தால், அது நிலைமமற்ற குறிப்பாயம் எனப்படும். இக்குறிப்பாயத்தில், நியூட்டன் விதிகள் பொருந்துவதில்லை.

7.6 சிறப்பு சார்பியல் கொள்கை

இக்கொள்கை நிறை, நீளம் மற்றும் காலம் ஆகியவற்றின் தன்மைகளைப் பற்றிய புதிய உண்மைகளின் நேரடியான வெளிப்பாடு ஆகும். வெளியின் வழியே சார்பிலா இயக்கம் என்ற கருத்தினை இக்கொள்கை நிராகரிக்கிறது. சிறப்புச் சார்பியல் கொள்கை

என்பது, ஒன்றை மற்றொன்று சார்ந்து சீரான திசைவேகத்தில் இயங்கும் பொருள்கள் அல்லது ஆய்வாளர்களைப் பற்றிக் கூறுவது ஆகும்.

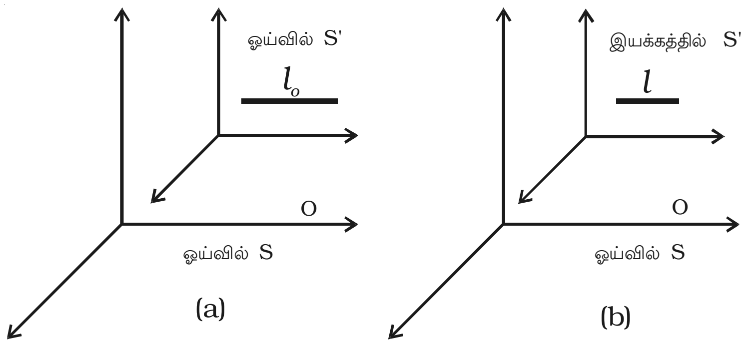
சிறப்பு சார்பியல் கொள்கையின் இரு அடிப்படை எடுகோள்கள் வருமாறு.

(i) இயற்பியல் விதிகள், அனைத்து நிலைமக் குறிப்பாயங்களுக்கும் ஒரே மாதிரியாக அமையும்.

(ii) அனைத்துக் குறிப்பாயங்களிலும், வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசைவேகம் மாறிலியாகும்.

7.6.1 நீளக் குறுக்கம் (Length contraction)

தொடக்கத்தில் ஓய்வு நிலையில் உள்ள S மற்றும் S′ என்ற இரு குறிப்பாயங்களைக் கருதுவோம். S′ குறிப்பாயத்தில் தண்டு ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. S குறிப்பாயத்தில் உள்ள ஆய்வாளர் O (படம் 7.9), தண்டின் நீளத்தை l_o என அளவிடுகின்றார்.



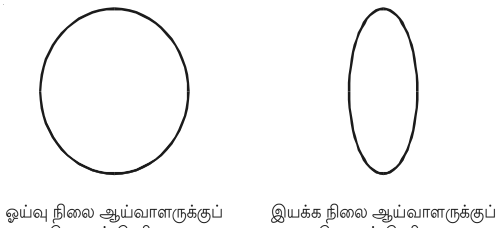
படம் 7.9 நீளக் குறுக்கம்

S′ குறிப்பாயம், நேர்குறி X-அச்சின் திசையில் v என்ற திசைவேகத்துடன் இயங்கும்போது, S-ல் உள்ள ஆய்வாளரால் தண்டின் நீளம் l என அளவிடப்படுகின்றது.

இப்போது $l = l_o \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$

அதாவது $l < l_o$

எனவே, ஓய்வு நிலையில் உள்ள ஆய்வாளரைப் பொருத்து v திசைவேகத்தில் இயங்கும் தண்டின் நீளம், இயக்க திசையில் $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ என்ற அளவு குறுக்கமடையும். இது லொரன்ட்ஸ்-பிட்ஸ்ஜெரால்டு **(Lorentz – Fitzgerald)** குறுக்கம் எனப்படும்.



படம் 7.10

எடுத்துக்காட்டு : மிக வேகமாக நகரும் ஆய்வாளருக்கு வட்ட வடிவப் பொருள் ஒன்று நீள்வட்டமாகத் தெரியும் (படம் 7.10).

*7.6.2 கால நீட்டிப்பு **(Time dilation)***

S மற்றும் S′ என்ற இரு குறிப்பாயங்களில், S′ குறிப்பாயம் Sஐப் பொறுத்து, v என்ற திசைவேகத்துடன் நேர்திசை X-அச்சில் இயங்குவதாகக் கொள்வோம். S′ குறிப்பாயத்தில் உள்ள ஒரு கடிகாரம் t_o கால இடைவெளியில் சைகைகளை வெளிவிடுவதாகக் கருதுவோம்.

S குறிப்பாயத்தில் உள்ள ஆய்வாளர் இந்தக் கால இடைவெளியைக் கணக்கிட்டால், அவரால் கணக்கிடப்படும் கால இடைவெளி t எனில்

$$t = \frac{t_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

அதாவது $t > t_o$

S குறிப்பாயத்தில ஓய்வு நிலையில் உள்ள ஆய்வாளருக்கு, கால இடைவெளி $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ என்ற அளவிற்கு நீண்டு காணப்படும். அதாவது, ஓய்வு நிலையில் உள்ள ஆய்வாளருக்கு, இயக்க நிலையில் உள்ள கடிகாரம் குறைவான நேரத்தைக் காட்டுவதாகத் தோன்றும். அதாவது,. மெதுவாகச் செல்வதாகத் தோன்றும். இது கால நீட்டிப்பு எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு : இயங்கும் விண்வெளிக் கலத்தில் உள்ள கடிகாரம், புவியில் உள்ள கடிகாரங்களை விட மெதுவாகச் செல்வதாகத் தோன்றும்.

7.6.3 திசைவேகத்தைப் பொருத்து நிறை மாறுபாடு

நியூட்டனின் எந்திரவியல்படி திசைவேகத்தைப் பொருத்து பொருளொன்றின் நிறை மாறுபடாது. ஆனால் ஐன்ஸ்டீனின் கருத்துப்படி, பொருளின் நிறையானது திசைவேகத்தைப் பொருத்து மாறுபடும். ஓய்வு நிலையில் உள்ளபோது பொருளின் நிறைக்கும் (m_o), v திசைவேகத்துடன் இயங்கும்போது பொருளின் நிறைக்கும் (m) உள்ள தொடர்பு

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

எடுத்துக்காட்டு: சைக்ளோட்ரான் போன்ற துகள் முடுக்கிகள் மூலம் எலக்ட்ரான்கள், மிக அதிக திசைவேகத்திற்கு முடுக்கப்படும் போது, மேற்கூறிய சமன்பாட்டின் படி அவற்றின் நிறை அதிகரிக்கின்றது.

7.7 ஐன்ஸ்டீன் நிறை - ஆற்றல் இணைமாற்றுச் சமன்பாடு

ஓய்வு நிறை m_o கொண்ட பொருளின் மீது F என்ற விசை X–திசையில் செயல்படுவதாகக் கருதுவோம். நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி, விசையானது உந்த மாறுபாட்டு வீதத்திற்குச் சமம்.

அதாவது $F = \frac{d}{dt}(mv)$ ...(1)

சார்பியல் கொள்கைப்படி, நிறையும் திசைவேகமும் மாறிகளாகும். எனவே

$$F = m\frac{dv}{dt} + v\frac{dm}{dt} \quad ...(2)$$

F என்ற விசையால் பொருள் அடைந்த இடப்பெயர்ச்சி dx எனில், பொருளின் இயக்க ஆற்றலில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு,

$$dE_k = Fdx$$

$$= (m\frac{dv}{dt} + v\frac{dm}{dt})\, dx$$

$$= mdv\frac{dx}{dt} + vdm\frac{dx}{dt}$$

$$dE_k = mv\, dv + v^2 dm \quad ...(3)$$

ஐன்ஸ்டீனின் சார்பியல் கொள்கைப்படி

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$

$$m^2 = \frac{m_o^2 c^2}{c^2 - v^2}$$

$$m^2c^2 - m^2v^2 = m_o^2c^2$$

வகைக்கெழு காண,

$$c^2\, 2m\, dm - v^2\, 2m\, dm - m^2\, 2v\, dv = 0.$$

$$c^2 dm = mv\, dv + v^2\, dm \quad ...(4)$$

சமன்பாடுகள் (3) மற்றும் (4)ஐ ஒப்பிட,

$$dE_k = c^2 dm \quad ...(5)$$

எனவே, இயக்க ஆற்றலில் ஏற்படும் மாறுபாடு dE_k, நிறை மாறுபாட்டிற்கு *(dm)* நேர்த்தகவில் அமையும்.

பொருள் ஓய்வு நிலையில் உள்ளபோது, திசைவேகம் சுழி. மற்றும் $m = m_o$

பொருளின் திசைவேகம் v எனும்போது அதன் நிறை m ஆகும். எனவே சமன்பாடு (5)ஐ தொகையிட,

$$\int_0^{E_k} dE_k = c^2 \int_{m_o}^{m} dm$$

$$E_k = c^2 (m-m_o) = mc^2 - m_o c^2$$

இது இயக்க ஆற்றலுக்கான சார்பியல் சமன்பாடு ஆகும். m_o என்பது ஓய்வுநிறை மற்றும் $m_o c^2$ என்பது அக ஆற்றல். (ஓய்வு நிறைக்கான ஆற்றல் அல்லது ஓய்வு ஆற்றல்)

$\therefore$ மொத்த ஆற்றல் = இயங்கும் பொருளின் இயக்க ஆற்றல் + ஓய்வு நிறைக்கான ஆற்றல்

$$E = E_k + m_o c^2$$
$$= mc^2 - m_o c^2 + m_o c^2$$
$$E = mc^2$$

இதுவே ஐன்ஸ்டீன் நிறை - ஆற்றல் இணைமாற்றுச் சமன்பாடு ஆகும்.

நிறைக்கும் ஆற்றலுக்கும் இடையிலான இணைமாற்றத்தின் உட்பொருள்

எலக்ட்ரான், புரோட்டான், நியூட்ரான் போன்ற துகள்களுக்கு நிறை உண்டு. நிறையை உடைய துகள், ஓய்வு ஆற்றல் $m_o c^2$-ஐப் பெற்றிருக்கும். ஆனால் இயக்க ஆற்றல், நிலையாற்றல் போன்ற மற்ற ஆற்றல்கள் அத்துகளுக்கு இருக்கலாம் அல்லது இல்லாமலிருக்கலாம். ஒளியின் துகளான ஃபோட்டானிற்கு நிறை சுழி, ஆனால் ஆற்றல் உண்டு.

தனித் தொகுதியில் உள்ள நிறையுடைய துகள்களை, நிறையில் குறைவு ஏற்படுமாறு அல்லது நிறை சுழியாகுமாறு மாற்ற முடியும். இதைப்போன்றே நிறையற்ற துகளை நிறையுடைய துகளாகவும் மாற்ற முடியும். அதாவது, ஓய்வு ஆற்றலை மற்றவகை ஆற்றலாகவும் (நிறையை ஆற்றலாக மாற்றுதல்) மற்றவகை ஆற்றலை ஓய்வு ஆற்றலாகவும் (ஆற்றலை நிறையாக மாற்றுதல்) மாற்றலாம். எனவே, நிறை-ஆற்றல் இணைமாற்று என்ற கூற்று உண்மையாகிறது. மேலும் தனித் தொகுதியின் மொத்த ஆற்றல் மாறாது.

எடுத்துக்காட்டு : எலக்ட்ரான் ஒன்று அதன் எதிர்துகளான பாசிட்ரானுடன் மோதும் போது, இரண்டும் அழிக்கப்பட்டு இரு ஃபோட்டான்கள் உருவாகும். மொத்த ஆற்றல் எப்பொழுதும் மாறாதது என்பதால், எலக்ட்ரான்-பாசிட்ரான் சோடியுடன் தொடர்புடைய மொத்த ஆற்றலும் (இயக்க ஆற்றல் + ஓய்வு ஆற்றல்) ஓய்வு ஆற்றலற்ற (சுழி நிறை) ஃபோட்டான்களுக்கு மாற்றப்படுகிறது. இதே போன்று, ஆற்றல்மிக்க ஃபோட்டான் ஒன்று (சுழிநிறை) எலக்ட்ரான்-பாசிட்ரான் சோடியை (நிறையுடைய துகள்கள்) உருவாக்க இயலும்.

அணுக்கரு பிளவு மற்றும் அணுக்கரு இணைவு போன்ற எடுத்துக்காட்டுகளை, அடுத்த பாடமான அணுக்கரு இயற்பியலில் காண்போம்.

தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

7.1 துத்தநாகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றல் 6.8×10^{-19} J. துத்தநாகத்திலிருந்து எலக்ட்ரானை வெளியேற்றத் தேவையான பயன் தொடக்க அதிர்வெண் யாது?

தகவல் : $W = 6.8 \times 10^{-19}\ J \quad \nu_o = ?$

தீர்வு : வெளியேற்று ஆற்றல், $W = h\nu_o$

$$\therefore\ h\nu_o = 6.8 \times 10^{-19}$$

$$\nu_o = \frac{6.8 \times 10^{-19}}{6.626 \times 10^{-34}}$$

$$\nu_o = 1.026 \times 10^{15}\ \text{Hz.}$$

7.2 உலோகப் பரப்பு ஒன்று 3333 Å அலைநீள ஒளியால் ஒளியூட்டப்படும்போது, அது 0.6 eV வரை ஆற்றல் கொண்ட எலக்ட்ரான்களை வெளிவிடுகின்றது. உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : $\lambda = 3333$ Å, இ.ஆ. $= 0.6\ eV$; $W = ?$

தீர்வு : வெளியேற்று ஆற்றல், W = hν − இயக்க ஆற்றல்

அல்லது $W = \frac{hc}{\lambda}$ − இயக்க ஆற்றல்

$$= \left(\frac{6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{3333 \times 10^{-10}}\right) - (0.6 \times 1.6 \times 10^{-19})$$

$$= (5.96 \times 10^{-19}) - (0.96 \times 10^{-19})$$

$$W = 5 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

$$W = \frac{5 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}}\ \text{eV}$$

$$W = 3.125\ \text{eV.}$$

7.3 லித்தியத்தின் வெளியேற்று ஆற்றல் 2.3 eV. அதன் மீது 4.8×10^{-7} m அலைநீள ஒளி விழும்போது உலோகத்திலிருந்து வெளிப்படும் எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றலைக் கணக்கிடுக. ஒளி எலக்ட்ரான்களை வெளிப்படுத்தும் ஒளியின் பெரும அலைநீளம் யாது?

($h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js ; $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C எனக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது).

தகவல் : W = 2.3 eV ; $h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js ; $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C.

இயக்க ஆற்றல் = ? ; பெரும அலைநீளம் = ?

தீர்வு : வெளிப்படும் எலக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றல் = hν − W

ஆனால் hν $= \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{4.8\times10^{-7}}$ joule

$$h\nu = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{4.8\times10^{-7}\times1.6\times10^{-19}}$$

hν = 2.588 eV

∴ வெளிப்படும் எலக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றல்

= 2.588 – 2.3

இயக்க ஆற்றல் = 0.288 eV

வெளியேற்று ஆற்றல் $W = h\nu_o = \frac{hc}{\lambda_o}$

$$\therefore \quad \lambda_o = \frac{hc}{W}$$

பயன்தொடக்க அலைநீளம் (பெரும அலைநீளம்)

$$\lambda_o = \frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{2.3\times1.6\times10^{-19}}$$

$\lambda_o = 5.40 \times 10^{-7}$ m.

7.4 10^5 ms^{-1} வேகம் கொண்ட எலக்ட்ரானின் டீ பிராலி அலைநீளத்தைக் கணக்கிடுக. ($m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg; $h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js எனக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது)

தகவல் : $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg ; $\upsilon = 10^5$ ms^{-1} ;

$h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js ; λ = ?

தீர்வு : அலைநீளம் $\lambda = \frac{h}{m\upsilon}$

$$= \frac{6.626\times10^{-34}}{9.1\times10^{-31}\times10^{5}}$$

λ = 72.81 Å

7.5 120 *eV* இயக்க ஆற்றல் கொண்ட எலக்ட்ரானின் டீ பிராலி அலைநீளம் யாது?

தகவல் : இயக்க ஆற்றல்= *120 eV = 120 × 1.6 ×* 10^{-19} *J ;* λ = ?

தீர்வு : $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE}}$

$$\lambda = \frac{6.626 \times 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 120 \times 1.6 \times 10^{-19}}}$$

$$\lambda = 1.121 \times 10^{-10} \text{ m.}$$

7.6 போர் அணுமாதிரிப்படி, ஹைட்டிரஜன் அணுவில் (i) $n = 1$ மற்றும் (ii) $n = 4$ ஆகிய மட்டங்களில் எலக்ட்ரானின் டி பிராலி அலைநீளம் யாது? ஒவ்வொரு நிகழ்விலும் டி பிராலி அலைநீளத்தை வட்டப் பாதையின் சுற்றளவுடன் ஒப்பிடுக.

தகவல் : $n = 1, n = 4, \lambda = ?$

தீர்வு : போரின் முதல் எடுகோளின்படி எலக்ட்ரானின் கோண உந்தம் $= \frac{nh}{2\pi}$

$$mvr = \frac{nh}{2\pi}$$

$$\therefore \quad \frac{2\pi r}{n} = \frac{h}{mv} \quad \text{...(1)}$$

ஆனால், $\lambda = \frac{h}{mv}$ ...(2) (டீ பிராலி அலைநீளம்)

சமன்பாடுகள் (1), (2) ல் இருந்து

$$\lambda = \frac{2\pi r}{n} \quad \text{...(3)}$$

(i) $n = 1, r = r_1 = 0.53$ Å

$\therefore \quad \lambda_1 = 2\pi r_1 = 2\pi\ (0.53)$ Å $= 3.328$ Å.

சமன்பாடு (3)ல் இருந்து $\frac{\lambda}{2\pi r} = \frac{1}{n}$,

$n = 1$, எனில், $\frac{\lambda}{2\pi r} = 1$, அதாவது $\lambda = 2\pi r$

$\therefore$ முதல் வட்டப்பாதையில், எலக்ட்ரானின் டீ பிராலி அலைநீளம் வட்டப்பாதையின் சுற்றளவிற்குச் சமம்.

(ii) $n = 4, r_4 = 4^2 r_1$.

சமன்பாடு (3) ல் இருந்து $\lambda_4 = \frac{2\pi r_4}{4} = \frac{2\pi(4^2 r_1)}{4}$

அதாவது $\lambda_4 = 2\pi \times 4 \times (0.53)$ Å

$\lambda_4 = 13.313$ Å

$\lambda_4 = \frac{2\pi r_4}{4}$ ல் இருந்து, நான்காவது வட்டப்பாதையில் எலக்ட்ரானின் டீ பிராலி அலைநீளம், வட்டப்பாதையின் சுற்றளவில் நான்கில் ஒரு பங்கிற்குச் சமம்.

7.7 எலக்ட்ரானின் டீ பிராலி அலைநீளம் 1Å எனில், அது முடுக்கப்பட வேண்டிய மின்னழுத்தத்தைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : λ = 1Å ; V = ?

தீர்வு : $\lambda = \frac{12.27}{\sqrt{V}}$ Å.

$$\sqrt{V} = \frac{12.27 \times 10^{-10}}{\lambda} = \frac{12.27 \times 10^{-10}}{1 \times 10^{-10}}$$

$$V = (12.27)^2 = 150.55\ V$$

7.8 துகள் ஒன்றின் நிறை அதன் ஓய்வு நிறையைப்போல மூன்று மடங்கு எனில், துகள் இயங்கும் திசைவேகம் யாது?

தகவல் : $m = 3\ m_o$; v = ?

தீர்வு : $m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$$3m_o = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$v = 0.943\ c$$

$$= 0.943 \times 3 \times 10^8$$

$$v = 2.829 \times 10^8\ ms^{-1}$$

7.9 ராக்கெட் ஒன்றின் நீளம், ஓய்வு நிலையில் உள்ள நீளத்தில் 99% ஆக அமைய, ஆய்வாளர் ஒருவரைப் பொருத்து ராக்கெட் எவ்வளவு வேகத்தில் செல்ல வேண்டும்?

தகவல் : $\frac{l}{l_o} = 99\% = \frac{99}{100}$; $\upsilon = ?$

தீர்வு : $l = l_o \sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}}$

$$l = \frac{99}{100} l_o$$

$$\frac{l}{l_o} = \frac{99}{100}$$

$$\therefore \quad \frac{99}{100} = \sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}}$$

$$\therefore \quad \upsilon = 0.141 \text{ c}$$

$$\upsilon = 0.141 \times 3 \times 10^8$$

$$\upsilon = 0.423 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

தன் மதிப்பீடு

(இந்த தன் மதிப்பீட்டு பகுதியில், கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும் கணக்குகளும் மாதிரிகளே. இவற்றைப்போன்று, பாடப் பகுதியின் எந்த ஒரு வினாவையும் அல்லது கணக்கினையும் வடிவமைக்கலாம். மாணவ, மாணவியர் தன் மதிப்பீட்டுப் பகுதியிலிருந்து மட்டுமல்லாமல், பாடப் பொருளிலிருந்தும் வடிவமைக்கப்படக் கூடிய வினாக்களுக்கும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்)

7.1 ν அதிர்வெண் கொண்ட ஃபோட்டான், பயன் தொடக்க அதிர்வெண் ν_o கொண்ட உலோகத்தின்மீது படுகிறது. வெளிவிடப்படும் எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல்

(a) $h(\nu - \nu_o)$ (b) $h\nu$

(c) $h\nu_o$ (d) $h(\nu + \nu_o)$

7.2 பொருள் ஒன்றின் ஒளிமின் 'வெளியேற்று ஆற்றல் $3.3\ eV$ எனில், பயன் தொடக்க அதிர்வெண்

(a) 8×10^{14} Hz (b) 8×10^{10} Hz

(c) 5×10^{20} Hz (d) 4×10^{14} Hz.

7.3 உலோகப் பரப்பு ஒன்றின் நிறுத்து மின்னழுத்தம் எதனைச் சார்ந்திராது?

(a) படும் கதிர்வீச்சின் அதிர்வெண்

(b) படும் கதிர்வீச்சின் செறிவு

(c) உலோகப் பரப்பின் தன்மை

(d) வெளிப்படும் எலக்ட்ரான்களின் திசைவேகம்

7.4 பயன்தொடக்க அதிர்வெண்ணில், எலக்ட்ரான்களின் திசைவேகம்

(a) சுழி (b) பெருமம்

(c) சிறுமம் (d) முடிவிலி

7.5 ஒளிமின் விளைவை எதன் அடிப்படையில் விளக்க முடியும்?

(a) ஒளியின் நுண்துகள் கொள்கை

(b) ஒளியின் அலைக் கொள்கை

(c) ஒளியின் மின்காந்தக் கொள்கை

(d) ஒளியின் குவாண்டம் கொள்கை

7.6 பருப்பொருள் அலைநீளம் எதனைச் சார்ந்ததல்ல?

(a) நிறை (b) திசைவேகம்

(c) உந்தம் (d) மின்னூட்டம்

7.7 இயங்கும் பொருள் ஒன்றின் இயக்க ஆற்றல் E எனில் அதன் டீ பிராலி அலைநீளம்

(a) $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE}}$ (b) $\lambda = \frac{\sqrt{2mE}}{h}$

(c) $\lambda = h\sqrt{2mE}$ (d) $\lambda = \frac{h}{E\sqrt{2m}}$

7.8 $2Å$ அலைநீளம் கொண்ட எலக்ட்ரானின் உந்தம்

(a) 3.3×10^{24} kg m s^{-1}

(b) 6.6×10^{24} kg m s^{-1}

(c) 3.3×10^{-24} kg m s^{-1}

(d) 6.6×10^{-24} kg m s^{-1}

7.9 சார்பியலின்படி, இயக்கத்திலுள்ள தண்டின் நீளம்

(a) நிலையாக உள்ளபோது இருந்த நீளத்திற்குச் சமம்

(b) நிலையாக உள்ளபோது இருந்த நீளத்தைவிட அதிகமாக அமையும்

(c) நிலையாக உள்ளபோது இருந்த நீளத்தைவிட குறைவாக அமையும்

(d) தண்டின் வேகத்தைப் பொருத்து, நிலையாக உள்ளபோது இருந்த நீளத்தைவிட அதிகமாகவோ அல்லது குறைவாகவோ அல்லது சமமாகவோ அமையும்.

7.10 1 kg நிறையுள்ள பொருள் முழுவதுமாக ஆற்றலாக மாற்றப்படும்போது உருவாகும் ஆற்றல்

(a) 9×10^{16} J (b) 9×10^{24} J

(c) 1 J (d) 3×10^{8} J

7.11 ஒளிமின்விளைவு என்றால் என்ன?

7.12 நிறுத்து மின்னழுத்தத்தை வரையறு.

7.13 பயன் தொடக்க அதிர்வெண்ணை வரையறு.

7.14 வெளியேற்று ஆற்றல் - வரையறு.

7.15 செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்தைப் பொருத்து ஒளிமின்னோட்டம் மாறுபடும் விதத்தினை விளக்குக.

7.16 ஒளிமின் விளைவிற்கான விதிகளைக் கூறுக.

7.17 ஒளிமின் விளைவிற்கான ஐன்ஸ்டீன் கொள்கையை விளக்குக.

7.18 ஒளிமின்கலங்கள் என்றால் என்ன?

7.19 ஒளிமின் கலங்களின் பயன்பாடுகள் யாவை?

7.20 பருப்பொருள் அலைகள் என்றால் என்ன?

7.21 பருப்பொருள் அலைகளின் டி பிராலி அலைநீளத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.

7.22 எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் தெளிவான படத்தை வரைக. அதன் செயற்பாட்டை விளக்குக.

7.23 எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் பயன்பாடுகளைக் கூறுக.

7.24 குறிப்பாயம் என்பதை வரையறு.

7.25 சிறப்பு சார்பியல் கொள்கையின் எடுகோள்களைக் கூறுக.

7.26 வெளி, காலம் மற்றும் நிறை பற்றிய கருத்துகளை விளக்குக.

7.27 நீளக் குறுக்கத்தை விவரி.

7.28 கால நீட்டிப்பை விவரி.

7.29 கலிலியன் நிலைமாற்றச் சமன்பாடுகளைப் பெறுக.

7.30 ஐன்ஸ்டீன் நிறை - ஆற்றல் இணைமாற்றுச் சமன்பாட்டை வருவி.

கணக்குகள்

7.31 உலோகம் ஒன்றின் ஒளிமின் விளைவிற்கான பயன்தொடக்க அலைநீளம் *5000 Å*. *(i)* வெளியேற்று ஆற்றலை எலக்ட்ரான் வோல்டிலும் *(eV)* மற்றும் *(ii) 4000 Å* அலைநீள ஒளியால் வெளிப்படும் எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றலை எலக்ட்ரான் வோல்டிலும் *(eV)* கணக்கிடுக.

7.32 குறிப்பிட்ட உலோகம் ஒன்றிலிருந்து *670 nm* அலைநீளம் கொண்ட சிவப்பு ஒளி வெளிப்படுத்தும் எலக்ட்ரான்களுக்குத் தேவைப்படும் நிறுத்து மின்னழுத்தம் *0.5 V*. உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றல் மற்றும் பயன் தொடக்க அலைநீளம் யாது?

7.33 இலக்கு பொருளின் வெளியேற்று ஆற்றல் *1.24 eV* மற்றும் படும் கதிர்வீச்சின் அலைநீளம் $4.36 \times 10^{-7}\,m$ எனில், ஒளிஎலக்ட்ரானின் திசைவேகத்தைக் கணக்கிடுக.

7.34 எலக்ட்ரானின் ஓய்வு நிறை $9.1 \times 10^{-31}\,kg$. ஒளியின் திசைவேகத்தில் *(4/5)* பங்கு திசைவேகத்தில் இயங்கும் போது அதன் நிறை யாது?

7.35 *(i)* சீசியம் மற்றும் *(ii)* நிக்கல் பரப்புகளில் இருந்து ஒளி எலக்ட்ரான்களை வெளியேற்றும் ஃபோட்டான்களின் பயன் தொடக்க அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடுக. (சீசியத்தின் வெளியேற்று ஆற்றல் *1.8 eV* மற்றும் நிக்கலின் வெளியேற்று ஆற்றல் *5.9 eV*).

7.36 ஒளி எலக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் $10^4\,ms^{-1}$ எனில் பொட்டாசியம் உலோகத்தின் மீது விழும் கதிர்வீச்சின் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடுக. பொட்டாசியத்தின் வெளியேற்று ஆற்றல் *2.3 eV*.

7.37 மூலம் ***(source)*** ஒன்றிலிருந்து பெறப்படும் $2271\ Å$ அலைநீளம் கொண்ட புறஊதாக் கதிர், மாலிப்டின உலோகத்தால் உருவாக்கப்பட்ட ஒளிமின்கலத்தின் மீது விழுகின்றன. நிறுத்து மின்னழுத்தம் $1.3\ V$ எனில், உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றலைக் கணக்கிடுக. $He - Ne$ லேசரிலிருந்து பெறப்படும் செறிவு மிக்க $(10^5\ Wm^{-2})$ $6328\ Å$ அலைநீளம் கொண்ட சிவப்பு ஒளி விழும்போது என்ன நிகழும்?

7.38 இரும்பின் வெளியேற்று ஆற்றல் $4.7\ eV$. இதற்கான வெட்டு அதிர்வெண் மற்றும் அதற்குரிய வெட்டு அலைநீளம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

7.39 $36 \times 10^6\ Kmph$ என்ற திசைவேகத்தில் இயங்குவதாகக் கருதப்படும் ஆய்வாளரைப் பொருத்த ஒரு தண்டின் நீளம் $1\ m$ எனில், ஓய்வு நிலையில் உள்ள ஆய்வாளரைப் பொருத்து அத்தண்டின் நீளத்தைக் காண்க.

7.40 ஓய்வு நிலையில் உள்ள ஆய்வாளரால் கணக்கிடப்படும் கால இடைவெளி $2.5 \times 10^{-8}s$. $v = 0.73\ c$ என்ற திசைவேகத்தில் இயங்கும் ஆய்வாளரால் கணக்கிடப்படும் கால இடைவெளி யாது?

7.41 எலக்ட்ரானின் ஓய்வு ஆற்றலை MeV ல் கணக்கிடுக. (எலக்ட்ரானின் நிறை $9.11 \times 10^{-31}\ kg$).

7.42 ஒளியின் திசைவேகத்தில் 0.900 பங்கு வேகத்தில் செல்லும் புரோட்டான் ஒன்றின் இயக்க ஆற்றலை *joule* மற்றும் MeV-ல் கணக்கிடுக.

விடைகள்

7.1 (a)	**7.2** (a)	**7.3** (b)	**7.4** (a)
7.5 (d)	**7.6** (d)	**7.7** (a)	**7.8** (c)
7.9 (c)	**7.10** (a)		

7.31 2.475 eV, 0.62 eV **7.32** 1.354 eV, 917.2 nm

7.33 $7.52 \times 10^5\ ms^{-1}$ **7.34** $15.16 \times 10^{-31}\ kg$

7.35 $4.34 \times 10^{14}\ Hz$; $1.42 \times 10^{15}\ Hz$

7.36 $0.56 \times 10^{15}\ Hz$

7.37 4.166 eV, $v_o > v$, என்பதால் எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படமாட்டாது.

7.38 $1.1 \times 10^{15}\ Hz$; $2.64 \times 10^2\ nm$ **7.39** 1.0006 m

7.40 $3.658 \times 10^{-8}\ s$ **7.41** 0.512 MeV

7.42 $1.955 \times 10^{-10}\ J$; 1221.8 MeV

8. அணுக்கரு இயற்பியல்

1911ஆம் ஆண்டு எர்னஸ்ட் ரூதர்ஃபோர்டு **(Earnest Rutherford)** அணுக்கருவைக் கண்டறிந்தார். ரூதர்ஃபோர்டின் α–துகள் சோதனையில் இருந்து, அணுவின் நிறை மற்றும் நேர்மின்னூட்டம் அதன் மையத்தில் உள்ள ஒரு சிறு பகுதியில் செறிந்திருக்கும் என நிரூபிக்கப்பட்டது. இப்பகுதி அணுக்கரு **(nucleus)** எனப்படும். அணுவின் மொத்த அளவோடு ஒப்பிடும் போது, அணுக்கருவின் அளவு மிகச் சிறியதாக உள்ளது. அணுக்கருவானது சுற்றுப்பாதையில் இயங்கும் எலக்ட்ரான்களால் சூழப்பட்டுள்ளது.

8.1 அணுக்கரு

அணுக்கரு, அடிப்படைத் துகள்களான புரோட்டான்களையும், நியூட்ரான்களையும் கொண்டுள்ளது. இத்துகள்கள் அணுக்கருத் துகள்கள் **(Nucleons)** எனப்படும். புரோட்டான், எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டத்திற்குச் சமமான நேர் மின்னூட்டத்தையும், எலக்ட்ரானின் நிறையைப் போல ஏறக்குறைய 1836 மடங்கு நிறையையும் கொண்டது. ஏறக்குறைய புரோட்டானின் நிறையைக் கொண்ட நியூட்ரான் ஒரு மின்நடுநிலைத் துகள் ஆகும். அணுக்கருவினுள் உள்ள அணுக்கருத் துகள்கள் அணுக்கரு விசை என்ற வலிமையான கவர்ச்சி விசையால் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன.

ஒரு தனிமத்தின் அணுக்கரு $_ZX^A$ என்று குறிக்கப்படுகின்றது. இதில் X என்பது தனிமத்தின் வேதிக் குறியீடு. Z என்பது அணு எண். இது புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கைக்குச் சமம். A என்பது நிறை எண். இது புரோட்டான்கள் மற்றும் நியூட்ரான்களின் மொத்த எண்ணிக்கைக்குச் சமம். நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை N என்பது A-Zக்குச் சமம். எடுத்துக்காட்டாக, குளோரின் அணுக்கரு, $_{17}Cl^{35}$ எனக் குறிக்கப்படும். இதில் 17 புரோட்டான்களும், 18 நியூட்ரான்களும் அடங்கியுள்ளன.

8.1.1 அணுக்கருக்களின் வகைப்பாடு

(i)** ஐசோடோப்புகள் **(Isotopes)

சமமான அணு எண்ணையும் (Z) வேறுபட்ட நிறை எண்ணையும் (A) கொண்ட ஒரே தனிமத்தின் அணுக்கள் ஐசோடோப்புகள் எனப்படும். $_1H^1$, $_1H^2$ மற்றும் $_1H^3$என்ற அணுக்கருக்கள் ஹைட்ரஜனின் ஐசோடோப்புகள் ஆகும். அதாவது, ஒரு தனிமத்தின் ஐசோடோப்புகள் சம எண்ணிக்கையுள்ள புரோட்டான்களையும், வேறுபட்ட எண்ணிக்கையுள்ள நியூட்ரான்களையும் கொண்டிருக்கும் எனக் கூறலாம். ஐசோடோப்புகளின் அணுக்களின் எலக்ட்ரான் அமைப்பு ஒரே மாதிரியாக அமையுமாதலால் அவை ஒத்த வேதிப் பண்புகளைப் பெற்றிருக்கும். எனவே, அவை தனிம வரிசை அட்டவணையில் ஒரே இடத்தில் அமையும்.

(ii) ஐசோபார்கள் (Isobars)

ஐசோபார்கள் என்பவை சமமான நிறை எண்ணையும் (A) மாறுபட்ட அணு எண்ணையும் (Z) கொண்ட வெவ்வேறு தனிமங்களின் அணுக்கள் ஆகும். $_8O^{16}$ மற்றும் $_7N^{16}$ அணுக்கருக்கள் இரு ஐசோபார்களைக் குறிக்கும். ஐசோபார்கள் வெவ்வேறு தனிமத்தின் அணுக்கள், ஆதலால், அவற்றின் இயற்பியல் மற்றும் வேதிப் பண்புகள் மாறுபட்டு அமையும்.

(iii) ஐசோடோன்கள் (Isotones)

சம எண்ணிக்கையில் அமைந்த நியூட்ரான்களைக் கொண்டுள்ள வெவ்வேறு தனிமங்களின் அணுக்கள் ஐசோடோன்கள் எனப்படும். $_6C^{14}$ மற்றும் $_8O^{16}$ என்பவை ஐசோடோன்களுக்கான சில எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும்.

8.1.2 அணுக்கருவின் பொதுப் பண்புகள்

அணுக்கரு அளவு (Nuclear size)

ரூதர்ஃபோர்டின் α–துகள் சிதறல் சோதனையின்படி, α–துகள் அணுக்கருவை அணுகும் மீச்சிறு தொலைவு அணுக்கருவின் ஆரமாகக் கருதப்பட்டது. இது சுமாராக 10^{-15}m ஆகும். அணுக்கருவைக் கோளமாகக் கருதினால், அணுக்கரு ஆரம் R மற்றும் நிறை எண் A - இவற்றை தொடர்புபடுத்தும் ஒரு எண்மானச் சமன்பாடு (empirical relation) பொருத்தமாக அமைகிறது. அச்சமன்பாடு பின்வருமாறு அமைகிறது.

$$R \propto A^{1/3}$$

$$R = r_o A^{1/3}$$

இங்கு r_o என்பது விகிதமாறிலி. இதன் மதிப்பு 1.3 F

(1 பெர்மி, F = 10^{-15} m)

அணுக்கரு அடர்த்தி (Nuclear density)

அணுக்கருவின் நிறை மற்றும் அளவினைக் கொண்டு அணுக்கரு அடர்த்தி ρ_N கணக்கிடப்படுகின்றது.

$$\rho_N = \frac{\text{அணுக்கருவின் நிறை}}{\text{அணுக்கருவின் பருமன்}}$$

அணுக்கருவின் நிறை = Am_N

இங்கு A = நிறை எண்

m_N = அணுக்கருத்துகளின் நிறை. இதன் மதிப்பு தோராயமாக 1.67×10^{-27} kg.

அணுக்கருவின் பருமன் $= \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi (r_o A^{1/3})^3$

$$\therefore \qquad \rho_N = \frac{A\ m_N}{\frac{4}{3}\pi(r_o A^{1/3})^3} = \frac{m_N}{\frac{4}{3}\pi r_o^{\ 3}}$$

தெரிந்த மதிப்புகளைப் பிரதியிட்டு, அணுக்கருவின் அடர்த்தி 1.816×10^{17} kg m^{-3} எனக் கணக்கிடப்படுகின்றது. இம்மதிப்பு அணுக்கருவின் அளவைப் பொருத்திராமல், ஏறக்குறைய அனைத்து அணுக்கருக்களுக்கும் மாறிலியாகும்.

அணுக்கரு அடர்த்தியின் உயர் மதிப்பு, அணுக்கருவினுள் பருப்பொருள் மிக அதிக அளவில் திணிக்கப்பட்ட நிலையில் இருக்கிறது என்பதைக் காட்டுகிறது.

அணுக்கரு மின்னூட்டம்

அணுக்கரு மின்னூட்டத்திற்குக் காரணம் அதில் உள்ள புரோட்டான்கள் ஆகும். ஒவ்வொரு புரோட்டானும் 1.6×10^{-19} C அளவுள்ள மின்னூட்டத்தைக் கொண்டுள்ளது.

$\therefore$ அணுக்கருவின் மின்னூட்டம் = Ze, Z என்பது அணு எண்.

அணு நிறை அலகு (Atomic mass unit)

நிறையின் அலகு kg. எனினும், அணுக்கருவின் நிறையை அணு நிறை அலகில் (amu) குறிப்பிடுவது ஏற்புடையதாக அமையும். ஒரு அணு நிறை அலகு என்பது கார்பன் $_6C^{12}$ அணுவின் நிறையில் (1/12) பங்கிற்குச் சமம். அணு எண் 6 மற்றும் நிறை எண் 12 கொண்ட கார்பனின் நிறை 12 amu க்குச் சமம்.

1 amu = 1.66×10^{-27} kg

புரோட்டானின் நிறை, m_p = 1.007276 amu

இது, ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறைக்கும் (1.007825 amu) எலக்ட்ரானின் நிறைக்கும் உள்ள வேறுபாட்டிற்குச் சமம்.

நியூட்ரானின் நிறை, m_n = 1.008665 amu

1 amu க்கு சமமான ஆற்றலை எலக்ட்ரான் வோல்ட்டில் (eV) கணக்கிடலாம்.

ஐன்ஸ்டினின் நிறை ஆற்றல் இணைமாற்றுச் சமன்பாடு $E = mc^2$ ஆகும்.

இங்கு m = 1 amu = 1.66×10^{-27} kg

$c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$

$\therefore \qquad E = 1.66 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2$ J

எலக்ட்ரான் வோல்ட் (eV) எனப்படுவது, ஒரு வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாட்டால் எலக்ட்ரான் பெறும் ஆற்றல் ஆகும்.

1 eV = 1.6×10^{-19} C $\times$ 1 V

1 eV = 1.6×10^{-19} J

எனவே $E = \frac{1.66 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^{8})^2}{1.6 \times 10^{-19}}$ eV = 931×10^6 eV

= 931 மில்லியன் எலக்ட்ரான் வோல்ட் = 931 MeV

ஆகவே, 1 amuக்கு சமமான ஆற்றல் = 931 MeV

அணுக்கருவின் நிறை

அணுக்கருவானது புரோட்டான்களையும், நியூட்ரான்களையும் கொண்டிருப்பதால், அணுக்கருவின் நிறை, அதில் அடங்கியுள்ள துகள்களின் நிறைக்குச் சமமாகக் கருதப்படுகிறது.

அணுக்கருவின் கருதப்பட்ட நிறை = $Zm_P + Nm_n$,

இங்கு m_p மற்றும் m_n முறையே புரோட்டான் மற்றும் நியூட்ரானின் நிறை ஆகும். எனினும் நிறை நிறமாலைமானிகள் மூலம் கண்டறியப்பட்ட நிலைத்தன்மை உடைய அணுக்கருவின் நிறையானது (m) அதன் அணுக்கருத் துகள்களின் மொத்த நிறையைவிடக் குறைவாக இருப்பது கண்டறியப்பட்டது.

அதாவது, அணுக்கருவின் நிறை $m < (Zm_p + Nm_n)$

$$Zm_p + Nm_N - m = \Delta m$$

Δm என்பது நிறைவழு (mass defect) ஆகும். எனவே, அணுக்கருவில் உள்ள அணுக்கருத் துகள்களின் மொத்த நிறைக்கும், அணுக்கருவின் உண்மை நிறைக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு நிறைவழு எனப்படும்.

குறிப்பு : நிறை நிறமாலைமானியைக் கொண்டு, Z எலக்ட்ரான்களின் நிறையும் சேர்ந்த அணுவின் நிறையை மட்டுமே கணக்கிட இயலும். M என்பது அணுவின் நிறை எனில், நிறைவழுவை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$\Delta m = Zm_P + Nm_n + Zm_e - M$$

$$= Zm_H + Nm_n - M$$

m_H என்பது ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறையைக் குறிக்கும்.

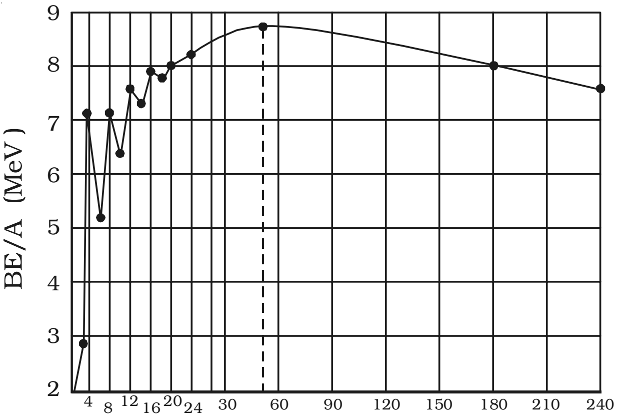
பிணைப்பு ஆற்றல் (Binding energy)

புரோட்டான்களும், நியூட்ரான்களும் சேர்ந்து அணுக்கரு உருவாகும்போது மறையும் நிறை (நிறைவழு Δm) அதற்குச் சமமான ஆற்றலாக மாற்றப்படுகின்றது. இந்த ஆற்றல் (Δmc^2) அணுக்கருவின் பிணைப்பு ஆற்றல் எனப்படும்.

$\therefore$ பிணைப்பு ஆற்றல் $= [Zm_P + Nm_n - m]\, c^2$

$= \Delta m\ c^2$

அணுக்கருவின் பிணைப்பு ஆற்றல் என்பது அது சிதைவடையாமல் அமைவதற்கான நிலைப்புத் தன்மையைக் குறிக்கும். அதாவது பிணைப்பு ஆற்றல் அதிகம் எனில் அணுக்கரு நிலைப்பாடு மிக்கதாகவும், பிணைப்பு ஆற்றல் குறைவு எனில் அணுக்கரு நிலைப் பாடு குறைந்ததாகவும் அமையும் எனக் கூறலாம்.



படம் 8.1 பிணைப்பு ஆற்றல் வரைபடம்

ஒரு அணுக்கருத் துகளுக்கான பிணைப்பு ஆற்றல்

$$\frac{BE}{A} = \frac{\text{அணுக்கருவின் பிணைப்பு ஆற்றல்}}{\text{அணுக்கருத் துகள்களின் மொத்த எண்ணிக்கை}}$$

ஒரு அணுக்கருத் துகளுக்கான பிணைப்பு ஆற்றல் தனிமத்திற்கு தனிமம் மாறுபடும். அணுக்கருவின் நிறை எண் A வை X–அச்சிலும், அணுக்கருத் துகள் ஒன்றின் பிணைப்பு ஆற்றலை Y–அச்சிலும் கொண்டு வரைபடம் வரையப்படுகின்றது (படம் 8.1).

பிணைப்பு ஆற்றல் வளைகோட்டிற்கான விளக்கம்

(i) நிறை எண் A = 20 வரை, அணுக்கருத் துகள் ஒன்றின் பிணைப்பு ஆற்றலானது நிறை எண்ணைப் பொருத்து வேகமாகவும் A = 20க்குப் பிறகு மெதுவாகவும் அதிகரிக்கின்றது. A<20 எனும் போது, நிறை எண் நான்கின் மடங்குகளாக அமையும் அணுக்கருக்கள் வரைபடத்தில் மீண்டும் மீண்டும் முகடுகளில் அமைகின்றன. இவற்றின் புரோட்டான்கள் மற்றும் நியூட்ரான்கள் சம எண்ணிக்கையில் அமைவதோடு, இரட்டைப்படை எண்ணிக்கையிலும் அமைகின்றன. எடுத்துக்காட்டு : $_2He^4$, $_4Be^8$, $_6C^{12}$, $_8O^{16}$, மற்றும் $_{10}Ne^{20}$. 40 மற்றும் 120க்கு இடைப்பட்ட நிறை எண்களில் வரைகோடு ஏறக்குறைய கிடைமட்டமாக அமைகிறது. A=120க்கு ன் மதிப்பு 120-ஐ விட அதிகமாகும் போது அணுக் கருத்துகள் ஒன்றின் பிணைப்பு ஆற்றல் மெதுவாகக் குறைகிறது.

(ii) A = 56 ஆக உள்ளபோது, ஒரு அணுக்கருத் துகளுக்கான பிணைப்பு ஆற்றலானது பெரும மதிப்பு 8.8 MeV-ஐ அடைகிறது. இது இரும்பின் $_{26}Fe^{56}$ அணுக்கரு ஆகும். எனவே இரும்பு அனைத்துத் தனிமங்களைவிட அதிக நிலைப்பாடு உடையதாக அமையும்.

(iii) நிறை எண் 40 மற்றும் 120க்கும் இடைப்பட்ட அணுக்கருக்களின் ஒரு அணுக் கருத்துகளுக்கான சராசரி பிணைப்பு ஆற்றல் சுமார் 8.5 MeV ஆக இருக்கும். இத்தகைய தனிமங்களின் நிலைப்புத்தன்மை அதிகமானதாக இருக்கும். இவை கதிரியக்கத்திற்கு உட்படாது.

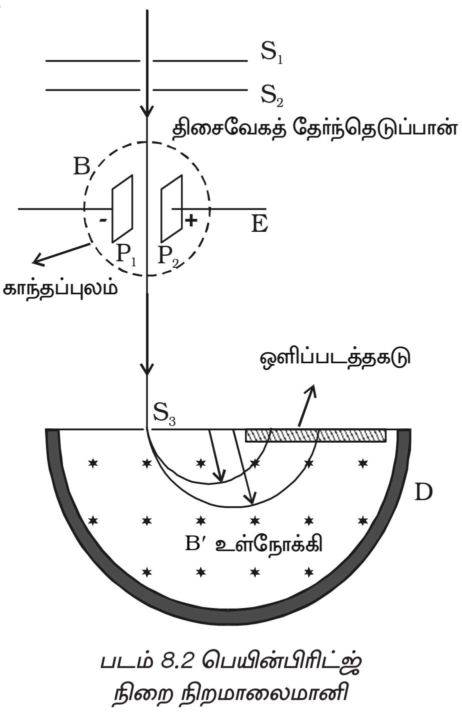
(iv) நிறை எண் அதிகமாக உள்ளபோது, பிணைப்பு ஆற்றல் குறைந்து கொண்டே வருகிறது. யுரேனியத்தின் ஒரு அணுக்கருத் துகளுக்கான பிணைப்பு ஆற்றல் சுமார் **7.6 MeV** ஆகும். எனவே இத்தனிமங்கள் நிலைப்பாடற்றவை. மேலும் இவை கதிரியக்கத்திற்கு உட்படும்.

(v) இலேசான மற்றும் கனமான அணுக்கருக்களின் குறைவான பிணைப்பு ஆற்றல், முறையே அணுக்கரு இணைவு மற்றும் அணுக்கரு பிளவை நிகழ்வுகளை விளக்குகிறது. இலேசான அணுக்கருக்கள் இணைந்து கனமான அணுக்கருவாக உருவாகும்போதும் (அணுக்கரு இணைவு), கனமான அணுக்கரு, லேசான அணுக்கருக்களாக பிளவுறும்போதும் (அணுக்கருப் பிளவை) ஏராளமான ஆற்றல் வெளிப்படும்.

8.2 பெயின்பிரிட்ஜ் நிறை நிறமாலைமானி - ஐசோடோப்புகளின் நிறைகளைக் காணல் *(Bainbridge mass spectrometer)*

நிறை நிறமாலைமானி என்பது ஐசோடோப்புகளின் அணு நிறைகளைத் துல்லியமாக அளந்தறியும் ஒரு அமைப்பு ஆகும். பெயின் பிரிட்ஜ் நிறை நிறமாலைமானி படம் 8.2ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட எலக்டரான்கள் நீக்கப்பட்ட அணுக்கள், நிகர நேர்மின்னூட்டத்தைப் பெற்று நேர்மின் அயனிகளாகின்றன. மின்னிறக்கக் குழாயிலிருந்து வெளிப்படும் நேர்மின் அயனிக் கற்றை S_1, S_2 என்ற குறுகிய பிளவுகளின் வழியே செலுத்தப்பட்டு மெல்லிய கற்றையாக வெளிவருகின்றது. இக்கற்றை திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பான் **(velocity selector)** என்ற அமைப்பின் வழியே செலுத்தப் படுகிறது. இவ்வமைப்பில் செயல்படும் மின் மற்றும் காந்தப்புலங்களின் விளைவாக, குறிப்பிட்ட திசைவேகம் கொண்ட அயனிகள் மட்டுமே இவ்வமைப்பை விட்டு வெளியேறும். திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப் பானில், ஒன்றுக்கொன்று இணையாக உள்ள P_1 மற்றும் P_2 தகடுகளைக் கொண்டு E என்ற சீரான மின்புலமும் மற்றும் மின்காந்தம் ஒன்றின்மூலம் B என்ற சீரான காந்தப்புலமும் உருவாக்கப்படுகின்றன. இவ்விரு புலங்களும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகவும் மற்றும் அயனிக் கற்றையின் திசைக்கு செங்குத்தாவும் அமையும்.



படம் 8.2 பெயின்பிரிட்ஜ் நிறை நிறமாலைமானி

மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலத்தினைச் சரி செய்து, ஒன்றின் விளைவை, மற்றொன்று இல்லாமல் செய்யுமாறு அமைக்க வேண்டும். E மற்றும் B என்பன முறையே மின்புலச் செறிவு மற்றும் காந்தத் தூண்டல் எனவும் q-என்பது நேர்மின் அயனிகளின் மின்னூட்டம் எனவும் கருதுவோம். அயனிகளின் மீது மின்புலமானது Eq என்ற விசையையும், காந்தப்புலமானது Bqv என்ற விசையையும் செயல்படுத்தும் (v என்பது அயனிகளின் திசைவேகம்). இவ்விரு விசைகளும் சமமாகும் போது திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பானில் அயனிகள் விலக்கமடையாமல் செல்லும்.

$$Bqv = qE$$

$$v = E/B$$

v என்ற இந்த திசைவேகம் கொண்ட அயனிகள் மட்டுமே திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பானில் இருந்து வெளிப்பட்டு, S_3 பிளவையைக் கடந்து D என்ற வெற்றிடமாக்கப்பட்ட கலத்தினுள் நுழைகின்றன. சம திசைவேகம் கொண்ட இந்த நேர்மின் அயனிகள், தாளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக உள்நோக்கி செயற்படுகின்ற B' என்ற காந்தத் தூண்டலுக்கு உட்படுகின்றன.

இந்த அயனிகள் காந்தப்புலத்தால் விலக்கமடைந்து R ஆரமுள்ள வட்டப்பாதையில் சென்று ஒளிப்படத் தகட்டை அடைகின்றன. காந்தப்புலத்தினால் உருவாகும் $B'qv$ என்ற விசை, மையநோக்கு விசையைத் தருகின்றது.

$$B'qv = \frac{mv^2}{R}$$

$$m = \frac{B'qR}{v}$$

$v = E/B$ எனப் பிரதியிட

$$m = \frac{BB'qR}{E}$$

வெவ்வேறு நிறைகளைக் கொண்ட அயனிகள், வெவ்வேறு ஆரங்கள் கொண்ட அரை வட்டப் பாதைகளில் சென்று ஒளிப்படத் தகட்டில் கருமைக் கோடுகளை உண்டாக்குகின்றன. கலத்தின் திறப்பிற்கும் (opening), கருமைக் கோட்டிற்கும் இடைப்பட்டத் தொலைவு, விட்டம் $2R$ க்குச் சமம். இதிலிருந்து R கணக்கிடப்படுகின்றது.

q, B, B', E மற்றும் Rன் மதிப்புகள் தெரியுமாதலால் நேர்மின் அயனிகளின் நிறைகளைக் கணக்கிடலாம். இவ்வாறாக ஐசோடோப்புகளின் நிறைகளைக் கணக்கிடலாம்.

8.3 அணுக்கரு விசை

அணுக்கருவினுள் நேர்மின்னூட்டம் கொண்ட புரோட்டான்களும், மின்னூட்டமற்ற நியூட்ரான்களும் உள்ளன. புரோட்டான்கள் மிக நெருக்கமாக அமைந்துள்ளதால், கூலும் விதியின்படி, புரோட்டான்களுக்கு இடையே வலிமை மிக்க விரட்டு விசை இருத்தல் வேண்டும். இதன் காரணமாக, அணுக்கருவானது சிறு சிறு துண்டுகளாக பிளவுற வேண்டும். ஆனால் அவ்வாறு நிகழ்வதில்லை. இதிலிருந்து, நேர்மின்னூட்டம் கொண்ட புரோட்டான்களுக்கு இடையே செயல்படும் விரட்டு விசையை விட வலிமையான மற்றொரு விசை அணுக்கருவினுள் செயல்பட வேண்டும் என்றும், அவ்விசையே அணுக்கருவினுள் புரோட்டான்களையும், நியூட்ரான்களையும் பிணைக்கின்றது என்றும் அறியலாம். இவ்விசை அணுக்கரு விசை எனப்படும்.

(i) அணுக்கரு விசை மின்னூட்டச் சார்பற்றது. இவ்விசை **(n–n), (p–p)** மற்றும் **(n–p).** என்ற மூன்று சோடி அணுக்கருத் துகள்களுக்கு இடையே சமமாக அமையும். இதிலிருந்து, அணுக்கரு விசை என்பது நிலைமின்னியல் விசையல்ல என அறியலாம்.

(ii) இது வரையில் கண்டறியப்பட்ட விசைகளில் அணுக்கரு விசையே மிக அதிக வலிமை கொண்டது.

(iii) அணுக்கரு விசை ஈர்ப்பியல் விசை **(gravitational force)** அல்ல. அணுக்கரு விசை, ஈர்ப்பியல் விசையை விட 10^{40} மடங்கு வலிமையானது.

(iv) அணுக்கரு விசை குறுகிய நெடுக்கம் கொண்டது. 10^{-15} மீட்டருக்குக் குறைவான தொலைவில் அமையும். இரு அணுக்கருத் துகள்களுக்கு இடையே இவ்விசை மிக வலிமையானதாக அமையும். இதைவிட அதிகமான தொலைவுகளில் அணுக்கரு விசை புறக்கணிக்கத்தக்கதாகும். மாறாக, நிலைமின்னியல், காந்தவியல் மற்றும் ஈர்ப்பியல் விசைகள் அதிக நெடுக்கம் கொண்ட, எளிதில் உணரக் கூடிய விசைகள் ஆகும்.

இரு அணுக்கருத் துகள்களுக்கு இடையே மீசான் **(Meson)** என்ற துகள் தொடர்ந்து பரிமாற்றம் செய்யப்படுவதாலேயே அணுக்கரு விசை தோன்றுகின்றது என்று யுகாவா **(Yukawa)** எடுத்துரைத்தார். மின்காந்த இடைவினைச் செயலில் பரிமாற்றம் செய்யப்படும் ஃபோட்டான்களைப் போலவே மீசான்களும் பரிமாற்றம் செய்யப்படுகின்றன.

எவ்வாறாயினும், தற்போதைய கருத்துப்படி, புரோட்டான்களையும், நியூட்ரான்களையும் பிணைக்கும் அணுக்கரு விசையானது ஒரு அடிப்படை விசை அன்று. அது ஒரு இரண்டாம் நிலை விசை ஆகும்.

8.4 கதிரியக்கம்

1896ஆம் ஆண்டு ஹென்றி பெக்கொரல் **(Henri Becquerel)** கதிரியக்கம் என்ற நிகழ்வைக் கண்டுபிடித்தார். கருப்புத் தாளினால் சுற்றி வைக்கப்பட்ட ஒளிப்படத் தகடு, யுரேனிய உப்பு உமிழும் ஊடுருவு திறன் மிக்க கதிர்வீச்சுகளால் பாதிப்படைந்ததை பெக்கொரல் கண்டறிந்தார். யுரேனியம் உப்பிலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்வீச்சுகள்

வாயுக்களை அயனியாக்கும் தன்மை கொண்டவை என்பதை, பின்னர் ரூதர்ஃபோர்டு நிரூபித்தார். அயனிகளால் உருவாகும் மின்னோட்டம், அந்தச் சேர்மத்தின் கதிர்வீச்சு செயல்பாட்டின் அளவாகக் கொள்ளப்பட்டது.

சில ஆண்டுகளுக்குப்பின், மேரி கியூரி அம்மையாரும், அவரது கணவர் பியரி கியூரியும் அதிகக் கதிரியக்கம் கொண்ட தனிமங்களான ரேடியம் மற்றும் பொலோனியம் ஆகியவற்றைக் கண்டுபிடித்தனர். α, β, γ என்ற மூன்று வெவ்வேறு விதமான கதிர்வீச்சுகளே தனிமத்தின் கதிரியக்கச் செயல்பாடுகளுக்குக் காரணமாகும்.

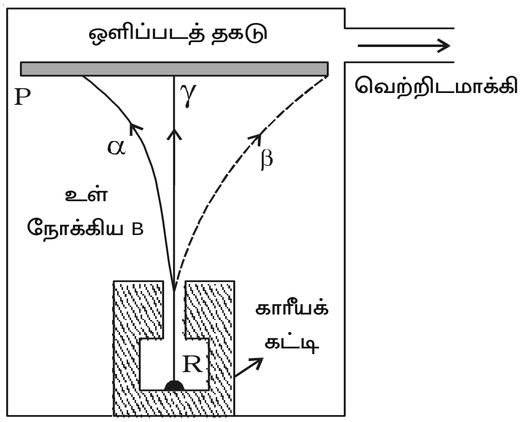
அணு எண் 82ஐ விட அதிகமான அணு எண் உடைய கனமான தனிமங்கள் தன்னிச்சையாக α, β, γ போன்ற கதிர்களை வெளிவிடும் நிகழ்வு கதிரியக்கம் எனப்படும். இத்தகைய கதர்வீச்சுகளை வெளிவிடும் தனிமங்கள் கதிரியக்கத் தனிமங்கள் எனப்படும்.

கதிரியக்க நிகழ்வு, தன்னிச்சையானது. இது வெப்பநிலை, அழுத்தம், மின் மற்றும் காந்தப் புலங்கள் போன்ற புறக் காரணிகளால் பாதிக்கப்படாது.

8.4.1 ஆல்ஃபா, பீட்டா மற்றும் காமாக் கதிர்கள்

α, β மற்றும் γ கதிர்கள் என்ற மூன்று வெவ்வேறு விதமான கதிர்வீச்சுகள் இருப்பதை பின்வரும் சோதனைமூலம் எளிதாக அறியலாம். வெற்றிடத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள காரீயக் கட்டி ஒன்றில் இடப்பட்ட சிறு துளையின் அடிப்பகுதியில் சிறிதளவு ரேடியம் **(R)** வைக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 8.3).

காரீயக் கட்டிக்கு மேல் சிறிது தொலைவில் ஒளிப்படத்தகடு வைக்கப்பட்டுள்ளது. தாளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக, உள்நோக்கி, ஒரு வலிமையான காந்தப்புலம் செலுத்தப்படுகிறது. ஒளிப்படத் தகட்டில் தெளிவான மூன்று சுவடுகளைக் காணலாம். இடதுபுற மாகக் காணப்படும் சுவடு நேர் மின்னூட்டத் துகள்களால் ஏற்படுகின்றது. இவை α துகள்கள் எனப்பட்டன. வலதுபுறமாக உள்ள சுவடு எதிர் மின்னூட்டத் துகள்களால் ஏற்படுகின்றது. இவை β துகள்கள் எனப்பட்டன. விலக்கமடையாத சுவடு, மின் நடுநிலை கொண்ட கதிர்வீச்சால் ஏற்படுகின்றது. இக்கதிர்கள் γ கதிர்கள் எனப்பட்டன. மின்புலம் செலுத்தப் படும்போது, α கதிர்கள் எதிர்மின் தகட்டை நோக்கியும், β கதிர்கள் நேர்மின் தகட்டை நோக்கியும் விலக்கமடையும். γ கதிர்கள் விலக்கம் அடைவதில்லை.



படம் 8. 3 கதிரியக்கம்

α – கதிர்களின் பண்புகள்

(i) α துகள் இரு புரோட்டான்களையும் இரு நியூட்ரான்களையும் கொண்ட ஹீலியம் அணுக்கருவாகும். இது, இரு அலகு நேர்மின்னூட்டம் கொண்டது.

(ii) இவை மிக அதிக திசைவேகத்துடன் நேர்க்கோட்டில் செல்கின்றன.

(iii) இவை மின் மற்றும் காந்தப் புலங்களால் விலக்கமடைகின்றன.

(iv) இவை வாயுக்களின் வழியே செல்லும்போது, வாயுக்களை மிகுந்த அளவு அயனியாக்கம் செய்கின்றன. இவற்றின் அயனியாக்கும் திறன் β-கதிர்களை விட 100 மடங்கு அதிகம், γ–கதிர்களைவிட 10,000 மடங்கு அதிகம்.

(v) இவை ஒளிப்படத் தகடுகளை பாதிக்கும்.

(vi) இவை தங்கம் போன்ற கனமான தனிமங்களால் சிதறலடிக்கப்படும்.

(vii) இவை துத்தநாக சல்ஃபைடு, பேரியம் பிளாட்டினோ சயனைடு போன்ற பொருள்களின் மீது விழும் போது ஒளிர்தலை ஏற்படுத்தும்.

β – கதிர்களின் பண்புகள்

(i) β–துகள்கள் ஓரலகு எதிர்மின்னூட்டமும், எலக்ட்ரானின் நிறையையும் கொண்டவை. எனவே, இவை எலக்ட்ரான்களேயாகும்.

(ii) மூலம் (Source) ஒன்றிலிருந்து வெளிப்படும் β–துகள்கள் **0.3 c** முதல் **0.99 c** வரையிலான திசைவேகங்களைப் பெற்றிருக்கும். **c** என்பது ஒளியின் திசைவேகம்.

(iii) இவை மின் மற்றும் காந்தப்புலங்களால் விலக்கமடைகின்றன.

(iv) இவை குறைந்த அயனியாக்கும் திறன் கொண்டவை.

(v) இவை ஒளிப்படத் தகடுகளை பாதிக்கும்.

(vi) இவை மெல்லிய உலோகத் தகடுகளை ஊடுருவிச் செல்லக் கூடியவை. இவற்றின் ஊடுருவும் திறன் α கதிர்களை விட அதிகம்.

(vii) இவை பேரியம் பிளட்டினோ சயனைடு போன்ற பொருள்களின் மீது விழும்போது ஒளிர்தலை ஏற்படுத்தும்.

γ – கதிர்களின் பண்புகள்

(i) இவை மிகக் குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட மின்காந்த அலைகள்.

(ii) இவை மின் மற்றும் காந்தப்புலங்களால் விலக்கமடைவதில்லை.

(iii) இவை ஒளியின் திசைவேகத்தில் செல்லும்.

(iv) இவற்றின் அயனியாக்கும் திறன் மிகக் குறைவு

(v) இவை ஒளிப்படத் தகடுகளைப் பாதிக்கும்.

(vi) இவை β-கதிர்களைவிட மிக அதிகமான ஊடுருவும் திறன் கொண்டவை.

(vii) இவை ஒளிர்தலை ஏற்படுத்தும்.

(viii) இவை X–கதிர்களைப் போன்று படிகங்களில் விளிம்பு விளைவுக்கு உட்படும்.

8.5 கதிரியக்க இடப்பெயர்ச்சி விதி

கதிரியக்கச் சிதைவின் போது, சிதைவுக்கு உட்படும் அணுக்கரு தாயணுக்கரு (Parent) எனவும் சிதைவுக்குப் பின் உருவாகும் அணுக்கரு சேயணுக்கரு (daughter) எனவும் கூறப்படும். 1913ல் சாடி (Soddy) மற்றும் ஃபஜன் (Fajan) ஆகியோர் கதிரியக்கச் சிதைவு விதியைக் கூறினர்.

α-சிதைவு

ஒரு கதிரியக்க அணுக்கரு, α-துகளை வெளிவிட்டு சிதைவடையும் போது, அதன் அணு எண் இரண்டும், நிறை எண் நான்கும் குறையும். α- சிதைவை

$_{z}X^{A} \rightarrow {}_{z-2}Y^{A-4} + {}_{2}He^{4}$ எனக் குறிப்பிடலாம்.

எடுத்துக்காட்டு : ரேடியம் ($_{88}Ra^{226}$) α – சிதைவினால் ரேடானாக ($_{86}Rn^{222}$) மாற்றம் அடைகிறது.

$$_{88}Ra^{226} \rightarrow {}_{86}Rn^{222} + {}_{2}He^{4}$$

β–சிதைவு

ஒரு கதிரியக்க அணுக்கரு, β–துகளை வெளிவிட்டு சிதைவடையும்போது, அதன் அணு எண் ஒன்று அதிகரிக்கும். நிறை எண் மாறுபடாது. β–சிதைவை

$_{z}X^{A} \rightarrow {}_{Z+1}Y^{A} + {}_{-1}e^{0}$ எனக் குறிப்பிடலாம்.

எடுத்துக்காட்டு:

தோரியம் ($_{90}Th^{234}$) β–சிதைவுற்று புரோட்டோ ஆக்டினியமாக ($_{91}Pa^{234}$) மாற்றமடைகிறது.

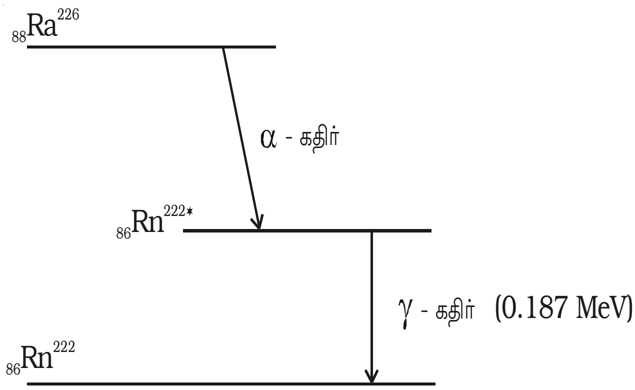
$$_{90}Th^{234} \rightarrow {}_{91}Pa^{234} + {}_{-1}e^{0}$$

ஒரு நேரத்தில் ஏதேனும் ஒரு துகள் மட்டுமே (α–அல்லது β–துகள்) உமிழப்படும். ஒரு சிதைவின் போதுα– மற்றும் β–துகள்கள் இரண்டும் சேர்ந்து வெளிப்படுவதில்லை.

γ–சிதைவு

ஒரு கதிரியக்க அணுக்கரு γ–கதிர்களை வெளிவிடும் போது, அணுக்கருவின் ஆற்றல் மட்டம் மாறுபடும். அணு எண் மற்றும் நிறை எண் மாறுபடாது.

α–அல்லது β–சிதைவின் போது உருவாகும் சேயணுக்கரு பெரும்பாலும் கிளர்ச்சி நிலையில் அமையும். அது γ–கதிரை வெளிவிட்டு அடி நிலைக்குத் திரும்பும்.



படம் 8.4 காமாச் சிதைவு

எடுத்துக்காட்டு : ரேடியம் $(_{88}Ra^{226})$ ரேடானாக $(_{86}Rn^{222})$ மாறும் கதிரியக்கச் சிதைவில் ரேடான் கிளர்ச்சி நிலையில் இருந்து அடிநிலைக்குத் திரும்பும்போது, 0.187 MeV ஆற்றல் கொண்ட γ–கதிர் வெளிப்படும் (படம் 8.4).

கதிரியக்கச் சிதைவு விதி (Radioactive law of disintegration)

ரூதர்ஃபோர்டு, சாடியின் கருத்துப்படி கதிரியக்கத் தனிமம் சிதைவுறும் வீதம் அதன் இயற்பியல் மற்றும் வேதியியல் தன்மைகளைச் சார்ந்தது அல்ல. ஓரலகு நேரத்தில் சிதைவடையும் அணுக்களின் எண்ணிக்கை (சிதைவு வீதம்) அந்நேரத்தில் அத்தனிமத்தில் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கைக்கு நேர்த்தகவில் அமையும். இது கதிரியக்கச் சிதைவு விதி எனப்படும்.

தொடக்கத்தில் கதிரியக்கத் தனிமம் ஒன்றில் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை N_0 எனவும் t என்ற காலத்தில் அதிலுள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை N எனவும் கருதுவோம்.

dt என்ற சிறு கால இடைவெளியில் சிதைவுறும் அணுக்களின் எண்ணிக்கை dN எனில், சிதைவு வீதம்

$$-\frac{dN}{dt} \propto N$$

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \qquad \ldots(1)$$

λ என்பது மாறிலி. இது சிதைவு மாறிலி எனப்படும். எதிர்க்குறியானது காலம் அதிகரிக்கும் போது N குறைவதைக் குறிக்கும்.

சமன்பாடு (1) ஐ

$$\frac{dN}{N} = -\lambda\, dt \text{ என எழுதலாம்.}$$

தொகையிட, $\log_e N = -\lambda t + C \qquad \ldots(2)$

C என்பது தொகைமாறிலி.

$t = 0$ எனும் போது $N = N_0$

$\therefore \quad log_e N_o = C$

C-ன் மதிப்பைச் சமன்பாடு (2) ல் பிரதியிட,

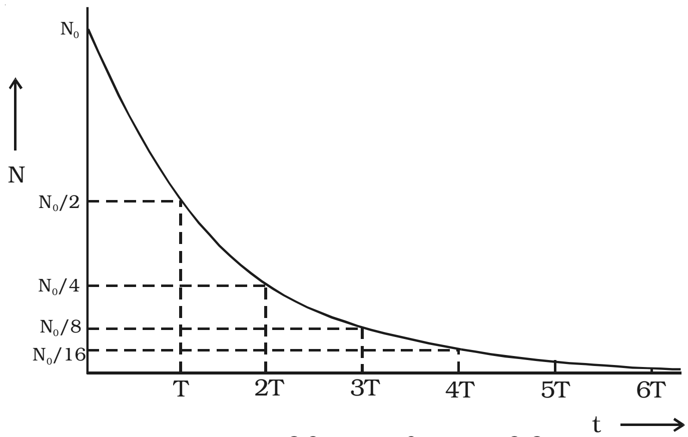
$$log_e N = -\lambda t + log_e N_0$$

$$log_e \left(\frac{N}{N_o}\right) = -\lambda t$$

$$\frac{N}{N_o} = e^{-\lambda t}$$

$$N = N_0 \, e^{-\lambda t} \qquad ...(3)$$

கதிரியக்கத் தனிமத்தின் அணுக்கள், காலம் அதிகரிக்கும்போது, அடுக்குக்குறி முறைப்படி **(exponential)** குறைவதைச் சமன்பாடு (3) காட்டுகிறது (படம் 8.5).



படம் 8.5 கதிரியக்கச் சிதைவு விதி

தொடக்கத்தில் மிக வேகமாக நடைபெறும் சிதைவு, காலம் அதிகரிக்கும்போது, அடுக்குக்குறி முறைப்படி N மெதுவாகக் குறைகிறது. கொள்கை அளவில், அனைத்து அணுக்களும் சிதைவடைய முடிவிலா **(infinite)** காலம் ஆகும்.

அரை ஆயுட்காலம் (Half life period)

அனைத்து கதிரியக்கத் தனிமங்களின் ஆயுட் காலங்களும் முடிவிலியாக அமைவதால் தனிமங்களின் கதிரியக்கச் செயல்பாடுகளை வேறுபடுத்தி அறிய அரை ஆயுட்காலம், சராசரி ஆயுட்காலம் ஆகியவை பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

ஒரு கதிரியக்கத் தனிமத்தின் அரை ஆயுட்காலம் எனப்படுவது அதிலுள்ள அணுக்களில் பாதியளவு அணுக்கள் சிதைவடைய ஆகும் காலம் ஆகும்.

கதிரியக்கச் சிதைவு விதியின்படி,

$$N = N_o e^{-\lambda t}$$

அரை ஆயுட்காலம் $T_{1/2}$ என்க. இப்போது, $t = T_{1/2}$ எனும் போது

$$N = \frac{N_0}{2}$$

$$\therefore \quad \frac{N_0}{2} = N_o e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\log_e 2 = \lambda T_{1/2}$$

$$T_{1/2} = \frac{\log_e 2}{\lambda} = \frac{\log_{10} 2 \times 2.3026}{\lambda} = \frac{0.6931}{\lambda}$$

அரை ஆயுட்காலம், சிதைவு மாறிலிக்கு எதிர்த்தகவில் அமையும். அரை ஆயுட்காலம் பற்றிய கருத்தை படம் 8.5ல் இருந்து புரிந்து கொள்ளலாம்.

கதிரியக்கத் தனிமம் ஒன்றில், $T_{1/2}$ கால முடிவில் 50% தனிமம் சிதைவடையாமல் இருக்கும். $2T_{1/2}$ கால முடிவில் 25% தனிமம் சிதைவடையாமல் இருக்கும். $3T_{1/2}$ கால முடிவில் 12.5% தனிமம் சிதைவடையாமல் இருக்கும். இதைப்போலவே தொடர்ந்து நடைபெறும்.

சராசரி ஆயுட்காலம் (Mean life)

கதிரியக்கத் தனிமம் சிதைவடையும்போது, முதலில் சிதைவடையும் அணுவின் ஆயுட்காலம் சுழி ஆகும். கடைசியாக சிதைவடையும் அணுவின் ஆயுட்காலம் முடிவிலி ஆகும். ஒவ்வொரு அணுவின் ஆயுட்காலமும் சுழி முதல் முடிவிலி வரை அமையும்.

கதிரியக்கத் தனிமத்தில் ஆரம்பத்தில் உள்ள அனைத்து அணுக்களின் மொத்த ஆயுட்காலத்திற்கும் அதிலுள்ள மொத்த அணுக்களின் எண்ணிக்கைக்கும் உள்ள விகிதம் சராசரி ஆயுட்காலம் எனப்படும்.

$$\therefore \text{ சராசரி ஆயுட்காலம்} = \frac{\text{அனைத்து அணுக்களின் ஆயுட் காலங்களின் கூடுதல்}}{\text{மொத்த அணுக்களின் எண்ணிக்கை}}$$

சிதைவு மாறிலியைப் பயன்படுத்தி சராசரி ஆயுட் காலத்தைக் கணக்கிடலாம். சராசரி ஆயுட்காலம் சிதைவு மாறிலிக்கு எதிர்த்தகவில் அமையும் எனக் காட்டலாம்.

குறிப்பு : கதிரியக்கத் தனிமம் ஒன்றில் எஞ்சியிருக்கும் பகுதி $\frac{N}{N_o} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$

n என்பது அரை ஆயுட்காலங்களின் எண்ணிக்கை $n = \frac{\text{மொத்த காலம்}}{\text{அரை ஆயுட் காலம்}}$

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

அரை ஆயுட்காலம் மற்றும் சராசரி ஆயுட்காலம் இவற்றை

$$T_{1/2} = \frac{0.6931}{\lambda} = 0.6931\ \tau$$ என தொடர்புபடுத்தலாம்.

கதிரியக்கச் செயல்பாடு ***(Activity)***

கதிரியக்கத் தனிமம் ஒன்றின் அணுக்கள் சிதைவடையும் வீதம் அதன் கதிரியக்கச் செயல்பாடு எனப்படும். t என்ற காலத்தில் தனிமத்தில் N அணுக்கள் இருப்பதாகக் கொண்டால், அதன் கதிரியக்கச் செயல்பாட்டை

$$R = -\frac{dN}{dt}$$ என எழுதலாம்.

கதிரியக்கச் செயல்பாட்டின் அலகு பெக்கொரல். இது ஹென்றி பெக்கொரல் என்ற அறிஞரின் பெயரிலிருந்து பெறப்பட்டது.

$\therefore$ 1 பெக்கொரல் = 1 சிதைவு / வினாடி

கதிரியக்கத் தனிமத்தின் கதிரியக்கச் செயல்பாடு பொதுவாக கியூரி என்ற அலகால் குறிப்பிடப்படுகின்றது. ஒரு வினாடிக்கு 3.7×10^{10} சிதைவுகளைத் (3.7×10^{10} பெக்கொரல்) தரும் கதிரியக்கத் தனிமத்தின் அளவு கியூரி எனப்படும். இது 1 கிராம் ரேடியத்தின் கதிரியக்கச் செயல்பாட்டிற்குச் சமம்.

8.6 நியூட்ரான் கண்டுபிடிப்பு

1930ஆம் ஆண்டு ஜெர்மனியைச் சேர்ந்த இயற்பியலாளர்கள் **(Physicists)** பொத்தே **(Bothe)** மற்றும் பெக்கர் **(Becker)** என்பவர்கள் பெரிலியம் தனிமத்தை α - துகள்களைக் கொண்டு தாக்கும்போது மிகுந்த ஊடுருவுதிறன் கொண்ட கதிர்வீச்சு வெளிப்படுவதைக் கண்டனர். இக்கதிர்வீச்சு தடிமன் மிக்க காரீயக் கட்டியை ஊடுருவிச் செல்லக் கூடியதாகவும், மின் மற்றும் காந்தப்புலங்களால் விலக்கமடையாமலும் இருந்தது. அப்போது, அந்தக் கதிர்வீச்சு γ - கதிர்கள் எனக் கருதப்பட்டது.

ஐரெனி கியூரி **(Irene Curie)** மற்றும் **F.** ஜோலியட் (**F. Joliot)** ஆகிய இருவரும், 1932ல், இந்தக் கதிர்வீச்சுகள் பாரஃபின் மெழுகு போன்ற ஹைட்ரஜன் நிறைந்த பொருள்களின் வழியாகச் செல்லும் போது புரோட்டான்களை வெளிப்படுத்துவதைக் கண்டனர். அதே வருடத்தில் சாட்விக் **(Chadwick)** என்பவர், வெளிப்படும் கதிர்வீச்சில் மின்னூட்டமற்ற, ஏறக்குறைய புரோட்டானின் நிறைக்குச் சமமான நிறை கொண்ட துகள்கள் அடங்கியுள்ளன எனக் கண்டுபிடித்தார். இத்துகள்களை நியூட்ரான்கள் என்று அழைத்தார். மேற்கூறிய அணுக்கரு வினைக்கான சமன்பாடு

$$_4Be^9 + {}_2He^4 \rightarrow {}_6C^{12} + {}_0n^1$$

$_0n^1$ என்பது நியூட்ரானைக் குறிக்கும்.

8.6.1 நியூட்ரான்களின் பண்புகள்

(i) ஹைட்ரஜனைத் தவிர அனைத்து அணுக்கருக்களிலும் நியூட்ரான்கள் அடங்கியுள்ளன.

(ii) நியூட்ரான்கள், புரோட்டான்களைவிட சற்றே நிறை அதிகமான, சுழி மின்னூட்டம் கொண்ட நடுநிலைத் துகள்கள். எனவே இவை மின் மற்றும் காந்தப்புலங்களால் விலக்கமடையாது.

(iii) அணுக்கருவினுள் நியூட்ரான்கள் நிலைப்பாடு உடையவை. ஆனால் அணுக்கருவிற்கு வெளியில் அவை நிலைப்பாடற்றவை. தனித்து விடப்பட்ட நியூட்ரான், புரோட்டான், எலக்ட்ரான், ஆண்ட்டி நியூட்ரினோவாகச் சிதைவடையும். இதன் அரை ஆயுட்காலம் 13 நிமிடங்கள்.

$$ {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{1}H^{1} + {}_{-1}e^{0} + \bar{\nu} $$

(iv) நியூட்ரான்கள் மின் நடுநிலைத் துகள்கள். ஆதலால், அவை எளிதாக அணுக்கருக்களை ஊடுருவிச் செல்லும்.

(v) நியூட்ரான்களை அவற்றின் இயக்க ஆற்றலின் அடிப்படையில் **(a)** குறைவேக நியூட்ரான்கள் மற்றும் **(b)** வேக நியூட்ரான்கள் என வகைப்படுத்தலாம். இவை இரண்டுமே அணுக்கருவை ஊடுருவிச் சென்று செயற்கைத் தனிம மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும்.

0 முதல் 1000eV வரை ஆற்றல் கொண்டவை குறைவேக நியூட்ரான்கள் எனப்படும். வெப்பச் சமநிலையில், சராசரி இயக்க ஆற்றல் **0.025 eV** அளவில் உள்ள நியூட்ரான்கள் வெப்ப நியூட்ரான்கள் எனப்படும்.

0.5 MeV முதல் **10 MeV** வரை ஆற்றல் கொண்டவை வேக நியூட்ரான்கள் எனப்படும். அணுக்கரு உலைகளில், தணிப்பான்களைப் பயன்படுத்தி வேக நியூட்ரான்கள், குறைவேக நியூட்ரான்களாக மாற்றப்படுகின்றன.

8.7 செயற்கைக் கதிரியக்கம்

செயற்கை அல்லது தூண்டப்பட்ட கதிரியக்கம், 1934ஆம் ஆண்டு, ஐரெனி கியூரி மற்றும் ஜோலியட் ஆகியவர்களால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இது மனிதரால் உருவாக்கப்படும் கதிரியக்கம் எனப்படும். கதிரியக்கமற்ற லேசான தனிமங்களை செயற்கை அல்லது தூண்டப்பட்ட முறைகளில் கதிரியக்கத் தனிமங்களாக மாற்றும் நிகழ்வு செயற்கைக் கதிரியக்கம் எனப்படும்.

கியூரி மற்றும் ஜோலியட் ஆகியோர் போரான், அலுமினியம் போன்ற லேசானத் தனிமங்களை α துகள்களைக் கொண்டு தாக்கினர். α–துகள்களை நிறுத்திய பின்னரும், அவை தொடர்ந்து கதிர்வீச்சுகளை வெளிவிடுவதைக் கண்டனர். ஓரலகு நேர் மின்னூட்டமும், எலக்ட்ரானின் நிறையையும் கொண்ட துகள் ஒன்று கதிர்வீச்சில் வெளிப்படுவது கண்டறியப்பட்டது. அத்துகள் பாசிட்ரான் எனப்பட்டது. இதற்கான அணுக்கரு வினை வருமாறு

$${}_{5}B^{10} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{7}N^{13*} + {}_{0}n^{1}$$

இதில் நைட்ரஜன் அணு, கதிரியக்கம் உடையது. அதன் அரை ஆயுட்காலம் 10.1 நிமிடங்கள். இது பாசிட்ரானை வெளிவிட்டு நிலையான கார்பன் ஐசோடோப்பாக மாறும்.

$${}_{7}N^{13*} \rightarrow {}_{6}C^{13} + {}_{1}e^{0}$$

அலுமினியத்தைக் கருதும்போது,

$${}_{13}Al^{27} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{15}P^{30*} + {}_{0}n^{1}$$

கதிரியக்க-பாஸ்பரஸ் பாசிட்ரானை வெளிவிட்டு நிலையான சிலிகன் ஐசோடோப்பாக மாறும். கதிரியக்க-பாஸ்பரஸின் அரை ஆயுட்காலம் 3 நிமிடங்கள்.

$${}_{15}P^{30*} \rightarrow {}_{14}Si^{30} + {}_{1}e^{0}$$

செயற்கைக் கதிரியக்கமும் இயற்கை கதிரியக்க விதிகளுக்கு உட்படும். செயற்கை கதரியக்கத் தனிமங்கள் எலக்ட்ரான், பாசிட்ரான், நியூட்ரான் மற்றும் γ–கதிர்களை வெளிவிடும்.

செயற்கைக் கதிரியக்க - ஐசோடோப்புகளை உருவாக்குதல்

(i) மிகுந்த அளவில் நியூட்ரான்களைக் கொண்டுள்ள அணுக்கரு உலையினுள் இலக்கு **(target)** தனிமங்களை வைத்து செயற்கைக் கதிரியக்க-ஐசோடோப்புகள் பெறப்படுகின்றன.

(1) ${}_{15}P^{31} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{15}P^{32*} + \gamma$, மற்றும் **(2)** ${}_{11}Na^{23} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{11}Na^{24*} + \gamma$

(ii) மற்றொரு முறையில் சைக்ளோட்ரான் போன்ற துகள் முடுக்கிகளில் இருந்து வெளிப்படும் துகள்களைக் கொண்டு இலக்குத் தனிமங்களைத் தாக்கி செயற்கைக் கதிரியக்கத் தனிமங்கள் பெறப்படுகின்றன.

$${}_{11}Na^{23} + {}_{1}H^{2} \rightarrow {}_{11}Na^{24*} + {}_{1}H^{1}$$

8.7.1 கதிரியக்க-ஐசோடோப்புகளின் பயன்பாடுகள்

மருத்துவம், விவசாயம், தொழிற்சாலை மற்றும் ஆராய்ச்சியில் கதிரியக்க-ஐசோடோப்புகள் மிகுந்த பயன்பாட்டைக் கொண்டுள்ளன. ஒரு குறிப்பிட்ட அமைப்புடன் கதிரியக்க-ஐசோடோப்பு சேர்க்கப்பட்டு, ஐசோடோப்பின் பாதை ஆராயப்பட்டு அந்த அமைப்பை அறிந்து கொள்ள முடியும்.

***(i)* மருத்துவப் பயன்பாடு**

மருத்துவத் துறையில், நோயைக் கண்டுணரவும், நோய்க்கு சிகிச்சை அளிக்கவும் கதிரியக்க-ஐசோடோப்புகள் பயன்படுகின்றன. γ–கதிர்களை வெளிவிடும் கோபால்ட் **(Co^{60})** புற்றுநோய் சிகிச்சைக்குப் பயன்படுகிறது. γ– கதிர்கள் புற்றுநோய் செல்களை பெருமளவில் அழிக்கவல்லன.

கதிரியக்க-சோடியம் (Na^{24}) இரத்த நாளங்களில் உள்ள அடைப்புகளைக் கண்டறியவும், உடலின் பல்வேறு பகுதிகளுக்கு இரத்தத்தை செலுத்தி இரத்த ஓட்டத்தை நிலைநிறுத்தும் இதயத்தின் செயல்பாட்டை அறியவும் பயன்படுகின்றது. கதிரியக்க-அயோடின் (I^{131}) தைராய்டு சுரப்பியின் தன்மையைக் கண்டறியவும், சிகிச்சைக்காகவும் பயன்படுகின்றது. கதிரியக்க-அயோடின் மூளைக் கழலைகளை (brain tumours) இடமறியப் பயன்படுகின்றது.

கதிரியக்க-இரும்பு (Fe^{59}) இரத்தச் சோகையைக் கண்டறியப் பயன்படுகின்றது. சாதாரண நோயாளியை விட, இரத்த சோகையுள்ள நோயாளியின் இரத்தத்தில் இரும்பு அதிக நேரம் தங்கி இருக்கும்.

கதிரியக்க-பாஸ்பரஸ் (P^{32}) தோல் நோய்களின் சிகிச்சைக்குப் பயன்படுகின்றது.

(ii) விவசாயம்

விவசாயத்தில், பயிர்களின் விளைச்சலை அதிகப்படுத்த கதிரியக்க-ஐசோடோப்புகள் பயன்படுகின்றன. பாஸ்ஃபேட் உரத்துடன் கதிரியக்க-பாஸ்பரஸ் (P^{32}) சேர்க்கப்பட்டு உரமாக இடப்படுகின்றது. தாவரம் மற்றும் மண் ஆகியவை குறிப்பிட்ட நேரத்திற்கு ஒருமுறை சோதனையிடப்படுகின்றன. தாவரம் தனது வளர்ச்சிக்காக பாஸ்பரத்தை எடுத்துக் கொள்கின்றது. மற்றும் கதிரியக்க-பாஸ்பரஸ் அதன் விளைச்சலை அதிகப்படுத்துவதாகக் கண்டறியப்பட்டது.

வெங்காயம், உருளைக்கிழங்கு, பயறு வகைகள் போன்றவைகளை சிறிய அளவு கதிர்வீச்சுக்கு உட்படுத்தி அவை முளைவிடுவதையும், கெட்டுப் போவதையும் தடுக்கலாம். சில அழிந்து போகக் கூடிய தானிய வகைகளை கதிர்வீச்சுக்கு உட்படுத்தி அவற்றின் சாதாரண ஆயுளை விட அதிகமான நாள்களுக்கு புதியதாக இருக்கும்படிச் செய்யலாம்.

(iii) தொழிற்சாலை

தொழிற்சாலையில், கதிரியக்க-ஐசோடோப்புகள் கலந்த உயவு எண்ணெய்களைப் பயன்படுத்தி எந்திரங்களின் தேய்மானங்களைப் பற்றி அறியலாம்.

(iv) மூலக்கூறு உயிரியல் (molecular biology)

மூலக்கூறு உயிரியலில், மருந்து தயாரித்தல் மற்றும் அறுவை சிகிச்சை கருவிகளில் நுண்ணுயிர் கிருமிகளை அழிக்க கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பயன்படுகின்றன.

(v) கதிரியக்க-கார்பன் வயதுக் கணக்கீடு

வளிமண்டலத்தின் மேற்பகுதியில், காஸ்மிக் கதிர்களால் உருவாகும் நியூட்ரான்களால் N^{14} தாக்கப்பட்டு, தொடர்ந்து C^{14} தோற்றுவிக்கப்படுகின்றது.

$${}_{7}N^{14} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{6}C^{14*} + {}_{1}H^{1}.$$

C^{14} கதிரியக்கமுடையது. இதன் அரை ஆயுட்காலம் 5570 ஆண்டுகள்.

வளிமண்டலத்தில் C^{14}ன் உருவாக்கம் மற்றும் சிதைவு ஆகியவை ஒரு சமநிலையில் அமைந்துள்ளது. வளிமண்டலத்தில் உள்ள C^{14} மற்றும் C^{12} அணுக்களின் விகிதம் $1 : 10^6$ ஆகும். எனவே வளிமண்டலத்தில் உள்ள கார்பன் டை ஆக்ஸைடின் ஒரு பகுதி C^{14} ஐக் கொண்டிருக்கும்.

உயிரினங்கள், உட்கொள்ளும் உணவிலிருந்தும், சுவாசிக்கும் காற்றிலிருந்தும் C^{14} ஐ எடுத்துக் கொள்கின்றன. ஆனால் இறப்பு ஏற்படும்போது C^{14} எடுத்துக் கொள்வது நிறுத்தப்பட்டு அதில் ஏற்கனவே உள்ள C^{14} சிதைவடையத் தொடங்குகிறது. எனவே இறந்த பொருளில் உள்ள கார்பன் - 14 ன் அளவைக் கண்டறிந்து, அது இறந்த காலத்தை அதாவது, அதன் வயதைக் கணக்கிடலாம். இது கதிரியக்க-கார்பன் வயதுக் கணக்கீடு எனப்படும். இந்த முறையைக் கொண்டு மரச்சாமான்கள், தோல் ஆடைகள், எண்ணெய் ஓவியத்தில் பயன்படும் மரக்கரி, உணக்கல் உடல் **(mummies)** போன்றவைகளின் வயதைக் கணக்கிடலாம்.

8.7.2 உயிரியலில் கதிர்வீச்சுகளின் தீய விளைவுகள்

γ-கதிர் அல்லது அதிக ஆற்றல் கொண்ட அணுக்கருத் துகள் மனித உடலினுள் செல்லும்போது, அது உயிரியல் அமைப்பின் மொத்த செயல்பாட்டையும் பாதிக்கும். இது உடல்வழி அல்லது மரபு வழி பாதிப்பாக அமையலாம்.

கதிரியக்கக் கதிர்வீச்சினால் உருவாகும் உயிரியல் விளைவுகளை மூன்று பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம்.

(i) மீளக் கூடிய குறுகிய கால விளைவுகள்

(ii) மீள முடியாத நீண்ட கால விளைவுகள்

(iii) மரபு வழி விளைவுகள்

மனித உடலின் ஒரு அங்கம் எந்த அளவு பாதிக்கப்படும் என்பது **(i)** கதிர்வீச்சின் அளவு மற்றும் கதிர்வீச்சு பெறப்படும் வீதம் **(ii)** கதிர்வீச்சுக்கு உட்படும் உடலின் பகுதி ஆகியவற்றைச் சார்ந்து அமையும்.

சிறிய அளவிலான கதிர்வீச்சுகளுக்கு உட்படும் போது தோல் பாதிப்புகள் மற்றும் முடி உதிர்தல் போன்ற குறுகிய கால விளைவுகள் ஏற்படும்.

கதிர்வீச்சின் அளவு **100 R*** அளவுக்கு இருக்கும்போது, லுக்கெமியா **(leukemia)** என்ற இரத்த வெள்ளை அணுக்களின் அதிகரிப்பு (இரத்தச் சிவப்பு அணுக்களின் அழிவு) அல்லது புற்றுநோயைத் தோற்றுவிக்கும். **600 R** அளவில் கதிர்வீச்சு உடலின் மீது விழும்போது மரணத்தை ஏற்படுத்தும். வாரத்திற்கு **250 mR** என்பது ஒருவர் பெறக்கூடிய கதிர்வீச்சின் பாதுகாப்பான அளவு ஆகும்.

கதிர்வீச்சு ஏற்படுத்தும் மரபுவழி பாதிப்பு மிகவும் மோசமானது. கதிர்வீச்சுகள் இனப்பெருக்கச் செல்களில் உள்ள மரபு அணுக்களைப் பாதிக்கும். இதனால் ஏற்படும் விளைவுகள் ஒரு சந்ததியில் இருந்து மற்றொரு சந்ததிக்கு கடத்தப்படுகிறது.

---

* கதிர்வீச்சின் அளவு ராண்ட்ஜன் **(R)** என்ற அலகால் அளவிடப்படுகின்றது. ஒரு கிராம் காற்றில் 1.6×10^{12} சோடி அயனிகளை உருவாக்கும் கதிர்வீச்சு ஒரு ராண்ட்ஜன் எனப்படும்.

கதிர்வீச்சு ஆய்வகங்களில் பணியாற்றுபவர்கள் தங்களைப் பாதுகாத்துக் கொள்ள பின்வரும் முன்னெச்சரிக்கை நடவடிக்கைகளைப் பின்பற்றலாம்.

1. கதிர்வீச்சுப் பொருள்கள் தடித்த சுவர் கொண்ட காரீய கொள்கலத்தில் வைக்கப்பட வேண்டும்.

2. பாதிப்பு ஏற்படும் இடங்களில் பணியாற்றுபவர்கள் காரீய ஆடைகள் மற்றும் கையுறைகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

3. அனைத்து கதிரியக்க மாதிரிகளும் தொலைக் கட்டுப்பாட்டு **(remote control)** முறையில் கையாளப்படுதல் வேண்டும்.

4. ஒவ்வொருவரும் மிகச்சிறிய ஒளிப்படத் தகடு கொண்ட அட்டை **(micro–film badge)** ஒன்றை அணிந்து கொள்ள வேண்டும். அதனை அடிக்கடி பரிசோதித்து அந்த நபர் பெறும் கதிர்வீச்சின் அளவை அறிந்து கொள்ளலாம்.

8.7.3 செயற்கைத் தனிம மாற்றம்

செயற்கை முறைகளில் ஒரு தனிமத்தை மற்றொரு தனிமமாக மாற்றுதல் செயற்கைத் தனிம மாற்றம் எனப்படும். ரூதர்ஃபோர்டு முதன் முதலாக செயற்கைத் தனிம மாற்றத்தை வெற்றிகரமாக நிகழ்த்திக் காட்டினார். நைட்ரஜன் அணுவானது தகுந்த ஆற்றல் கொண்ட α துகள் கொண்டு தாக்கப்படும்போது ஆக்ஸிஜன் ஐசோடோப்பும் $({}_8O^{17})$ புரோட்டானும் தோன்றின.

$${}_7N^{14} + {}_2He^4 \rightarrow {}_8O^{17} + {}_1H^1$$

இந்த நிகழ்வு அணுக்கரு வினை எனப்படும்.

அணுக்கரு வினையொன்றில் தொடக்க அணுஎண்களின் கூடுதலும் (மின்னூட்டங்கள்) இறுதி அணுஎண்களின் கூடுதலும் சமமாக அமைகின்றன. அதாவது மின்னூட்ட அழிவின்மை விதிக்கு உட்படுகிறது. இதைப்போலவே அணுக்கருத் துகள்களின் அழிவின்மை விதிக்கும் உட்படுகிறது. ஆனால், தொடக்க ஓய்வு நிறையும் இறுதி ஓய்வு நிறையும் சமமாகாது. தொடக்க மற்றும் இறுதி ஓய்வு நிறைகளின் வேறுபாட்டிற்கான ஆற்றல், அணுக்கரு வினையின் ஆற்றலுக்குச் **(Q)** சமம். அணுக்கரு வினையை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$A + a \rightarrow B + b + Q$$

இங்கு A என்பது இலக்கு அணுக்கரு மற்றும் a என்பது அணுக்கருவைத் தாக்கும் துகள். B மற்றும் b என்பவை முறையே வினை விளை அணுக்கரு மற்றும் துகள்.

8.7.4 துகள் முடுக்கிகள் (Particle accelerators)

துகள் முடுக்கி என்பது, செயற்கைத் தனிம மாற்றத்தை உருவாக்கப் பயன்படுகின்ற, மின்னூட்டத் துகள்களை முடுக்கப் பயன்படும் அமைப்பு ஆகும். எனவே, துகள் முடுக்கி என்பது உயர் ஆற்றல் துகள் இயற்பியலின் **(high energy particle physics)** அடிப்படைக் கருவியாகும்.

துகள் முடுக்கிகளை இரு பெரும் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம்.

(i) நிலைமின்னியல் முடுக்கி முதல் வகையைச் சார்ந்தது. இதில் மாறாத மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் கொண்டு துகள்கள் முடுக்கப்படுகின்றன. துகள் பெறும் இறுதியான ஆற்றல் மின்னழுத்த வேறுபாட்டால் தீர்மானிக்கப்படுகின்றது. காக்கிரஃப்ட் - வால்டன் **(Cockcroft – Walton)** மற்றும் வான் டி கிராஃப் **(Van de Graaff)** மின்னியற்றிகள் இவ்வகையைச் சேர்ந்தவை. இத்துகள்முடுக்கிகளைக் கொண்டு துகள்களின் ஆற்றலை ஒரு சில மில்லியன் எலக்ட்ரான் -வோல்ட் அளவிற்கே உயர்த்த முடியும்.

(ii) சுருள் வகை (அ) ஒத்திசைவுத் துகள்முடுக்கி என்பது இரண்டாவது வகையாகும். இவ்வகையில் துகள்கள் பல நிலைகளில் முடுக்கப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு நிலையிலும் சிறு ஆற்றல் தொடர்ந்து அளிக்கப்பட்டு, துகள்கள் முடுக்கமடைகின்றன.

எடுத்துக்காட்டு : நேர்போக்கு முடுக்கி, சைக்ளோட்ரான், பீட்டாட்ரான், சின்க்ரோ சைக்ளோட்ரான் மற்றும் சின்க்ரோட்ரான். இவைகளைக் கொண்டு துகள்களின் ஆற்றலை 10^9 eV (GeV) வரை அதிகரிக்கலாம். எனினும் ஒவ்வொரு கருவியிலிருந்தும் பெறும் ஆற்றலுக்கு ஓர் எல்லை உண்டு.

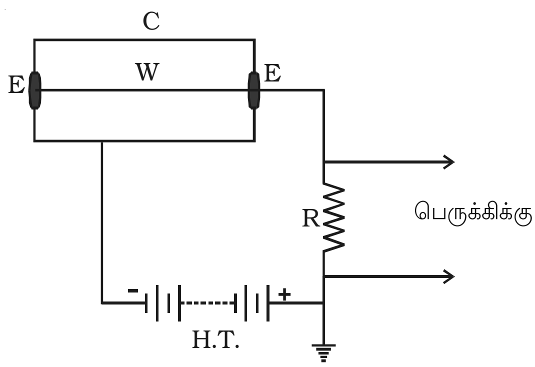
முந்தைய பாடங்களில் வான் டி கிராஃப் மின்னியற்றி மற்றும் சைக்ளோட்ரான் ஆகியவற்றின் செயல்பாடுகள் விளக்கப்பட்டுள்ளன.

8.8 கெய்கர் - முல்லர் எண்ணி (Geiger – Muller counter)

கதிரியக்கக் கதிர்வீச்சுகளின் செறிவை அளவிட கெய்கர் - முல்லர் எண்ணி பயன்படுகின்றது. அணுக்கருவின் கதிர்வீச்சுகள், வாயுக்களின் வழியே செல்லும்போது வாயுக்களை அயனியாக்கம் செய்கின்றன. இதுவே இந்த அமைப்பின் தத்துவமாகும்.

அமைப்பு :

கெய்கர் - முல்லர் எண்ணியில் கண்ணாடியால் சூழப்பட்ட உலோகக் குழாய் **(C)** கேதோடாகச் செயற்படுகின்றது. குழாயின் அச்சின் வழியே அமைந்துள்ள ஒரு மெல்லிய டங்ஸ்டன் கம்பி **(W)** ஆனோடாகச் செயல்படுகின்றது. குழாயானது ஆனோடு கம்பியில் இருந்து மின்காப்பிடப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.6 கெய்கர்-முல்லர் எண்ணி

குழாயினுள், குறைந்த அழுத்தத்தில் ஆர்கான் போன்ற மந்தவாயு நிரப்பப்பட்டுள்ளது. குழாயின் ஒரு முனை மெல்லிய மைக்காத் தகட்டால் மூடப்பட் டுள்ளது. இது கதிர்வீச்சுகள் குழாயினுள் செல்வதற்கான வழி ஆகும். 1000 V அளவுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு, 100 **mega ohm** கொண்ட உயர்மின்தடை K வழியாக, ஆனோடிற்கும் கேதோடிற்கும் இடையே செலுத்தப்படுகின்றது.

செயல்பாடு

அயனியாக்கும் கதிர்வீச்சுகள், எண்ணியினுள் (counter) நுழையும்போது உருவாகும் முதன்மை அயனியாக்கத்தினால் ஒரு சில அயனிகள் தோன்றுகின்றன. இந்த அயனிகள் உயர் மின்னழுத்த வேறுபாட்டால் மிக அதிக ஆற்றலுடன் முடுக்கப்பட்டு அவை மேலும் அயனியாக்கம் செய்யும். மற்றும் மோதல்களின் விளைவாக இந்த அயனிகளின் எண்ணிக்கை மேலும் அதிகரிக்கும். எனவே ஒரு சிறு கால இடைவெளியில் ஏராளமான எலக்ட்ரான்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இந்த எலக்ட்ரான்கள் ஆனோடை அடையும்போது ஒரு மின்னோட்டத் துடிப்பை உருவாக்கும். இது மின்தடை R வழியே பாயும்போது உருவாகும் மின்னழுத்த வேறுபாடு எலக்ட்ரானியல் சுற்றுகளால் பெருக்கப்பட்டு எலக்ட்ரானியல் எண்ணியை செயல்படச் செய்கின்றன. எலக்ட்ரானியல் எண்ணி குறிப்பிடும் எண்ணிக்கை கதிர்வீச்சின் செறிவிற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

வாயுக்களின் அயனியாக்கம், படும் கதிர்வீச்சின் வகையைப் பொருத்தது அல்ல. எனவே G.M. எண்ணியைக் கொண்டு கதிர்வீச்சின் வகையைக் கண்டறிய முடியாது.

வில்சன் முகில் கலம் என்பது மற்றொரு வகையான துகள் உணரும் கருவியாகும். பொருள்களின் வழியே செல்லும் மின்னூட்டத் துகள்களின் பாதையை நேரடியாகக் காணும்படி இக்கருவி மூலம் முதன் முதலாகப் பதிவு செய்யப்பட்டது.

8.9 அணுக்கரு பிளவை **(Nuclear fission)**

1939ல், ஜெர்மன் நாட்டைச் சேர்ந்த ஆட்டோஹான் மற்றும் F. ஸ்ட்ராஸ்மன் ஆகியோர் யுரேனியம் அணுக்கருவானது நியூட்ரான் கொண்டு தாக்கப்படும்போது, அது ஒப்பிடக் கூடிய நிறைகள் கொண்ட இரு அணுக்கருக்களாக உடைவதுடன் ஆற்றலும் வெளிப்படுவதைக் கண்டுபிடித்தனர்.

கனமான தனிமத்தின் அணுக்கரு இரு துண்டுகளாக உடைவதுடன் மிக அதிகமான ஆற்றலும் வெளிப்படும் நிகழ்வு அணுக்கரு பிளவை எனப்படும். பிளவையின் போது நியூட்ரான்களும் வெளிப்படுகின்றன. ${}_{92}U^{235}$ அணுக்கருவின் பிளவைக்கான வினைகளை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$${}_{92}U^{235} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{56}Ba^{141} + {}_{36}Kr^{92} + 3\ {}_{0}n^{1} + Q \qquad ...(1)$$

$${}_{92}U^{235} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{54}Xe^{140} + {}_{38}Sr^{94} + 2\ {}_{0}n^{1} + Q \qquad ...(2)$$

மேற்காணும் எடுத்துக்காட்டுகளில், அணுக்கரு பிளவை வினையானது நடைபெறும்போது மூன்று மற்றும் இரண்டு நியூட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. சராசரியாக ஒவ்வொரு பிளவையின் போதும் 2.5 நியூட்ரான்கள் வெளிப்படும்.

${}_{92}U^{235}$ அணுக்கருவின் வெவ்வேறு பிளவை முறைகளில், சமன்பாடு 1ல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள வினையே மிகவும் சாதகமான வினையாகும்.

அணுக்கரு பிளவையில் வெளிப்படும் ஆற்றல்

நியூட்ரானால் $_{92}U^{235}$ ல் ஏற்படும் பிளவையின் போது வெளிப்படும் ஆற்றலைக் கணக்கிடுவோம். அணுக்கரு பிளவைக்கான சமன்பாடு

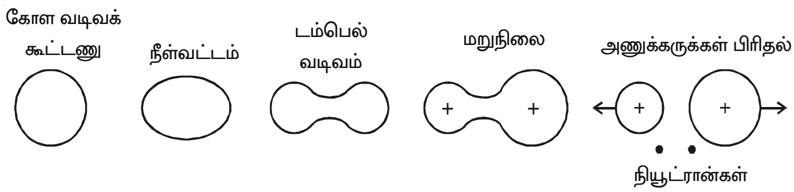
$_{92}U^{235} + {_0}n^1 \rightarrow {_{56}}Ba^{141} + {_{36}}Kr^{92} + 3{_0}n^1 + Q$ ஆகும்.

$_{92}U^{235}$ -ன் நிறை	=	235.045733 amu
$_0n^1$ -ன் நிறை	=	1.008665 amu
வினைபடு பொருள்களின் மொத்த நிறை	=	236.054398 amu
$_{56}Ba^{141}$-ன் நிறை	=	140.9177 amu
$_{36}Kr^{92}$ ன் நிறை	=	91.8854 amu
3 நியூட்ரான்களின் நிறை (3 × 1.008665)	=	3.025995 amu
வினைவிளை பொருள்களின் மொத்த நிறை	=	235.829095 amu

$\therefore$ நிறைவழு = 236.054398 – 235.829095 = 0.225303 amu

1 amu = 931 MeV, ஆகவே ஒரு பிளவையில் வெளிப்படும் ஆற்றல் =
$0.225303 \times 931 \simeq 200$ MeV

நீல்ஸ் போர் மற்றும் ஜான் A. வீலர் (John A. Wheeler) என்பவர்கள் அணுக்கருவின் திரவத் துளி மாதிரி அடிப்படையில் அணுக்கரு பிளவைக்கான விளக்க மளித்தனர். பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக திரவத்துளி கோள வடிவத்தில் அமைகிறது. திரவத் துளியின் மீது வெளிப்புற விசை செயல்படும் போது, கோள வடிவம் நீள்வட்ட வடிவமாக மாறுபடுகிறது. வெளிப்புற விசை மேலும் அதிகரிக்கும்போது நீள்வட்டத்தின் மையப்பகுதி மெலிந்து டம்பெல் என்ற உடற்பயிற்சிக் கருவியின் (dumb-bell) வடிவத்தை அடைகின்றது. இதன் மெலிந்த பகுதியில் இருந்து இரு பகுதிகளாகப் பிரியும்.



படம் 8.7 அணுக்கரு பிளவைக்கான போர் - வீலர் விளக்கம்

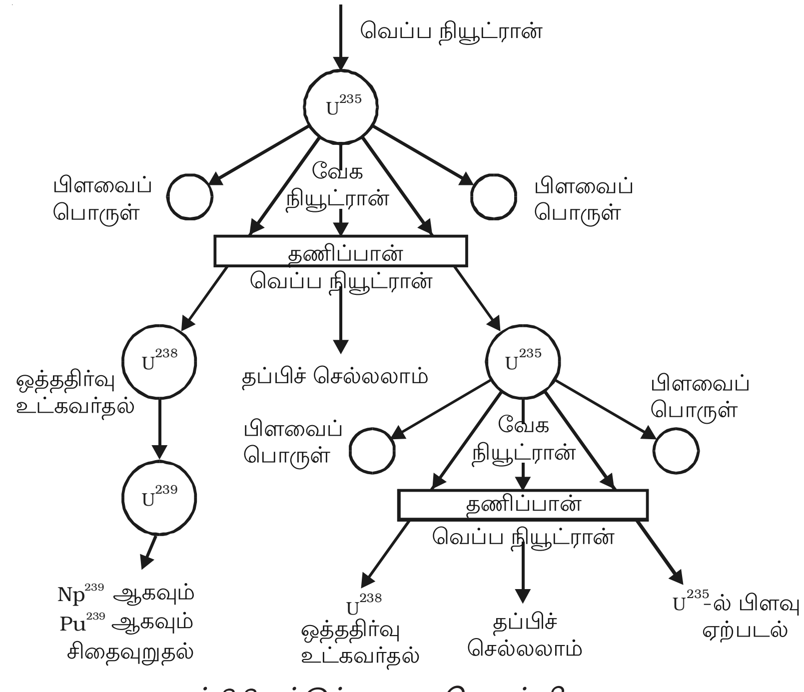
இதைப்போலவே, கனமான அணுக்கரு நியூட்ரானை உட்கவர்ந்து ஒரு கூட்டணுவாக மாறும். இது கிளர்ச்சி நிலையில் அமையும். இந்த கிளர்ச்சி ஆற்றல், கோளவடிவ அணுக்கருவை பலவழிகளில் அலைவுறச் செய்கிறது. இதனால், கூட்டு அணுக்கரு கோளவடித்தில் இருந்து மாறுபட்டு டம்பெல் வடிவத்தை அடைகிறது. டம்பெல் அமைப்பின் இரு முனைகளும் நேர் மின்னூட்டத்தைப் பெற்றிருக்கும். எனவே

இவற்றிற்கிடையே உள்ள விரட்டு விசையால் பிளவு ஏற்பட்டு பிளவைத் துண்டுகள் தோன்றுகின்றன (படம் 8.7).

8.9.1 தொடர்வினை ***(Chain reaction)***

ஒரு நியூட்ரான், யுரேனியம் அணுக்கருவைத் தாக்கி, உருவாகும் பிளவையில் தோன்றும் மூன்று நியூட்ரான்களைக் கருதுவோம். இந்த மூன்று நியூட்ரான்கள், மேலும் மூன்று அணுக்கருக்களை பிளவுறச் செய்து ஒன்பது நியூட்ரான்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இந்த ஒன்பது நியூட்ரான்களால் 27 நியூட்ரான்கள் உருவாகும். இது தொடர்ந்து நடைபெறும். தொடர்வினை என்பது தானாகவே பரவும் நிகழ்வு ஆகும். இந்நிகழ்வில் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மிக வேகமாகப் பெருக்கமடையும். இந்தப் பெருக்கம் பெருக்குத் தொடரில் அமையும். தொடர்வினை இருவகைகளில் அமையலாம். கட்டுப்பாடற்ற தொடர்வினையில் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை எல்லையற்ற அளவிற்கு பெருக்கமடைவதுடன் மிகக்குறைந்த காலத்தில் (ஒரு வினாடிக்கும் குறைவு) மொத்த ஆற்றலும் வெளிப்படும். இந்த வகை தொடர்வினை அணுகுண்டுகளில் ஏற்படும்.

கட்டுப்பாடான தொடர்வினையில், பிளவையை ஏற்படுத்தும் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மாறிலியாக அமையும்படி செய்யப்படுகின்றது. இது எப்போதும் 1 என அமையும். இந்த வினை, கட்டுப்பாடான முறையில் தொடர்ந்து நடைபெறும் (படம் 8.8). கட்டுப்பாடான அணுக்கரு வினை அணுக்கரு உலைகளில் ஏற்படும்.



படம் 8.8 கட்டுப்பாடான தொடர் வினை

U^{235} அணுக்கரு வெப்ப நியூட்ரானால் தாக்கப்படும்போது, அது இரு பிளவைத் துண்டுகளாகவும் மூன்று நியூட்ரான்களாகவும் உடைகிறது (படம் 8.8). இவற்றில் ஒரு நியூட்ரான் தப்பிச் செல்லலாம். ஒரு நியூட்ரான் U^{238} ஆல் உட்கவரப்படலாம். அது Np^{239} ஆக சிதைவுற்று பின்னர் Pu^{239}ஆக சிதைவுறும். தொடர்வினையை ஏற்படுத்துவதற்கு ஒரு நியூட்ரான் கிடைக்கின்றது. உருவாக்கப்படும் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைவிட இழக்கப்படும் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை குறைவாக இருந்தால் மட்டுமே தொடர்வினை நடைபெறும்.

*மாறுநிலைப் பருமன் **(Critical size)***

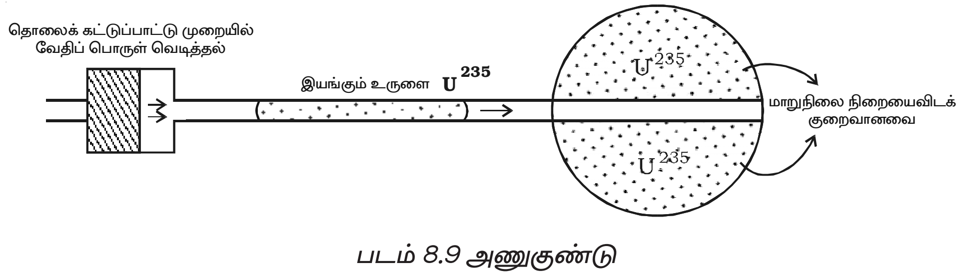
ஒவ்வொரு பிளவைக்குப் பிறகும் குறைந்தது ஒரு நியூட்ரானாவது அடுத்த பிளவையை ஏற்படுத்தும் வகையில் அமையும் பிளவைப் பொருளின் பருமன், மாறுநிலை பருமன் எனப்படும். மாறுநிலைப் பருமன் கொண்ட பிளவைக்கு உட்படும் பொருளின் நிறை, மாறுநிலை நிறை எனப்படும். பருமன், மாறுநிலைப் பருமனைவிடக் குறைவாக இருந்தால் தொடர்வினை ஏற்படாது.

*8.9.2 அணுகுண்டு **(Atom bomb)***

அணுகுண்டு கட்டுப்பாடற்ற தொடர்வினையை அடிப்படையாகக் கொண்டது. இயற்கையில் கிடைக்கும் யுரேனியத்தில் 99.28% அளவு U^{238}ம், 0.72% அளவு U^{235}ம் அடங்கியுள்ளன. U^{238}, வேக நியூட்ரான்களால் மட்டுமே பிளவுறும். எனவே, அணுகுண்டில் எல்லாவித ஆற்றல் கொண்ட நியூட்ரான்களாலும் பிளவுறக் கூடிய U^{235} அல்லது Pu^{239} பயன்படுத்தப்படுதல் வேண்டும்.

அணுகுண்டில் மாறுநிலை பருமனைவிடக் குறைவான பருமன் கொண்டU^{235} ஆல் (அல்லது $_{94}Pu^{239}$) ஆன இரு அரைக்கோளங்கள் சிறிது இடைவெளி விட்டு பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன (படம் 8.9).

அணுகுண்டை வெடிக்கச் செய்யும் போது, மாறுநிலை நிறையை விடக் குறைவான நிறை கொண்ட U^{235}ஆல் ஆன (அல்லது $_{94}Pu^{239}$), மூன்றாவது உருளை அரைக்கோளங்களுக்கு இடையில் உள்ள இடைவெளியில் சரியாக பொருந்தும்படி செலுத்தப்படுகின்றது. இது, இரு அரைக்கோளங்களையும் ஒன்று சேர்க்கின்றது. இப்போது மொத்த நிறை, மாறுநிலை நிறையை விட அதிகமாக அமையுமாதலால் கட்டுப்பாடற்ற தொடர்வினை ஏற்பட்டு பயங்கரமாக வெடித்துச் சிதறுகிறது.



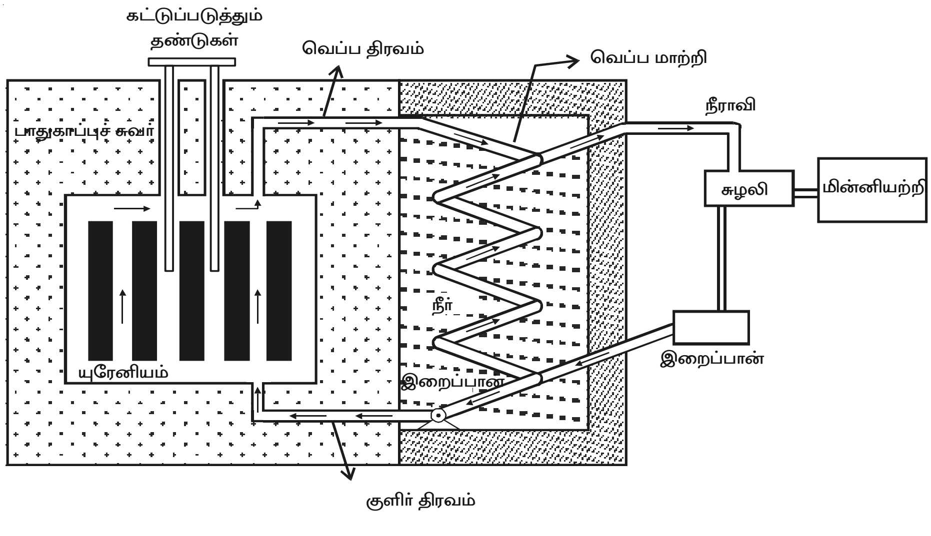
படம் 8.9 அணுகுண்டு

அணுகுண்டு வெடித்துச் சிதறும்போது ஏராளமான ஆற்றல் வெப்பம், ஒளி மற்றும் கதிர்வீச்சாக வெளிவிடப்படுகின்றது. மற்றும் பல மில்லியன் டிகிரி செல்ஷியஸ் வெப்ப நிலையும் பல மில்லியன் வளிமண்டல அழுத்தமும் உருவாகும். இவ்வகை வெடிப்புகள் அதிர்ச்சி அலைகளைத் தோற்றுவிக்கும். வெடிக்கும் போது வெளிப்படும் அபாயகரமான கதிரியக்க γ கதிர்கள், நியூட்ரான்கள் மற்றும் கதிரியக்கப் பொருள்கள் சுற்றுப்புறத்தில் , உடல்நலக் கேட்டை விளைவிக்கும் தீய விளைவுகளை உருவாக்கும். இத்தகைய அணு குண்டு இரண்டாம் உலகப்போரில் ஜப்பானிலுள்ள ஹிரோஷிமா **(Hiroshima)** நாகசாகி **(Nagasaki)** நகரங்களில் வெடிக்கப்பட்டது. அதனால் ஏற்பட்ட அழிவுகள் மற்றும் தீய விளைவுகள் நாம் நன்கு அறிந்ததே.

8.9.3 அணுக்கரு உலை (Nuclear reactor)

அணுக்கரு உலை என்பது முழுமையான கட்டுப்பாட்டோடு, தற்சார்புடைய அணுக்கரு பிளவு வினை நடைபெறும் அமைப்பு ஆகும். முதலாவது அணுக்கரு உலை USA வில் உள்ள சிகாகோ (**Chicago)** என்னுமிடத்தில் 1942ல் நிறுவப்பட்டது.

அணுக்கரு உலைகளை அவை பயன்படுத்தப்படும் தேவைகளைப் பொருத்து, ஆராய்ச்சி உலைகள், உற்பத்தி உலைகள் மற்றும் திறன் உலைகள் என வகைப்படுத்தலாம். ஆராய்ச்சி உலைகள் முக்கியமாக, ஆராய்ச்சிக்குத் தேவைப்படும் நியூட்ரான்களையும், கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளையும் உருவாக்கப் பயன்படுகின்றன. உற்பத்தி உலைகள், பிளவைக்கு உட்படாத அதிகமாகக் கிடைக்கும் பொருள்களை பிளவைக்கு உட்படும் பொருள்களாக மாற்றுகின்றன. திறன் உலைகள், அணுக்கருப் பிளவையினால் உருவாகும் ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றுகின்றன. பயன்படுத்தப்படும் தணிப்பான் மற்றும்



படம் 8.10 அணுக்கரு உலை

குளிர்விப்பான் இவற்றின் அடிப்படையில் திறன் உலைகளை, மேலும் கொதிநீர் அணுக்கரு உலை, உயர் அழுத்த நீர் அணுக்கரு உலை, உயர் அழுத்த கன நீர் அணுக்கரு உலை மற்றும் வேக அணுக்கரு ஈனுலை (உற்பத்தி) என வகைப்படுத்தலாம்.

உலகம் முழுவதிலும் வெவ்வேறு காரணங்களுக்காக வெவ்வேறு அமைப்புகளில் அணுக்கரு உலைகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஆனால் அவை பெரும்பாலான பொதுப் பண்புகளைக் கொண்டுள்ளன. அணுக்கரு உலையின் அமைப்பைக் காட்டும் விளக்கப்படம் படம் 8.10ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

(i) பிளவைக்கு உட்படும் பொருள் (அல்லது) எரிபொருள்

$_{92}U^{235}$, பிளவைக்கு உட்படும் பொருள் அல்லது எரிபொருளாகப் **(Fuel)** பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஆனால் இயற்கையில் கிடைக்கும் யுரேனியத்தில் இது மிகச் சிறிதளவே (0.7%) உள்ளது. இயற்கையில் கிடைக்கும் யுரேனியம் செறிவூட்டப்பட்டு, $_{92}U^{235}$ அதிக அளவில் (2–4%) இருக்குமாறு செய்யப்பட்டு, ஒரு சில அணுக்கரு உலைகளில் எரிபொருளாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. U^{235} ஐத் தவிர பிளவைக்கு உட்படக் கூடிய PU^{239} மற்றும் U^{233} ஐசோடோப்புகள் ஒரு சில உலைகளில் எரிபொருளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

நம் நாட்டில் வடிவமைக்கப்பட்டுள்ள உயர் அழுத்த கனநீர் அணுக்கரு உலைகளில் **(PHWR)** யுரேனியம் ஆக்ஸைடு எரிபொருளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. சிறு உருளைகளாக **(Pellets)** எடுத்துக் கொள்ளப்பட்ட யுரேனியம் ஆக்ஸைடு, சிர்கோனியம் என்ற **(Zirconium)** உலோகக் கலவையால் ஆன மெல்லிய குழாய்களில் அடைக்கப்படுகின்றன. இது பிளவைக்கு உட்படும் தண்டு ஆகும். இது போன்ற 19 தண்டுகள் ஒன்றாக இணைக்கப்பட்டு எரிபொருள் கற்றை உருவாக்கப்படுகிறது. கேலண்ட்ரியா **(Calandria)** என்ற அணுக்கரு கலத்தினுள் 300 குழாய்கள் உள்ளன. இக்குழாய்களினுள் எரிபொருள் கற்றைகள் வைக்கப்படுகின்றன. எரிபொருள் தண்டுகளைக் கொண்ட அணுக்கரு உலையின் பகுதி அணுக்கரு உலை மையம் **(reactor core)** எனப்படும்.

உயர் அழுத்த நீர் அணுக்கரு உலைகளில் **(PWR)** குறைவாக செறிவூட்டப்பட்ட யுரேனியம் பயன்படுகின்றது. கல்பாக்கத்திலுள்ள வேக உற்பத்தி சோதனை அணுக்கரு உலையில் **(FBTR)** யுரேனியம் கார்பைடுகள் மற்றும் புளுட்டோனியம் கலந்த கலவை எரிபொருளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. கல்பாக்கத்தில் கட்டுமானத்தில் உள்ள வேக உற்பத்தி அணுக்கரு உலையில் **(PFBR)** புளுட்டோனியம் ஆக்சைடுகள் மற்றும் யுரேனியம் கலந்த கலவை எரிபொருளாகப் பயன்படுத்தப்பட இருக்கிறது. வேக உற்பத்தி உலைகளில், அதிக வெப்பத்தைத் தாங்கக் கூடிய வகையில் தனியாக வடிவமைக்கப்பட்ட துருப்பிடிக்காத இரும்பினால் ஆன குழாய்களில் எரிபொருள் சிறு உருளைகளாக அடைக்கப்படுகின்றது. உலகிலேயே, காமினி **[Kalpakkam mini reactor]** ஒன்றுதான் $_{92}U^{233}$-ஐ எரிபொருளாகக் கொண்டு செயல்படுகிறது. இதில் யுரேனியம் மற்றும் அலுமினியக் கலவை எரிபொருளாக, தகடுகள் வடிவத்தில் உள்ளன.

(ii) தணிப்பான் **(Moderator)**

அணுக்கருப் பிளவையின் போது வெளிப்படுகின்ற சராசரியாக $2\ MeV$ ஆற்றலைக் கொண்டுள்ள வேக நியூட்ரான்களை $0.025\ eV$ சராசரி ஆற்றல் கொண்ட வெப்ப நியூட்ரான்களாக மாற்றித் தருவதே தணிப்பானின் பணியாகும். இந்த வெப்ப நியூட்ரான்கள் தணிப்பானுடன் வெப்பச் சமநிலையில் அமையும். சாதாரண நீர் மற்றும் கன நீர் என்பவை, பொதுவாக பயன்படுத்தப்படும் தணிப்பான்களாகும். நியூட்ரான்களை உட்கவர்வதால், மீட்சி மோதல் காரணமாக, அவற்றின் வேகத்தை மட்டுப்படுத்தக் கூடியவையே நல்ல தணிப்பான்களாகும். வரிசையாக அமைக்கப்பட்டுள்ள எரிபொருள் தண்டுகளுக்கு இடையே தணிப்பான் அமையும். சில நாடுகளில் கிரஃபைட் தணிப்பானாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

வேக உற்பத்தி உலைகளில் அணுக்கரு தொடர் வினை வேக நியூட்ரான்களால் நிலை நிறுத்தப்படுவதால் அவைகளில் தணிப்பான்கள் தேவையில்லை.

(iii) நியூட்ரான்மூலம் **(Neutron source)**

அணுக்கருப் பிளவு தொடர் வினையை முதல் முறையாக தொடங்கி வைக்க நியூட்ரான் மூலம் தேவைப்படும். புளுட்டோனியம் அல்லது ரேடியம் அல்லது பொலோனியத்துடன் பெரிலியம் கலந்த கலவை பொதுவாக நியூட்ரான் மூலமாகப் பயன்படுகின்றது.

(iv) கட்டுப்படுத்தும் தண்டுகள் **(Control rods)**

தொடர்வினையைக் கட்டுப்படுத்த, கட்டுப்படுத்தும் தண்டுகள் பயன்படுகின்றன. இவை நியூட்ரான்களை அதிக அளவில் உட்கவரக் கூடியவை. பொதுவாக போரான் அல்லது காட்மியம் போன்ற தனிமங்களாலான கட்டுப்படுத்தும் தண்டுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. கட்டுப்படுத்தும் தண்டுகள் எரிபொருள் கற்றைகள் மற்றும் தணிப்பானுக்கு இடைப்பட்ட இடைவெளிகளின் வழியே செல்லுமாறு அணுக்கரு உலையின் மையத்தில் செருகப்பட்டுள்ளன. இவற்றை உள்நோக்கி தள்ளியோ அல்லது வெளியே இழுத்தோ வினை வீதத்தைக் கட்டுப்படுத்தலாம். நம் நாட்டில் உள்ள அனைத்து திறன் அணுக்கரு உலைகளிலும் மண்பாண்டப் பொருளான (ceramic material) போரான் கார்பைடு (B_4C), கட்டுப்படுத்தும் தண்டாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

(v) குளிர்விக்கும் அமைப்பு **(The cooling system)**

அணுக்கரு உலையினுள் உருவாகும் வெப்பத்தை நீக்க குளிர்விக்கும் அமைப்பு பயன்படுகின்றது. சாதாரண நீர், கனநீர் மற்றும் திரவ சோடியம் போன்றவை பொதுவாக பயன்படுத்தப்படும் குளிர்விப்பான்கள் ஆகும். நல்ல குளிர்விப்பான் என்பது உயர் தன் வெப்ப ஏற்புத் திறனையும், அதிக கொதிநிலையையும் பெற்றிருத்தல் வேண்டும். குளிர்விப்பான், எரிபொருள் கற்றை வைக்கப்பட்டுள்ள இடத்தின் வழியே செல்லும் குழாய்களின் வழியே சென்று, எரிபொருள் தண்டுகளில் இருந்து வெப்பத்தை எடுத்துக் கொண்டு, வெப்ப மாற்றி (heat exchanger) வழியே, நீராவி உற்பத்தி நிலையத்திற்குச்

செல்கிறது. இந்த நீராவியைக் கொண்டு டர்பைன்களை (turbines) சுழலச் செய்து மின்னாற்றல் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றது.

PHWR மற்றும் PWR வகை அணுக்கரு உலைகளில் ஒரே மாதிரியான குளிர்விப்பான் மற்றும் தணிப்பான் பயன்படுகிறது. வேக உற்பத்தி உலைகளில் திரவ சோடியம் குளிர்விப்பானாகப் பயன்படுகின்றது. வேக உற்பத்தி உலையின் மையத்தில் மிக அதிக வெப்பநிலை உருவாக்கப்படுகின்றது. திரவ சோடியம் உலோகமாக அமைவதால் அது வெப்பத்தை எளிதில் கடத்தும். மேலும் அதன் கொதிநிலை 1000^oC ஆக அமைவதால், மிக அதிக வெப்பநிலையிலும் திரவமாகவே அமையும்.

(vi) நியூட்ரான் எதிரொளிப்பான்கள் (Neutron reflectors)

இவை நியூட்ரான்களை எதிரொளித்து மீண்டும் அணுக்கரு உலைக்குள் செலுத்தி நியூட்ரான் இழப்பைப் பெருமளவில் தடுக்கின்றன. உயர் அழுத்த கனநீர் அணுக்கரு உலையில் தணிப்பானே எதிரொளிப்பானாகப் பயன்படுகின்றது.

வேக உற்பத்தி உலைகளில், அணுக்கரு மையத்தைச் சுற்றிலும் உள்ள யுரேனியம் (0.7%க்கும் குறைவான ${}_{92}U^{235}$-ஐக் கொண்டுள்ள யுரேனியம்) அல்லது தோரியம் (${}_{90}Th^{232}$) நியூட்ரான் எதிரொளிப்பானாகப் பயன்படுகின்றது. அணுக்கரு மையத்தை விட்டு தப்பிச்செல்லும் நியூட்ரான்கள், யுரேனியத்தையும் தோரியத்தையும் முறையே Pu^{239} அல்லது U^{233} ஆக மாற்றுகின்றன.

(vii) பாதுகாப்பு அமைப்பு (Shielding)

தீங்கு விளைவிக்கும் கதிர்வீச்சுகளில் இருந்து பாதுகாக்கும் பொருட்டு அணுக்கரு உலையானது சுமார் 2 முதல் 2.5 m வரை தடிமன் கொண்ட கான்கிரீட் சுவர்களால் சூழப்பட்டுள்ளது.

உற்பத்தி உலை

${}_{92}U^{238}$ மற்றும் ${}_{90}Th^{232}$ போன்றவை அதிக அளவில் கிடைத்தாலும் அவை பிளவைக்கு உட்படாது. நியூட்ரான்களை உட்கவரச் செய்வதன் மூலம் இவற்றை முறையே ${}_{94}Pu^{239}$ மற்றும் ${}_{92}U^{233}$ என்ற பிளவைக்கு உட்படும் பொருள்களாக மாற்றலாம். அணுக்கரு உலை செயல்படும் போது பிளவைக்கு உட்படாத பொருள்களை நியூட்ரான்களை உட்கவரும்படிச் செய்து பிளவைக்கு உட்படும் பொருள்களாக உருவாக்கும் முறை உற்பத்தி செய்தல் எனப்படும். வேக அணுக்கரு உலை ஒன்றை நல்லதொரு உற்பத்தி உலையாகச் செயல்படும்படி வடிவமைக்கலாம்.

அணுக்கரு உலைகளின் பயன்கள்

1. அணுக்கரு பிளவையின் காரணமாக மிக அதிகமான வெப்ப ஆற்றல் வெளிப்படுவதால், அணுக்கரு உலைகள் பெரும்பாலும் மின்திறன் உற்பத்திக்குப் பயன்படுகின்றன.

2. அணுக்கரு உலைகள் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளை உருவாக்கப் பயன்படுகின்றன.

3. அணுக்கரு உலைகள் நியூட்ரான் மூலங்களாக அமைவதால், அவை அறிவியல் ஆராய்ச்சிக்குப் பயன்படுகின்றன.

இந்தியாவின் அணுமின் திட்டம்

1948ஆம் ஆண்டு **Dr.** ஹோமி **J.** பாபா தலைமையில் அணு ஆற்றல் நிறுவனம் நிறுவப்பட்டது. அணு ஆற்றல் துறையானது பல ஆராய்ச்சி உலைகளையும் மாறுபட்ட வடிவமைப்பு மற்றும் வெவ்வேறு திறன் உற்பத்தி உலைகளையும் வடிவமைத்துள்ளது. பல்வேறு துறைகளுக்கான அடிப்படை மற்றும் பயன்பாட்டு ஆய்வுகளை உற்பத்தி உலைகள் மேற்கொள்கின்றன. இந்தியாவில், மகாராட்டிரா மாநிலத்தில் டிராம்பே என்னுமிடத்தில் உள்ள பாபா அணு ஆராய்ச்சி நிலையத்தில் **(BARC)** அப்சரா, சைரஸ், துருவா, பூர்ணிமா போன்ற ஆராய்ச்சி உலைகள் உள்ளன. தமிழ்நாட்டில், கல்பாக்கம் என்ற இடத்தில் உள்ள இந்திராகாந்தி அணு ஆராய்ச்சி நிலையத்தில் **(IGCAR)** காமினி என்ற ஆராய்ச்சி உலை உள்ளது. இந்த உலைகள், நியூட்ரான்களைக் கொண்டு மேற்கொள்ளப்படும் ஆய்வுகளுக்காகவும், மருத்துவம், விவசாயம், தொழிற்சாலை, உணவு பதப்படுத்துதல் போன்றவற்றிற்குத் தேவையான கதிரியக்க - ஐசோடோப்புகளை உருவாக்கவும் பயன்படுகின்றன. அதிவேகச் சோதனை ஈனுலை **(FBTR)** என்ற உற்பத்தி உலை கல்பாக்கத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. சோடியம் தொழில் நுட்பத்திற்காகவும், எரிபொருள் மற்றும் அதிவேக உலைகளில் பயன்படுத்தப்படும் பொருள்களைச் சோதிக்கவும் இவ்வுலை பயன்படுகிறது.

வரம்பிற்குட்படுத்தப்பட்ட இந்திய அணுக்கரு ஆற்றல் கழகம் **(NPCIL)** என்ற பொதுத்துறை நிறுவனம், இந்தியாவில் அணுக்கரு ஆற்றல் நிலையங்களை வடிவமைத்து, செயல்பட வைக்கிறது. 2020 ஆம் ஆண்டிற்குள் **20,000 MW** மின்சாரம் உற்பத்தி செய்ய, **NPCIL** நிறுவனம் திட்டமிட்டுள்ளது.

இந்திய அணுக்கரு ஆற்றல் திட்டத்தில், தற்போது 14 அணுக்கரு உலைகள் செயல்படுகின்றன. 12 அழுத்தப்பட்ட கனநீர் உலைகளும் **(PHWR)** இரண்டு கொதிநீர் உலைகளும் **(BWR) 2770 MW** மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்து கொண்டிருக்கின்றன. தற்போது செயல்பட்டுக் கொண்டிருக்கும் அணுக்கரு திறன் உலைகள் அட்டவணை 8.1லும் கட்டுமானத்தில் உள்ள அனுக்கரு திறன் உலைகள் அட்டவணை 8.2ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 8.1 செயல்பாட்டில் உள்ள அணுக்கரு திறன் உலைகள்
(தேர்வுக்கு உரியதன்று)

இடம்	வகை	திறன்	எண்ணிக்கை
தாராப்பூர், மகாராட்டிரா	BWR	160 MW	2
கோட்டா, ராஜஸ்தான்	PHWR	100 MW	1
		200 MW	1
		220 MW	2
கல்பாக்கம், தமிழ்நாடு	PHWR	170 MW	1
		220 MW	1
நரோரா, உத்திரப்பிரதேசம்	PHWR	220 MW	2
கக்ரபாரா, குஜராத்	PHWR	220 MW	2
கைகா, கர்நாடகா	PHWR	220 MW	2

அட்டவணை 8.2 கட்டுமானத்தில் உள்ள அணுக்கரு திறன் உலைகள்
(தேர்வுக்கு உரியதன்று)

இடம்	வகை	திறன்	எண்ணிக்கை	எதிர்பார்க்கப்படும் செயல்பாட்டு தேதி
தாராபூர், மகாராட்டிரா (3 மற்றும் 4)	PHWR	540 MW	2	உலை 3 - July 2006 உலை 4 - Dec.2004
கைகா, கர்நாடகா (3 மற்றும் 4)	PHWR	220 MW	2	உலை 3 - Dec. 2006 உலை 4 - June 2007
ராஜஸ்தான் (5 மற்றும் 6)	PHWR	220 MW	2	உலை 5 - May 2007 உலை 6 - Nov. 2007
கூடங்குளம், தமிழ்நாடு (1 மற்றும் 2)	PWR	1000 MW	2	உலை 1 - 2007 உலை 2 - 2008
கல்பாக்கம், தமிழ்நாடு (3)	PFBR	500 MW	1	உலை 3 - 2010

8.10 அணுக்கரு இணைவு

இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட இலேசான அணுக்கருக்கள் இணைந்து ஒரு கனமான அணுக்கருவை உருவாக்கும் நிகழ்வு அணுக்கரு இணைவு எனப்படும். வினையில் உருவாகும் அணுக்கருவின் நிறை, அது உருவாகக் காரணமான லேசான அணுக்கருக்களின் மொத்த நிறையைவிடக் குறைவாகவே அமையும். இந்த நிறை மாறுபாடு ஆற்றலாக மாற்றப்படுகின்றது. அணுக்கரு இணைவு நிகழ்வானது 10^7 K அளவிலான மிக உயர்ந்த வெப்பநிலையில் மட்டுமே நடைபெறும்.ஏனெனில் இந்த அளவிலான உயர் வெப்பநிலையில் மட்டுமே அணுக்கருக்கள் தங்களுக்கிடையே உள்ள விரட்டு விசையை சமாளிக்க முடியும். எனவே, அணுக்கரு இணைவிற்குமுன் இலேசான அணுக்கருக்களின் வெப்பநிலையை பல மில்லியன் டிகிரிக்கு உயர்த்த வேண்டும். அணுக்கரு இணைவு வினைகள் வெப்ப அணுக்கரு வினைகள் எனப்படும்.

8.10.1 ஹைட்ரஜன் குண்டு

அணுக்கரு இணைவுத் தத்துவம் ஹைட்ரஜன் குண்டில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இலேசான அணுக்கருக்களின் இணைவு மூலம் ஏராளமான ஆற்றலை வெளிப்படுத்தும் வெடிக்கும் அமைப்பு ஹைட்ரஜன் குண்டு ஆகும். அணுக்கரு இணைவிற்குத் தேவையான வெப்பநிலை அணுக்கரு பிளவை வினையின் மூலமாகப் பெறப்படுகின்றது. முதலில் அணுகுண்டு ஒன்றை வெடிக்கச் செய்து வெப்பநிலை 50 மில்லியன் டிகிரிக்கு உயர்த்தப்படுகின்றது. அணுகுண்டு வெடிப்புக்கு அருகில் தகுந்த அளவு டியூட்ரானும், டிரிட்டானும் வைக்கப்பட்டிருக்கும். சாதகமான வெப்பநிலை, கட்டுப்பாடற்ற அணுக்கரு இணைவு நிகழ்வை தோற்றுவிக்கின்றது. இதன் காரணமாக ஏராளமான வெப்ப ஆற்றல் வெளிப்படும்.

ஹைட்டிரஜன் குண்டில் உருவாகும் அணுக்கரு வினை,

$_1H^3 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1$ + ஆற்றல்.

8.10.2 விண்மீன் ஆற்றல்

இலேசான அணுக்கருக்கள் இணைந்து கன அணுக்கருவை உருவாக்கும் அணுக்கரு இணைவு நிகழ்வினால் ஏற்படுவதே விண்மீன் ஆற்றலாகும். சூரியனின் உட்பகுதியின் வெப்பநிலை 1.4×10^7 K அளவிலும் மற்ற விண்மீன்களின் வெப்பநிலை 10^8 K அளவிலும் உள்ளன. சூரியனால் வெளியிடப்படும் மொத்த ஆற்றலானது 3.8×10^{26} J/s எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. வேதி வினைகளோ அல்லது ஈர்ப்பியல் வினையோ இத்தகைய ஆற்றலுக்குக் காரணம் அல்ல. சூரியனிலும், விண்மீன்களிலும், புரோட்டான்கள் இணைந்து ஹீலியமாக மாறும் அணுக்கரு இணைவினால் ஆற்றல் வெளிப்படுவதாகக் கருதப்படுகின்றது. இத்தகைய உயர் வெப்பநிலைகளில் ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் போன்றவை பிளாஸ்மா எனப்படும் மிக அதிக அளவில் அயனியாக்கப்பட்ட நிலையில் அமையும். அணுக்கரு இணைவின் மூலம் தோன்றும் ஆற்றலே சூரியன் மற்றும் விண்மீன்களின் வெப்பநிலையை நிலைநிறுத்துவதற்கும், தொடர்ந்து ஆற்றலை ஒளியாகவும், வெப்பமாகவும் வெளியிடுவதற்கும் பயன்படுகின்றது.

புரோட்டான் - புரோட்டான் சுற்று மற்றும் கார்பன்-நைட்ரஜன் சுற்று என்பவையே சூரியன் மற்றும் விண்மீன்களில் நடைபெறும் முக்கியமான இருவகை அணுக்கரு இணைவு நிகழ்வுகள் ஆகும்.

புரோட்டான் - புரோட்டான் சுற்று

$_1H^1 + {}_1H^1 \rightarrow {}_1H^2 + {}_1e^0 + \nu$ (பாசிட்ரான் மற்றும் நியூட்ரினோ வெளிப்படுதல்)

$_1H^1 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^3 + \gamma$ (காமாக் கதிர் வெளிப்படுதல்)

$2\,{}_2He^3 \rightarrow {}_2He^4 + 2\,{}_1H^1$

இந்தச் சுற்று வினையைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$4\,{}_1H^1 \rightarrow {}_2He^4 + 2\,{}_1e^0 + 2\nu$ + ஆற்றல் (26.7 MeV)

நான்கு புரோட்டான்கள் இணைந்து மிக அதிகமான ஆற்றலையும், ஒரு α- துகளையும், இரு பாசிட்ரான்களையும் உருவாக்குகின்றன.

கார்பன்-நைட்ரஜன் சுற்று

கார்பன்-நைட்ரஜன் சுற்றில் நடைபெறும் வினைகள் பின்வருமாறு. இவ்வினைகளில் கார்பன் கிரியா ஊக்கியாகச் செயற்படுகின்றது.

$_1H^1 + {}_6C^{12} \rightarrow {}_7N^{13*} + \gamma$ (காமாக் கதிர் வெளிப்படுதல்)

$_7N^{13*} \rightarrow {}_6C^{13} + {}_1e^0 + \nu$ (பாசிட்ரான் மற்றும் நியூட்ரினோ வெளிப்படுதல்)

$_1H^1 + {}_6C^{13} \rightarrow {}_7N^{14} + \gamma$ (காமாக் கதிர் வெளிப்படுதல்)

$_1H^1 + {}_7N^{14} \rightarrow {}_8O^{15*} + \gamma$ (காமாக் கதிர் வெளிப்படுதல்)

$_8O^{15*} \rightarrow {}_7N^{15} + {}_1e^0 + \nu$ (பாசிட்ரான் மற்றும் நியூட்ரினோ வெளிப்படுதல்)

$_1H^1 + {}_7N^{15} \rightarrow {}_6C^{12} + {}_2He^4$

இந்தச் சுற்றின் மொத்த வினையைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$4\ {}_1H^1 \rightarrow {}_2He^4 + 2{}_1e^0 + 2\nu +$ ஆற்றல் (26.7 MeV)

8.11 காஸ்மிக் கதிர்கள்

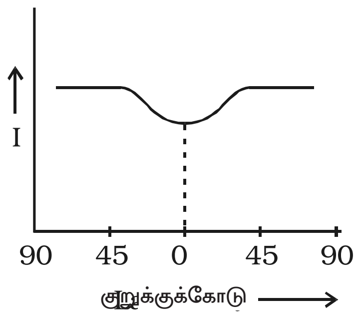
தங்க இலை மின்காட்டி என்ற கருவியைக் கொண்டு காஸ்மிக் கதிர் ஆய்வுகள் தொடங்கப்பட்டன. முறையாக மின்காப்பு செய்யப்பட்ட மின்னூட்டம் பெற்ற தங்க இலை மின்காட்டி தனியாக வைக்கப்படும்பொழுது அதிலுள்ள மின்னூட்டம் சிறிது சிறிதாக கசியும். இது நிலம், சுரங்கம் மற்றும் கடல் போன்ற அனைத்து இடங்களிலும் நடைபெறும். வெளியிலிருந்து (space) வரும் அயனியாக்கும் கதிர்வீச்சுகளே இந்த மின் கசிவிற்குக் காரணமாகும். γ-கதிர்களை விட பல மடங்கு அயனியாக்கும் திறன் கொண்ட காஸ்மாஸ் எனப்படும் புறவெளியின் அனைத்துத் திசைகளில் இருந்தும் புவியை அடையும் கதிர்வீச்சுகள் காஸ்மிக் கதிர்கள் எனப்படும். காஸ்மிக் கதிர்கள் என்னும் பெயர் மில்லிக்கன் என்பவரால் வழங்கப்பட்டது.

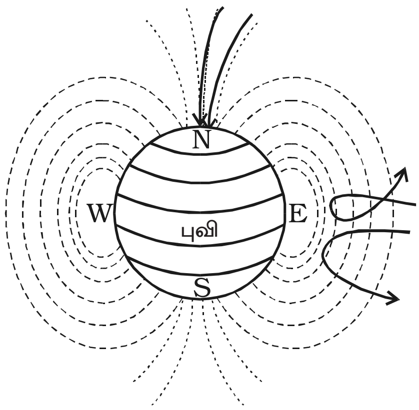
காஸ்மிக் கதிர்கள் முதன்மை காஸ்மிக் கதிர்கள், துணை காஸ்மிக் கதிர்கள் என இரு பெரும் பிரிவுகளாக வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. முதன்மை காஸ்மிக் கதிர்கள் என்பவை புவிக்கு அப்பாலுள்ள வெளியிலிருந்து புவியின் வளிமண்டலத்தின் வெளிப்புறப் படலத்தினுள் நுழையும் கதிர்வீச்சு ஆகும். முதன்மை காஸ்மிக் கதிர், 90%புரோட்டான்களையும், 9% ஹீலியம் அணுக்கருக்களையும் மற்றும் கனமான அணுக்கருக்களையும் கொண்டுள்ளது. முதன்மைக் காஸ்மிக் கதிர்களின் ஆற்றல் 10^8 MeV அளவில் அமையும்.

முதன்மை காஸ்மிக் கதிர்கள் புவியின் வளிமண்டலத்தின் மேற்பரப்பிலுள்ள வாயுக்களுடன் வினைபுரிவதால் துணை காஸ்மிக் கதிர்கள் உருவாகின்றன. அவை α-துகள்கள், புரோட்டான்கள், எலக்ட்ரான்கள், பாசிட்ரான்கள், மீசான்கள், ஃபோட்டான்கள் போன்றவைகளை வெவ்வேறு விகிதங்களில் கொண்டிருக்கும்.

குறுக்குக்கோட்டு விளைவு ***(latitude effect)***

குறுக்குக் கோட்டைப் (θ) பொருத்து காஸ்மிக் கதிர்களின் செறிவு (I) மாறுபாட்டை அறிய, செய்யப்பட்ட சோதனைகளிலிருந்து, துருவப் பகுதிகளில் ($\theta = 90^0$) செறிவு





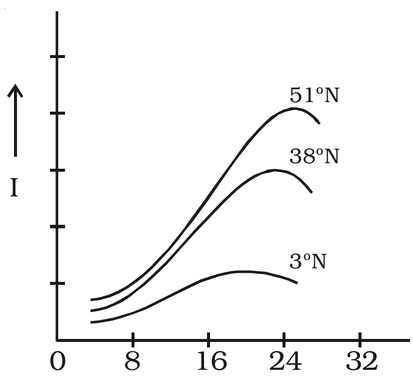
படம் 8.11 குறுக்குக்கோட்டு விளைவு

பெருமமாகவும், புவி நடுவரைக் கோட்டுப் பகுதியில் ($\theta = 0$) சிறுமமாகவும், 42^0க்கும் 90^0க்கும் இடைப்பட்ட பகுதிகளில் செறிவு மாறிலியாகவும் அமைவது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. குறுக்குக் கோட்டைப் பொருத்து காஸ்மிக் கதிர்களின் செறிவு மாறுபடுவதே குறுக்குக் கோட்டு விளைவு எனப்படும். இது படம் 8.11ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

புவி நடுவரைக் கோட்டுப் பகுதியில் காஸ்மிக் கதிர்களின் செறிவு குறைவதற்குக் காரணம், புவியின் காந்தப்புலமே என்று விளக்கப்பட்டுள்ளது. துருவங்களை நெருங்குகின்ற மின்னூட்டம் பெற்ற துகள்கள், காந்த விசைக் கோடுகளுக்கு ஏறத்தாழ இணையாக வருவதால் அவற்றின் மீது எவ்வித விசையும் செயல்படுவதில்லை. ஆகையால் அவை எளிதாக புவிப்பரப்பை அடைகின்றன. எனவே செறிவு பெருமமாக அமைகின்றது. ஆனால் புவி நடுவரைக் கோட்டினை நெருங்குகின்ற மின்னூட்டம் பெற்ற துகள்கள் புவிகாந்தப்புலத்தின் திசைக்குச் செங்குத்தாக வருவதால் விலக்கமடைந்து விலகிச் செல்கின்றன. உயர் ஆற்றலுடன் நெருங்குகின்ற துகள்கள் மட்டுமே புவி நடுவரைக் கோட்டினை அடைய இயலும். மெதுவாக நெருங்குகின்ற துகள்கள் விலக்க மடைந்து பேரண்டத்திற்குத் திருப்பப்படுகின்றன. எனவே, புவி நடுவரைக் கோட்டுப் பகுதியில் செறிவு சிறுமமாக அமைகின்றது.

குத்துயர விளைவு

குத்துரயத்தைப் (h) பொருத்து காஸ்மிக் கதிர்களின் செறிவில் (I) ஏற்படும் மாறுபாடு குத்துயர விளைவு எனப்படும். இது படம் 8.12ல்



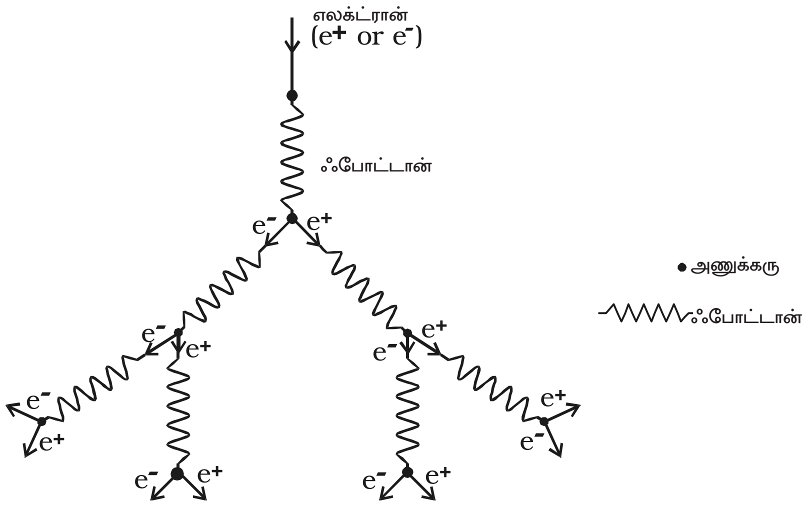
படம் 8.12 குத்துயர விளைவு

குறிக்கப்பட்டுள்ளது. காஸ்மிக் கதிர்களின் செறிவு, உயரம் அதிகரிக்கும் போது அதிகரித்துக் கொண்டே சென்று ஏறத்தாழ 20 km உயரத்தில் பெருமத்தை அடைகிறது. அதற்கு மேல் செறிவு குறையும். புவியின் அனைத்துப் பகுதிகளிலும் சோதனை முடிவு ஒரே மாதிரியாக அமைகின்றது.

காஸ்மிக் கதிர் பொழிவுகள் (Cosmic ray showers)

கண்டறியும் கருவி ஒன்றைக் கொண்டு காஸ்மிக் கதிர் செறிவினை அளவிடும்போது கண நேரத்திற்கு, செறிவானது இயல்பு நிலைச் செறிவைவிட பன்மடங்கு அதிகரிப்பது தெரிகிறது. அதாவது, அக்கணத்தில் கதிர்வீச்சு கட்டுக்கடங்காததாக உள்ளது. இது கதிர்வீச்சு திடீரென அதிகரிப்பதைக் குறிக்கும்.

காஸ்மிக் கதிர் பொழிவுக்கான அருவிக் கொள்கையின்படி (cascade theory) பொழிவுகள், கதிர்வீச்சு மோதல் மற்றும் சோடி உருவாதல் என்ற இரு காரணங்களால் உருவாகின்றன. காஸ்மிக் கதிரிலுள்ள ஆற்றல் மிகுந்த எலக்ட்ரான் அல்லது பாசிட்ரான் வளிமண்டலத்திலுள்ள வாயுக்களின் அணுக்கருக்களின் மீது மோதலுற்று ஆற்றலை இழக்கின்றன. இந்த ஆற்றல் இழப்பு உயர் ஆற்றல் கொண்ட ஃபோட்டானாக வெளிப்படுகின்றது. இந்த ஃபோட்டான் அணுக்கருவுடன் வினைபுரிந்து எலக்ட்ரான் - பாசிட்ரான் சோடியை உருவாக்குகின்றது. இவ்வாறு உண்டாக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்-பாசிட்ரான் சோடி, அணுக்கருவுடன் மோதலுற்று, மறுபடியும் ஃபோட்டான்களை உருவாக்குகின்றது. இத்தகைய ஃபோட்டான்கள் மேலும் அதிகமான சோடிகளை உருவாக்குகின்றன. இவ்வாறாக பொழிவு போன்று ஃபோட்டான்களும், எலக்ட்ரான்களும், பாசிட்ரான்களும் மிக அதிக எண்ணிக்கையில் உண்டாகின்றன.



படம் 8.13 காஸ்மிக் கதிர் பொழிவு

இதுவே காஸ்மிக் கதிர் பொழிவு எனப்படும். தொடக்க ஆற்றல், பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு, ஒவ்வொரு துகளின் ஆற்றலும் மாறுநிலை ஆற்றலைவிடக் குறைவாக இருக்கும் வரை, ஃபோட்டான் உமிழ்தலும் சோடி உருவாதலும் தொடர்ந்து நடைபெற்று பெருக்கம் ஏற்படும். மாறுநிலை மதிப்பை விட ஆற்றல் குறைவாக இருப்பின், மேற்கொண்டு எந்த நிகழ்வும் நடைபெறாது.

சோடி உருவாதல் மற்றும் பருப்பொருள் அழிதல்

அதிக ஆற்றல் கொண்ட ஃபோட்டான்கள் அணுக்கருவைச் சுற்றியுள்ள வலிமையான மின்புலத்துடன் வினைபுரிவதால் எலக்ட்ரான் - பாசிட்ரான் சோடி உருவாகிறது. இது சோடி உருவாதல் எனப்படும்.

சோடி உருவாதலுக்கு மறுதலையாக எலக்ட்ரானும், பாசிட்ரானும் இணைந்து ஃபோட்டான் உருவாகின்றது. இது பருப்பொருள் அழிதல் எனப்படும்.

8.12 அடிப்படைத் துகள்கள்

அணு அமைப்பைப் பற்றிய ஆய்வுகளில் இருந்து, எலக்ட்ரான், புரோட்டான், நியூட்ரான் என்ற அடிப்படைத் துகள்களே அணுவை உருவாக்குகின்றன எனக் கண்டறியப்பட்டது. ஆனால் காஸ்மிக் கதிர்களின் விரிவான ஆய்விலிருந்து மீசான் போன்ற ஏராளமான அணுக்கருத் துகள்கள் இருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இத்துகள்களை ஃபோட்டான்கள், லெப்டான்கள், மீசான்கள் மற்றும் பாரியான்கள் என நான்கு பெரும் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம்.

ஃபோட்டான்

இது மின்னூட்டமற்ற, நிறையற்ற ஆற்றலை எடுத்துச் செல்லும் மின்காந்தக் கதிர் வீச்சின் குவாண்டம் ஆகும். ஃபோட்டான் ஒளியின் திசைவேகத்தில் செல்லும்.

லெப்டான்

எலக்ட்ரானின் நிறையைவிட 207 மடங்கு அல்லது அதற்குக் குறைவான நிறை கொண்ட லேசான துகள்கள் லெப்டான்கள் ஆகும். நியூட்ரினோ மற்றும் ஆண்ட்டி நியூட்ரினோ ஆகியவை விதிவிலக்காகும். இத்தொகுதியில் எலக்ட்ரான், பாசிட்ரான், நியூட்ரினோ, ஆண்ட்டி நியூட்ரினோ, நேர் மற்றும் எதிர் மியுயான்கள் போன்ற துகள்கள் அடங்கியுள்ளன. எலக்ட்ரானும், பாசிட்ரானும் எதிர்த்துகள்களாகும் (Anti-particles). நியூட்ரினோவும் எதிர்நியூட்ரினோவும் $\beta-$துகள் வெளிப்படுத்தலுடன் தொடர்புடையவை. நியூட்ரினோவும், எதிர்நியூட்ரினோவும் நிறையற்ற, மின்னூட்டமற்ற ஆற்றலையும், தற்சுழற்சியையும் கொண்டுள்ளன. காஸ்மிக் கதிர் ஆய்வுகளில் இருந்து மியுயான்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன.

மீசான்கள்

எலக்ட்ரான் மற்றும் புரோட்டானின் நிறைகளுக்கு (m_e, m_p) இடைப்பட்ட நிறையையும் ஓரலகு மின்னூட்டத்தையும் கொண்டுள்ள அடிப்படைத் துகள்கள் மீசான்கள் எனப்படும். 1935ல் யுகாவா என்பவரால் மீசான் என்று பெயரிடப்பட்டது. மீசான்கள்

(i) π-மீசான் (பையான்) **(ii)** K– மீசான் (கேயான்) மற்றும் **(iii)** η- மீசான் என மூன்று வகைப்படும். மீசான்கள், அணுக்கருத்துகள்களுக்கு இடையே இடைவினைச் செயலை ஏற்படுத்துகின்றன. மீசான்கள், $250\ m_e$ மற்றும் $1000\ m_e$க்கு இடைப்பட்ட ஓய்வு நிறை கொண்டவை.

பாரியான்கள்

கனமான துகள்களின் தொகுதி பாரியான்கள் ஆகும். புரோட்டான்களும் நியூட்ரான்களும் நியுக்ளியான்கள் எனப்படுகின்றன. எஞ்சிய கனமான துகள்கள் ஹைப்பரான்கள் எனப்படும். லேம்டா (λ) சிக்மா (Σ), சை **(xi)** மற்றும் ஒமேகா என்பவை ஹைப்பரான்களின் நான்கு வகைகள். புரோட்டான் மற்றும் நியூட்ரான்களின் நிறையானது எலக்ட்ரான் நிறையைப் போல சுமார் 1836 மடங்கு ஆகும். ஹைப்பரான்களின் நிறை $2180\ m_e$ மற்றும் $3275\ m_e$ க்கு இடையில் அமையும். அடிப்படைத் துகள்களின் வகைப்பாடு, அட்டவணை 8.3-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 8.3 அடிப்படைத் துகள்களின் வகைப்பாடு

(தேர்வுக்கு உரியதன்று)

பிரிவு	பெயர்	குறியீடு	எலக்ட்ரானின் ஓய்வு நிறையின் **(m_e)** அடிப்படையில் நிறை
ஃபோட்டான்கள்	ஃபோட்டான்கள்	γ	0
லெப்டான்கள்	நியூட்ரினோ	$\nu,\ \bar{\nu}$	0
	எலக்ட்ரான்	$e^{\pm}$	1
	மியுயான்	$\mu^{\pm}$	207
மீசான்கள்பையான்	$\pi^{\pm},\ \pi^{o}$	273	
	கேயான்	$K^{\pm},\ K^{o}$	851
	ஈட்டா-மீசான்	η^{o}	1072
பாரியான்கள்	புரோட்டான்	$p^{\pm}$	1836
	நியூட்ரான்	n	1840
	லேம்டா ஹைப்பரான்	λ^{o}	2180
	சிக்மா ஹைப்பரான்	$\Sigma^{\pm},\ \Sigma^{o}$	2340
	சை **(Xi)** ஹைப்பரான்	$\Xi^{o},\ \Xi^{-}$	2583
	ஒமேகா ஹைப்பரான்	Ω^{-}	3272

தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

8.1 $_{26}Fe^{56}$ அணுக்கருவின் பிணைப்பு ஆற்றல் மற்றும் அணுக்கருத்துகள் ஒன்றிற்கான பிணைப்பு ஆற்றல் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

$_{26}Fe^{56}$ அணுக்கருவின் நிறை = 55.9349 amu

1 புரோட்டானின் நிறை = 1.007825 amu

1 நியூட்ரானின் நிறை = 1.008665 amu

தகவல் : $_{26}Fe^{56}$ அணுக்கருவின் நிறை = 55.9349 amu

புரோட்டானின் நிறை = 1.007825 amu

நியூட்ரானின் நிறை = 1.008665 amu

புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை A = 26

நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை N = 30

பிணைப்பு ஆற்றல் மற்றும்

அணுக்கருத்துகள் ஒன்றிற்கான பிணைப்பு ஆற்றல் = ?

தீர்வு : 26 புரோட்டான்களின் நிறை = 26 × 1.007825

= 26.20345 amu

30 நியூட்ரான்களின் நிறை = 30 × 1.008665

= 30.25995 amu

அணுக்கருத் துகள்களின்

மொத்த நிறை = 26.20345 + 30.25995

= 56.46340 amu

$_{26}Fe^{56}$ அணுக்கருவின் உண்மை நிறை = 55.9349 amu

∴ நிறைவழு = 56.4634 – 55.9349

= 0.5285 amu

ஆனால் 1 amu = 931 MeV

பிணைப்பு ஆற்றல் = 0.5285 × 931 = 492.0335 MeV

ஒரு அணுக்கருத் துகளுக்கான பிணைப்பு ஆற்றல்= $\frac{492.0335}{56}$ MeV

= 8.786 MeV

8.2 $_6C^{12}$ மற்றும் $_6C^{13}$ அணுக்கருக்களின் ஒரு அணுக்கருத் துகளுக்கான பிணைப்பு ஆற்றல்கள் முறையே 7.68 MeV மற்றும் 7.47 MeV என அமைகின்றன. $_6C^{13}$ அணுக்கருவில் இருந்து ஒரு நியூட்ரானை வெளியேற்றத் தேவையான ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : $_6C^{13}$ அணுக்கருவின் ஒரு அணுக்கருத் துகளுக்கான பிணைப்பு ஆற்றல் = 7.47 MeV

$_6C^{12}$ அணுக்கருவின் ஒரு அணுக்கருத் துகளுக்கான பிணைப்பு ஆற்றல் = 7.68 MeV

நியூட்ரானின் பிணைப்பு ஆற்றல் = ?

தீர்வு : அணுக்கரு வினையை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$_6C^{13} \rightarrow {}_6C^{12} + {}_0n^1$$

$_6C^{13}$ -ன் மொத்த பிணைப்பு ஆற்றல் = 7.47 x 13 = 97.11 MeV

$_6C^{12}$ -ன் மொத்த பிணைப்பு ஆற்றல் = 7.68 × 12 = 92.16 MeV

வினைபடு பொருள்களின் மொத்த பிணைப்பு ஆற்றல் = வினைவிளை பொருள்களின் மொத்த பிணைப்பு ஆற்றல்

$\therefore$ 97.11 MeV = 92.16 MeV + நியூட்ரானின் பிணைப்பு ஆற்றல்

$\therefore$ நியூட்ரானின் பிணைப்பு ஆற்றல் = 97.11 – 92.16

= 4.95 MeV

8.3 $_{92}U^{235}$ அணுக்கரு ஒன்று பிளவுறும்போது வெளிப்படும் ஆற்றல் 200 MeV எனக் கொண்டு, 1 watt திறனை உருவாக்க ஒரு வினாடியில் ஏற்படவேண்டிய பிளவுகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : ஒரு பிளவுக்கான ஆற்றல் = 200 MeV

தேவைப்படும் திறன் = 1 Watt = 1 J/s

ஒரு வினாடியில் ஏற்படும் பிளவுகளின் எண்ணிக்கை = ?

தீர்வு :

கொடுக்கப்பட்டுள்ள இரு ஆற்றல்களும் வெவ்வேறு அலகுகளில் உள்ளதால், அவற்றை ஒரே அலகாக மாற்ற வேண்டும்.

$\therefore$ 1 பிளவின் போது வெளிப்படும் ஆற்றல் = 200 MeV.

$= 200 \times 10^6$ eV

$= 200 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J   [$\because$ 1eV = 1.6×10^{-19} J]

$= 320 \times 10^{-13}$ joules

1 watt திறனை உருவாக்க, ஒரு வினாடியில் ஏற்படும் பிளவுகளின் எண்ணிக்கை N என்க.

ஒரு பிளவுக்கான ஆற்றல் × N = ஒரு வினாடியில் வெளிப்படும் மொத்த ஆற்றல்

$$\therefore\ 320 \times 10^{-13} \times N = 1\ J/s.$$

$$\therefore\ N = \frac{1}{320 \times 10^{-13}} = 3.125 \times 10^{10}$$ பிளவுகள்

1 **watt** திறனை உருவாக்க, ஒரு வினாடியில் ஏற்படும் பிளவுகளின் எண்ணிக்கை 3.125×10^{10} ஆகும்.

8.4 5 **milli curie** கதிரியக்கச் செயல்பாட்டை உருவாக்கும், α துகள்களின் மூலமாக அமைய, தேவையான Po^{210}ன் அளவைக் கணக்கிடுக. பொலோனியத்தின் $T_{1/2}$ = 138 நாள்கள்.

தகவல் : பொலோனியத்தின் $T_{1/2}$ = 138 நாள்கள்

$$\frac{dN}{dt} = 5 \text{ milli curie} = 5 \times 3.7 \times 10^{10} \times 10^{-3}$$ சிதைவுகள் / வினாடி

பொலோனியத்தின் அளவு = ?

தீர்வு : $\lambda = \frac{0.6931}{138}$ / நாள்

$$= \frac{0.6931}{138 \times 24 \times 60 \times 60}$$ /வினாடி

கதிரியக்கச் செயல்பாடு $\frac{dN}{dt}$ = 5 milli curie

$$= 5 \times 10^{-3} \times 3.7 \times 10^{10}$$

$$= 5 \times 3.7 \times 10^{7}$$ சிதைவுகள் / வினாடி

கதிரியக்கச் சிதைவு விதியின்படி,

$$\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

$$\therefore\ N = \frac{dN}{dt} \cdot \frac{1}{\lambda}$$

$$= \frac{5 \times 3.7 \times 10^{7} \times 24 \times 60 \times 60 \times 138}{0.6931}$$

$$= 3.1825 \times 10^{15}$$ அணுக்கள்

அவகாட்ரோவின் கொள்கைப்படி,

6.023×10^{23} அணுக்கள் = 210 g பொலோனியம்

$\therefore$ 3.1825×10^{15} அணுக்கள் = $\frac{210 \times 3.1825 \times 10^{15}}{6.023 \times 10^{23}} = 1.11 \times 10^{-6}$ g

$\therefore$ தேவைப்படும் பொலோனியத்தின் அளவு 1.11×10^{-6} g ஆகும்.

8.5 சிறு அளவு ரேடான் தனிமப் பொருள் 60% சிதைவடைய ஆகும் காலத்தைக் கணக்கிடுக. ரேடானின் $T_{1/2}$ = 3.8 நாள்கள்

தகவல் : ரேடானின் அரை ஆயுட்காலம் ($T_{1/2}$) = 3.8 நாள்கள்

சிதைவடையும் பொருளின் அளவு = 60%

எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் = ?

தீர்வு : $\lambda = \frac{0.6931}{3.8}$ / நாள்

சிதைவடையும் அளவு = 60%

எஞ்சியிருக்கும் அளவு = 40%

தொடக்கத்தில் உள்ள அளவு N_o என்க. கதிரியக்கச் சிதைவு விதியின்படி,

$N = N_o e^{-\lambda t}$

$N = N_o$-ல் 40% எனில்

$$\frac{40}{100} N_o = N_o e^{-\lambda t}$$

$$\therefore \quad e^{\lambda t} = \frac{10}{4}$$

$$\log_e 2.5 = \lambda \times t$$

$$\therefore \quad t = \frac{3.8}{0.6931} \times \log_{10} 2.5 \times 2.3026 = 5.022 \text{ நாள்கள்}$$

8.6 ${}_{13}Al^{27} + {}_{1}H^{2} \rightarrow {}_{12}Mg^{25} + {}_{2}He^{4}$ என்ற வினையில் வெளிப்படும் ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

கொடுக்கப்பட்டவை : ${}_{13}Al^{27}$ன் நிறை = 26.981535 amu

${}_{1}H^{2}$ ன் நிறை = 2.014102 amu

${}_{12}Mg^{25}$ ன் நிறை = 24.98584 amu

${}_{2}He^{4}$ ன் நிறை = 4.002604 amu

தகவல் : $_{13}Al^{27}$ ன் நிறை = 26.981535 amu

$_{1}H^{2}$ ன் நிறை = 2.014102 amu

$_{12}Mg^{25}$ ன் நிறை = 24.98584 amu

$_{2}He^{4}$ ன் நிறை = 4.002604 amu

வெளிப்படும் ஆற்றல் = ?

தீர்வு : வினைபடு பொருள்களின் நிறை = 26.981535 + 2.014102

= 28.995637 amu

வினைவிளை பொருள்களின் நிறை = 24.98584 + 4.002604

= 28.988444 amu

∴ வினையில் தோன்றும் நிறை மாறுபாடு = 28.995637 – 28.988444

= 0.007193 amu

1 amu = 931 MeV

∴ வினையில் வெளிப்படும் ஆற்றல் = 0.007193 × 931

= 6.697 MeV

8.7 1 kg அளவுள்ள $_{92}U^{235}$ பிளவுறும்போது வெளிப்படும் ஆற்றலைக் கணக்கிடுக. ஒரு பிளவுக்கான ஆற்றல் 200 MeV எனக் கொள்க. அவகாட்ரோ எண் = 6.023×10^{23} . உனது விடையை கிலோ வாட் மணியிலும் (kilowatt hour) தருக.

தகவல் : $_{92}U^{235}$ன் ஒரு பிளவுக்கான ஆற்றல் = 200 MeV

$_{92}U^{235}$ ன் அளவு = 1 kg

அவகாட்ரோ எண் = 6.023×10^{23}

வெளிப்படும் ஆற்றல் = ?

தீர்வு : ஒரு பிளவின்போது வெளிப்படும் ஆற்றல் = 200 MeV

அவகாட்ரோவின் கொள்கைப்படி,

235 g யுரேனியத்தில் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை

$= 6.023 \times 10^{23}$

∴ 1 kg (1000 g) யுரேனியத்தில் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை

$$= \frac{6.023 \times 10^{26}}{235}$$

∴ 1 kg யுரேனியம் பிளவுறும்போது வெளிப்படும் ஆற்றல்

$$E = \frac{6.023 \times 10^{26}}{235} \times 200 \text{ MeV}$$

$= 5.126 \times 10^{26}$ MeV

$= 5.126 \times 10^{26} \times 10^{6}$ eV

$= 5.126 \times 10^{32} \times 1.6 \times 10^{-19}$ J [$\because$ 1 eV=1.6×10^{-19} J]

1 கிலோவாட் மணி = 3.6×10^{6} joule

$$\therefore\ E = \frac{5.126 \times 10^{32} \times 1.6 \times 10^{-19}}{3.6 \times 10^{6}}\ \text{kWh}$$

$= 2.2782 \times 10^{7}$ kWh

8.8 $_{90}Th^{228}$ α–துகள் ஒன்றினை வெளிவிட்டு $_{88}Ra^{224}$ ஆக மாற்றம் அடைகிறது. வெளிப்படும் α–துகளின் இயக்க ஆற்றலைக் கணக்கிடுக. சிதைவு பின்வருமாறு குறிக்கப்படுகிறது.

$_{90}Th^{228} \rightarrow {}_{88}Ra^{224*} + \alpha$

$_{88}Ra^{224*} \rightarrow {}_{88}Ra^{224} + \gamma$ (217 keV)

கொடுக்கப்பட்டவை : $_{90}Th^{228}$ ன் நிறை = 228.028726 amu

$_{88}Ra^{224}$ ன் நிறை = 224.020196 amu

$_{2}He^{4}$ ன் நிறை = 4.002604 amu

தகவல் : $_{90}Th^{228}$ ன் நிறை = 228.028726 amu

$_{88}Ra^{224}$ ன் நிறை = 224.020196 amu

$_{2}He^{4}$ ன் நிறை = 4.002604 amu

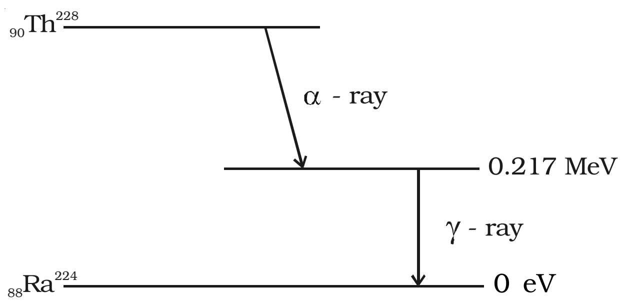
γ–கதிரின் ஆற்றல் = 217 keV

α–துகளின் ஆற்றல்= ?

தீர்வு :

தோரியத்தின் α–சிதைவை படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு குறிப்பிடலாம்.

$\therefore$ வினை விளை பொருள்களின் நிறை = 224.020196 + 4.002604



$= 228.022800$ amu

∴ நிறைவழு $= 228.028726 - 228.022800$

$= 0.005926$ amu

1 amu = 931 MeV

∴ α–துகளின் பெரும ஆற்றல்

$= 0.005926 \times 931$

$= 5.517$ MeV

இந்நிகழ்வில், வெளிப்படும் α துகளின் ஆற்றல் =

α துகளின் பெரும ஆற்றல் – γ–கதிரின் ஆற்றல்

$= 5.517 - 0.217$

α துகளின் ஆற்றல் $= 5.300$ MeV

8.9 1 kg அளவுள்ள U^{235} பிளவுறும்போது வெளிப்படும் ஆற்றலுக்குச் சமமான ஆற்றலைப் பெற தேவைப்படும் நிலக்கரியின் நிறையைக் கணக்கிடுக. கொடுக்கப்பட்டவை : நிலக்கரியின் எரிதலின் வெப்பம் = 33.6×10^6 J/kg, 1 டன் = 1000 kg. U^{235} ன் ஒரு பிளவுக்கான ஆற்றல் = 200 MeV. 1eV = 1.6×10^{-19} J. அவகாட்ரோ எண் N = 6.023×10^{23}.

தகவல் : ஒரு பிளவுக்கான ஆற்றல் = 200 MeV;

1 eV = 1.6×10^{-19} J

அவகாட்ரோ எண் N = 6.023×10^{23}

நிலக்கரியின் எரிதலின் வெப்பம் = 33.6×10^6 J/kg

நிலக்கரியின் நிறை = ?

தீர்வு : U^{235} ன் ஒரு பிளவுக்கான ஆற்றல் = 200 MeV

$= 200 \times 10^6$ eV

$= 200 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J

235 g U^{235} ல் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை = 6.023×10^{23}

∴ 1 kg (1000 g) U^{235} உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை

$$= \frac{6.023}{235} \times 10^{23} \times 1000$$

$$= \frac{6.023 \times 10^{26}}{235}$$

∴ 1 kg அளவுள்ள U^{235} பிளவுறும்போது வெளிப்படும் ஆற்றல்

$$= \frac{6.023 \times 10^{26}}{235} \times 200 \text{ x } 10^6 \text{ x } 1.6 \text{ x } 10^{-19} \text{ J}$$

$= 8.2016 \times 10^{13}$ J

நிலக்கரியின் எரிதலின் வெப்பம் $= 33.6 \times 10^6$ J /kg

1 kg அளவுள்ள U^{235} வெளிப்படுத்தும் ஆற்றலுக்குச் சமமான ஆற்றலைத் தரும் நிலக்கரியின் நிறை M என்க.

$$\therefore 33.6 \times 10^6 \times M = 8.2016 \times 10^{13} \text{ J}$$

$$\therefore M = \frac{8.2016 \times 10^{13}}{33.6 \times 10^6}$$

$$= 0.2441 \times 10^7 \text{ kg}$$

$$= 2.441 \times 10^6 \text{ kg}$$

1000 kg = 1 டன்

$\therefore 2.441 \times 10^6$ kg $= 2441 \times 10^3$ kg

= 2441 டன்

$\therefore$ 1 kg அளவுள்ள U^{235} பிளவுறும் போது வெளிப்படும் ஆற்றலுக்குச் சமமான ஆற்றலைப் பெற 2441டன் நிலக்கரி தேவைப்படுகிறது.

8.10 தொல்பொருளியல் கூடத்தில் இருந்து பெறப்பட்ட ஒரு எலும்புத்துண்டு நிமிடத்திற்கு 15 சிதைவுகளைத் தருகின்றது. அதே போன்ற புதிய எலும்பு ஒன்று நிமிடத்திற்கு 19 சிதைவுகளைத் தருகின்றது. மாதிரியின் (sample) வயதைக் கணக்கிடுக. $T_{1/2} = 5570$ ஆண்டுகள்.

தகவல் : புதிய மாதிரியின் சிதைவு வீதம், $N_o = 19$ சிதைவுகள் /நிமிடம்

எலும்புத் துண்டின் சிதைவு வீதம் N = 15 சிதைவுகள் /நிமிடம்

$T_{1/2} = 5570$ ஆண்டுகள்; மாதிரியின் வயது, t = ?

தீர்வு : $N = N_0 e^{-\lambda t}$

$$\lambda = \frac{0.6931}{5570}$$

$15 = 19\, e^{-\lambda t}$ அல்லது $e^{\lambda t} = \frac{19}{15}$

$\log e \frac{19}{15} = \lambda t$ அல்லது $t = \log e \frac{19}{15} \times \frac{1}{\lambda}$

$$t = \frac{5570}{0.6931} \times 2.3026 \times \log_{10} \frac{19}{15}$$

$$= \frac{5570}{0.6931} \times 2.3026 \times 0.1026$$

t = 1899 ஆண்டுகள்

தன் மதிப்பீடு

(இந்த தன் மதிப்பீட்டு பகுதியில், கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும் கணக்குகளும் மாதிரிகளே. இவற்றைப்போன்று, பாடப் பகுதியின் எந்த ஒரு வினாவையும் அல்லது கணக்கினையும் வடிவமைக்கலாம். மாணவ, மாணவியர் தன் மதிப்பீட்டுப் பகுதியிலிருந்து மட்டுமல்லாமல், பாடப் பொருளிலிருந்தும் வடிவமைக்கப்படக் கூடிய வினாக்களுக்கும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்)

8.1 $_4Be^8$ அணுக்கருவின் ஆரம்

(a) 1.3×10^{-15} m (b) 2.6×10^{-15} m

(c) 1.3×10^{-13} m (d) 2.6×10^{-13} m

8.2 $_{13}Al^{27}$ மற்றும் $_{14}Si^{28}$ என்ற அணுக்கருக்கள் எதற்கு எடுத்துக்காட்டாக அமையும்?

(a) ஐசோடோப்பு *(isotope)* (b) ஐசோபார் *(isobar)*

(c) ஐசோடோன் *(isotone)* (d) ஐசோமர் *(isomer)*

8.3 அணுக்கரு ஒன்றின் நிறை வழு *0.03 amu* எனில், அதன் பிணைப்பு ஆற்றல்

(a) 27.93 eV (b) 27.93 KeV

(c) 27.93 MeV (d) 27.93 GeV

8.4 அணுக்கருப் பிளவையை விளக்குவது

(a) கூடு மாதிரி (b) திரவத் துளிமாதிரி

(c) குவார்க் மாதிரி (d) போர் அணு மாதிரி

8.5 அணுக்கருவினுள் உள்ள அணுக்கருத் துகள்கள் எதனால் கவரப்படுகின்றன?

(a) ஈர்ப்பியல் விசை (b) நிலைமின்னியல் விசை

(c) அணுக்கரு விசை (d) காந்தவியல் விசை

8.6 பெரும அயனியாக்கும் திறனைப் பெற்றுள்ளவை

(a) நியூட்ரான்கள் (b) α − துகள்கள்

(c) γ − கதிர்கள் (d) β − துகள்கள்

8.7 சிதைவு மாறிலி 0.0693 / நாள் கொண்ட கதிரியக்கத் தனிமம் ஒன்றின் அரை ஆயுட்காலம்

(a) 10 நாள்கள் (b) 14 நாள்கள்

(c) 140 நாள்கள் (d) 1.4 நாள்கள்

8.8 விவசாயத்தில் பயன்படுத்தப்படும் கதிரியக்க ஐசோடோப்பு

(a) $_{15}P^{31}$ (b) $_{15}P^{32}$

(c) $_{11}Na^{23}$ (d) $_{11}Na^{24}$

8.9 அணுக்கருப் பிளவை ஒன்றில் வெளிப்படும் சராசரி ஆற்றல்

(a) 200 eV (b) 200 MeV

(c) 200 meV (d) 200 GeV

8.10 அணுகுண்டு வெடித்தலில் பயன்படும் தத்துவம்

(a) கட்டுப்பாடற்ற அணுக்கரு பிளவை வினை

(b) கட்டுப்பாடான அணுக்கரு பிளவை வினை

(c) அணுக்கரு இணைவு வினை

(d) வெப்ப அணுக்கரு வினை

8.11 இரத்தச் சோகையைக் கண்டறியப் பயன்படுவது

(a) $_{15}P^{31}$ (b) $_{15}P^{32}$

(c) $_{26}Fe^{59}$ (d) $_{11}Na^{24}$

8.12 $_{80}Hg^{198} + X \rightarrow {}_{79}Au^{198} + {}_{1}H^{1}$, என்ற அணுக்கரு வினையில் X என்பது எதனைக் குறிக்கும்?

(a) புரோட்டான் (b) எலக்ட்ரான்

(c) நியூட்ரான் (d) டியூட்ரான்

8.13 β –சிதைவின்போது

(a) அணு எண் ஒன்று குறையும்

(b) நிறை எண் ஒன்று குறையும்

(c) புரோட்டான் எண்ணிக்கை மாறுபடாது

(d) நியூட்ரான் எண்ணிக்கை ஒன்று குறையும்

8.14 ஐசோடோப்புகள் என்பவை

(a) ஒரே நிறை எண்ணையும் வேறுபட்ட அணு எண்ணையும் கொண்டவை.

(b) சமமான புரோட்டான் மற்றும் நியூட்ரான் எண்ணிக்கையைக் கொண்டவை.

(c) சமமான புரோட்டான் எண்ணிக்கையும் மாறுபட்ட நியூட்ரான் எண்ணிக்கையும் கொண்டவை.

(d) சமமான நியூட்ரான் எண்ணிக்கையும் மாறுபட்ட புரோட்டான் எண்ணிக்கையும் கொண்டவை

8.15 கதிரியக்கத் தனிமம் ஒன்று தொடக்க அளவில் $1/e$ மடங்காகக் குறைய எடுத்துக் கொள்ளும் காலம்

(a) அரை ஆயுட் காலத்தில் பாதி (b) சராசரி ஆயுட்காலம்

(c) அரை ஆயுட்காலத்தில் பாதி (d) சராசரி ஆயுட்காலத்தின் இருமடங்கு

8.16 N^{13} ன் அரை ஆயுட்காலம் *10.1* நிமிடங்கள். அதன் ஆயுட்காலம்

(a) 5.05 நிமிடங்கள் *(b) 20.2* நிமிடங்கள்

(c) $\frac{10.1}{0.6931}$ நிமிடங்கள் *(d)* முடிவிலி

8.17 ஒரு தனிமத்தின் நேர்மின் கதிர்கள், பெயின்பிரிட்ஜ் நிறைமாலையில் இரு வேறுபட்ட சுவடுகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இந்த நேர்மின் அயனிகள்

(a) ஒரே நிறையையும் வேறுபட்ட திசைவேகத்தையும் கொண்டிருக்கும்

(b) ஒரே நிறை மற்றும் திசைவேகத்தைக் கொண்டிருக்கும்

(c) வேறுபட்ட நிறை மற்றும் ஒரே திசைவேகத்தைக் கொண்டிருக்கும்

(d) வேறுபட்ட நிறை மற்றும் திசைவேகத்தைக் கொண்டிருக்கும்

8.18 ${}_{26}Fe^{56}$ அணுக்கருவின் பிணைப்பு ஆற்றல்

(a) 8.8 MeV *(b) 88 MeV*

(c) 493 MeV *(d) 41.3 MeV*

8.19 அணுக்கருவின் அடர்த்திக்கும், பாதரசத்தின் அடர்த்திக்கும் உள்ள விகிதம் சுமாராக

(a) 1.3×10^{10} *(b)* 1.3

(c) 1.3×10^{13} *(d)* 1.3×10^{4}

8.20 புரோட்டான் மற்றும் நியூட்ரான் எண்ணிக்கையின் அடிப்படையில் அணுக்கருக்கள் வகைப்படுத்தப்படுதலை எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக.

8.21 நிறை வழு மற்றும் பிணைப்பு ஆற்றல் ஆகியவற்றை விளக்குக.

8.22 அணு நிறை அலகிற்குச் சமமான ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

8.23 அனைத்து அணுக்கருக்களுக்கும் அணுக்கரு அடர்த்தி ஏறக்குறைய மாறிலியாக அமையும் எனக் காட்டுக.

8.24 நிறை எண்ணைப் பொருத்து பிணைப்பு ஆற்றல் மாறுபடும் விதத்தினை வரைபடத்துடன் விளக்குக. அதன் சிறப்புகளை விளக்குக.

8.25 பெயின்பிரிட்ஜ் நிறமாலைமானியின் தத்துவம் மற்றும் அதனைக் கொண்டு ஐசோடோப்புகளின் நிறைகளைக் காணும் முறை ஆகியவற்றை விவரி.

8.26 அணுக்கரு விசைகளின் வெவ்வேறு பண்புகளை விளக்குக.

8.27 கதிரியக்கத்தினை வரையறு.

8.28 சாடி மற்றும் ஃபஜன் ஆகியோரின் கதிரியக்கச் சிதைவு விதிகளைக் கூறி விளக்குக.

8.29 கதிரியக்கத் தனிமம் ஒன்றில் எந்தவொரு நேரத்திலும் உள்ள தனிமத்தின் அளவைக் கண்டறிவதற்கான கோவையைப் பெறுக.

8.30 அரை ஆயுட்காலம் மற்றும் சிதைவு மாறிலி இவைகளுக்கு இடைப்பட்ட

தொடர்பைப் பெறுக.

8.31 ஒரு கியூரி - வரையறு.

8.32 செயற்கை கதிரியக்கம் என்றால் என்ன?

8.33 கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளின் பயன்கள் யாவை?

8.34 கெய்கர் - முல்லர் எண்ணியின் அமைப்பையும், செயல்பாட்டையும் விளக்குக.

8.35 இயக்க ஆற்றலின் அடிப்படையில் நியூட்ரான்களை எவ்வாறு வகைப்படுத்தலாம்?

8.36 செயற்கைத் தனிம மாற்றம் என்றால் என்ன?

8.37 அணுக்கருவின் திரவத் துளி அமைப்பைக் கொண்டு அணுக்கரு பிளவையை எவ்வாறு விளக்கலாம்?

8.38 தெளிவான படத்துடன், அணுக்கரு உலையின் செயல்பாட்டை விளக்குக.

8.39 உற்பத்தி உலை என்பது யாது?

8.40 வெப்ப அணுக்கரு வினைகள் என்பவை யாவை?

8.41 விண்மீன் ஆற்றல் உருவாக்கத்தை கார்பன் - நைட்ரஜன் சுற்று மூலம் எவ்வாறு விளக்கலாம்?

8.42 காஸ்மிக் கதிர்கள் என்றால் என்ன?

8.43 காஸ்மிக் கதிர்களின் குறுக்குக்கோட்டு விளைவை விளக்குக.

8.44 காஸ்மிக் கதிர்களின் செறிவு எவ்வாறு குத்துயரத்தைப் பொருத்து மாறுபடுகின்றது என்பதை விளக்குக.

8.45 காஸ்மிக் கதிர் பொழிவு தோன்றும் முறையை விவரி.

8.46 அடிப்படைத் துகள்களை நான்கு வகைகளாக எவ்வாறு வகைப்படுத்தலாம்?

கணக்குகள்

8.47 $_{84}Po^{218}$ ன் அரை ஆயுட்காலம் 3 நிமிடங்கள். 15 நிமிடங்களில், அது சிதைவடைந்த விழுக்காடு என்ன?

8.48 $_{13}Al^{27}$ அணுக்கருவின் ஆரத்தைக் கணக்கிடுக.

8.49 இரு $_{1}H^{2}$ அணுக்கருக்கள் இணைந்து $_{2}He^{4}$ அணுக்கரு உருவாகும்போது வெளிப்படும் ஆற்றலைக் கணக்கிடுக. $_{1}H^{2}$ மற்றும் $_{2}He^{4}$ ஆகியவற்றின் ஒரு அணுக்கருத்துகளுக்கான பிணைப்பு ஆற்றல்கள் முறையே $1.1\ MeV$ மற்றும் $7.0\ MeV$ ஆகும்.

8.50 $_{20}Ca^{40}$ அணுக்கருவின் பிணைப்பு ஆற்றல் மற்றும் ஒரு அணுக்கருத் துகளுக்கான பிணைப்பு ஆற்றல் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக. கொடுக்கப் பட்டுள்ளவை : ஒரு புரோட்டானின் நிறை = $1.007825\ amu$; நியூட்ரானின் நிறை = $1.008665\ amu$; $_{20}Ca^{40}$ அணுக்கருவின் நிறை = $39.96259\ amu$

8.51 கீழ்வரும் வினையில் வெளிப்படும் ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

$_3Li^6 + {}_0n^1 \rightarrow {}_2He^4 + {}_1H^3$

$_3Li^6$ அணுக்கருவின் நிறை = $6.015126\ amu$

$_1H^3$ அணுக்கருவின் நிறை = $3.016049\ amu$

$_2He^4$ அணுக்கருவின் நிறை = $4.002604\ amu$

$_0n^1$ ன் நிறை = $1.008665\ amu$ எனக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

8.52 டிரிடியத்தின் அரை ஆயுட்காலம் 12.5 ஆண்டுகள். 25 ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு அதன் எவ்வளவு பகுதி எஞ்சியிருக்கும்?

8.53 கதிரியக்கச் செயல்பாடு 1 *curie* என்றிருக்கும் ரேடியத்தின் ($_{88}Ra^{226}$) நிறை ஏறக்குறைய 1 *g* எனக் காட்டுக. $T_{½} = 1600$ ஆண்டுகள்.
($1\ curie = 3.7 \times 10^{10}$ சிதைவுகள் / வினாடி)

8.54 கதிரியக்கத் தனிமம் ஒன்றின் சிதைவு மாறிலி 0.00231 /நாள். அதன் அரை ஆயுட்காலம் மற்றும் சராசரி ஆயுட்காலம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

8.55 ஒரு அணுக்கரு உலை $32\ MW$ என்ற வீதத்தில் ஆற்றலை உற்பத்தி செய்கின்றது எனில், ஒரு வினாடியில் $_{92}U^{235}$ ல் எத்தனை பிளவைகள் ஏற்பட வேண்டும் என்பதைக் கணக்கிடுக. ஒரு பிளவைக்கான ஆற்றல் $200\ MeV$ எனக் கருதுக.

8.56 குகை ஒன்றில் கண்டெடுக்கப்பட்ட கார்பன் அடங்கிய பொருளில் C^{14} அளவு, உயிரி ஒன்றில் உள்ளதைப்போல் $1/8$ பங்கு உள்ளது. அப்பொருளின் தோராயமான வயதினைக் கணக்கிடுக. ($_6C^{14}$ ன் $T½ = 5560$ ஆண்டுகள்)

8.57 $_{84}Po^{214}$ கதிரியக்க ஐசோடோப்பு அடுத்தடுத்து இரு α–சிதைவுகளையும், இரு β-சிதைவுகளையும் ஏற்படுத்தும்போது உருவாகும் ஐசோடோப்பின் அணு எண் மற்றும் நிறை எண்ணைக் கணக்கிடுக.

8.58 ரேடானின் அரை ஆயுட்காலம் 3.8 நாள்கள். அதன் சராசரி ஆயுட் காலத்தைக் கணக்கிடுக.

8.59 கதிரியக்கப் பொருளின் மாதிரி ஒன்று 5 நாள்களில் 50% சிதைவடைந்தால், 20 நாள்களுக்குப் பிறகு தொடக்க மாதிரியில் எவ்வளவு எஞ்சியிருக்கும்?

8.60 $_{92}U^{238}$ ஐசோடோப்பு, அடுத்தடுத்து மூன்று α-மற்றும் இரண்டு β-சிதைவுகளை அடைந்த பிறகு உருவாகும் ஐசோடோப்பு யாது?

8.61 பெயின்பிரிட்ஜ் நிறைமாலைமானி ஒன்றின் திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பானில் செயல்படும் மின் மற்றும் காந்தப்புலங்கள் முறையே $30\ kV/m$ மற்றும் $0.1\ tesla$ ஆகும். இதன் வழியே ஒரு முறை அயனியாக்கப்பட்ட மெக்னீசியம் அணுக்கள் செல்லும்போது, நிறை எண் $24,\ 25$ மற்றும் 26 கொண்ட மூன்று ஐசோடோப்புகளின் பாதைகளின் ஆரங்களைக் கணக்கிடுக. அயனிகளை விலக்கமடையச் செய்ய $0.5\ tesla$ காந்தத் தூண்டல் பயன்படுகிறது. ஒரு அணுக்கருத் துகளின் நிறை = $1.67 \times 10^{-27}\ kg$; அயனியின் மின்னூட்டம், $e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$.

விடைகள்

8.1	(b)	**8.2**	(c)	**8.3**	(c)	**8.4**	(b)
8.5	(c)	**8.6**	(b)	**8.7**	(a)	**8.8**	(b)
8.9	(b)	**8.10**	(a)	**8.11**	(c)	**8.12**	(c)
8.13	(d)	**8.14**	(c)	**8.15**	(b)	**8.16**	(d)
8.17	(c)	**8.18**	(c)	**8.19**	(c)		

8.47 96.875 %

8.48 3.9×10^{-15} m

8.49 23.6 MeV

8.50 341.8725 MeV; 8.5468 MeV

8.51 4.783 MeV

8.52 1/4

8.53 1.0107 g

8.54 $T_{1/2}$ = 300 நாள்கள்; τ = 432.9 நாள்கள்

8.55 1×10^{18} பிளவைகள் / வினாடி

8.56 16681 ஆண்டுகள்

8.57 அணு எண் 82 மற்றும் நிறை எண் 206

8.58 5.482 நாள்கள்

8.59 6.25%

8.60 $_{88}Ra^{226}$

8.61 R_1 = 0.1503 m ; R_2 = 0.1565 m ; R_3 = 0.1628 m.

9. குறைக்கடத்தி சாதனங்கள் மற்றும் அவற்றின் பயன்பாடுகள்

இரண்டாம் உலகப் போருக்கு முந்தைய ஆண்டுகளில், மின் சைகை உருவாக்கம், பெருக்கம், மற்றும் பரப்புதல் நிகழ்வுகளில் வெற்றிடக் குழாய்கள் பயன்பட்டு வந்தன. 1944ல் டிரான்சிஸ்டர் கண்டறியப்பட்ட பிறகும், அதைத் தொடர்ந்து, டிரான்சிஸ்டர் மற்றும் திண்ம நிலைக் கருவிகளில் ஏற்பட்ட வளர்ச்சியினாலும், பலதுறைப் பயன்பாடுகளில் வெற்றிடக் குழாய்கள், திண்ம நிலைக் கருவிகளால் மாற்றியமைக்கப்பட்டுள்ளன. திண்ம நிலை எலக்ட்ரானியல் கருவிகள், முக்கியமாக குறைக்கடத்திப் பொருள்களைக் கொண்டுள்ளன. இப்பாடப் பிரிவில், சில குறைக் கடத்திச் சாதனங்கள் மற்றும் அவற்றின் பயன்பாடுகள் விளக்கப்பட்டுள்ளன.

9.1 குறைக் கடத்திகள்

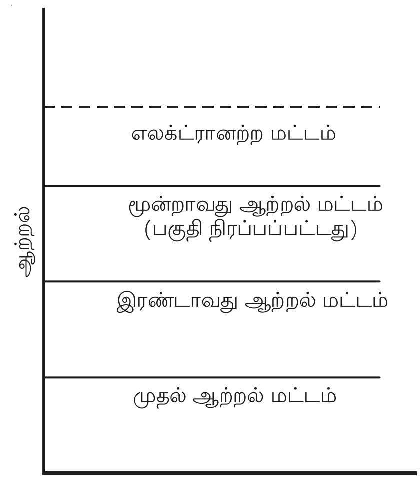
ஜெர்மானியம், சிலிக்கன் போன்ற சில பொருள்களின் மின்தடை எண், தாமிரம் போன்ற நற்கடத்திகளுக்கும், கண்ணாடி போன்ற காப்பான்களுக்கும் இடைப்பட்ட மதிப்பாகும். இவ்வகைப் பொருள்கள் குறைக்கடத்திகள் என்றழைக்கப்படுகின்றன. கடத்திகளுக்கும், காப்பான்களுக்கும் இடையே மின்தடை எண்ணைப் பெற்றுள்ள பொருள் குறைக்கடத்தி எனப்படும். அறை வெப்பநிலையில் குறைக்கடத்தி ஒன்றின் மின்தடை எண்ணின் மதிப்பு ஏறத்தாழ 10^{-2} க்கும் $10^{4}\ \Omega\,\mathrm{m}$-க்கும் இடையில் அமையும். குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை வீச்சிற்கு குறைக்கடத்தியின் மின்தடையானது, வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது குறைகிறது. இத்தன்மையானது உலோகக் கடத்தி ஒன்றின் வெப்பநிலை அதிகரிக்க, மின்தடை அதிகரிக்கும் என்ற பண்பிற்கு , முரண்பாடாக அமைகிறது.

Ge, Si, In போன்றவை குறைக்கடத்திகளாக வகைப்படுத்தப்பட்ட தனிமங்கள் ஆகும். ஜெர்மானியம் மற்றும் சிலிக்கன் பெருமளவு குறைக்கடத்திகளாக பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

9.1.1 திண்மங்களில் ஆற்றல் பட்டைகள்

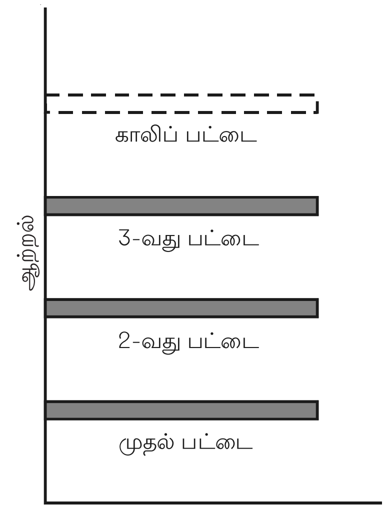
தனிமைப்படுத்தப்பட்ட ஒற்றை அணுவில், பல்வேறு தனித்தனியான ஆற்றல் மட்டங்கள் உள்ளன. திண்மங்களில் அணுக்களானது அணிக்கோவைத் தளத்தில் ஒழுங்கான முறையில் அமைக்கப்பட்டு, ஒவ்வொரு அணுவும் அண்டை அணுக்களின் தாக்கத்திற்கு உட்பட்டும் உள்ளன. அணுக்களின் நெருக்கமானது, அண்டை அணுக்களில் எலக்ட்ரான்களின் உட்கலப்பினை (Intermixing) விளைவிக்கின்றன. இதனால் அனுமதிக்கப்பட்ட ஆற்றல் மட்டங்களின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கிறது. எனவே, திண்மங்களில் தனிப்பட்ட அணுவுடன் தொடர்புடைய, தனித்த ஆற்றல் மட்டத்திற்குப்

பதிலாக ஆற்றல் மட்டங்களின் பட்டைகள் இடம் பெறுகின்றன. நெருக்கமாக அமைந்த இத்தகைய ஆற்றல் மட்டங்களின் தொகுப்பே ஆற்றல் பட்டை என்றழைக்கப்படுகிறது. ஆற்றல் மட்டங்களின் பட்டைகள் என்பன தனித்த அணுவிற்கல்லாமல், திண்மம் முழுமைக்கும் பொருந்துவ தாகும்.



படம் 9.1a தனித்த ஒற்றை அணுவின் ஆற்றல் மட்டங்கள்

ஆற்றல் பட்டைகள் பற்றிய கருத்தினை, படத்திலிருந்து எளிதாகப் புரிந்து கொள்ளலாம் (படம் 9.1a & b). சிலிக்கனின் தனித்த ஒற்றை அணுவின் ஆற்றல் மட்டங்கள் படம் 9.1a-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு சிலிக்கன் அணுவும் 14 எலக்ட்ரான் களைப் பெற்றுள்ளது. இந்த எலக்ட்ரான்கள் K கூட்டில் 2-ம், L கூட்டில் 8-ம் மற்றும் M கூட்டில் 4-மாக உள்ளன. 3s உட்கூட்டில் 2-ம், 3p உட்கூட்டில் 2-மாக, M கூட்டின் நான்கு எலக்ட்ரான்களும் பகிர்ந்தளிக்கப்பட்டுள்ளன. மொத்தம் 6 எலக்ட்ரான்களை பெறக்கூடிய 3p உட்கூடு பகுதியாகவே (partially) நிரப்பப்பட்டுள்ளது. முழுவதுமாக எலக்ட்ரான்களால் நிரப்பப்பட்ட மட்டங்கள் உள்ளக மட்டங்கள் (core levels) எனவும் இவற்றை நிரப்பும் எலக்ட்ரான்கள் உள்ளக எலக்ட்ரான்கள் எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. வெளிப்புறக் கூட்டில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள் எனவும், பகுதியாக நிரப்பப்பட்ட வெளிப்புற மட்டம், இணைதிறன் மட்டம் எனவும், காலியாகவுள்ள அனுமதிக்கப் பட்ட மட்டங்கள் கடத்து மட்டங்கள் எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன.



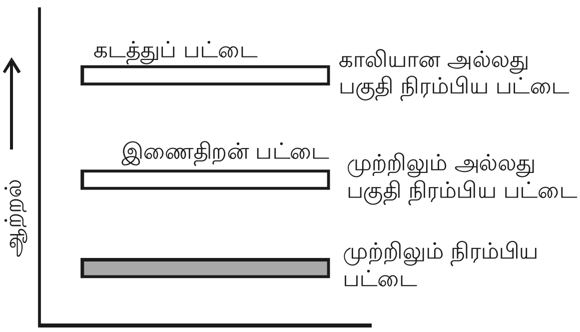
படம் 9.1b திண்மத்தின் ஆற்றல் பட்டைகள்

திண்மம் ஒன்றில், ஒன்றுக்கொன்று மிக நெருக்கமாக அமைந்த அதிக எண்ணிக்கையிலான அணுக்கள் உள்ளன. s அல்லது p மட்டங்களின் ஆற்றல் eV அளவில் உள்ளதால், அவை மிக நெருக்கமாக அமைந்துள்ளன. முதல் கூட்டில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் உருவாக்கும் ஆற்றல் பட்டை, முதல் ஆற்றல் பட்டை என அழைக்கப்படுகிறது. இது போல் இரண்டாவது

கூட்டில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் உருவாக்குவது இரண்டாவது ஆற்றல் பட்டை, மற்றும் அதற்கு மேலும் பட்டைகள் உருவாவதை படம் 9.1b-ல் காட்டப் -பட்டுள்ளது.

9.1.2 இணைதிறன் பட்டை, கடத்துப் பட்டை மற்றும் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி

திண்மத்தின் அணுக்கள், ஒழுங்கான, திரும்பத் திரும்ப வருமாறு, வடிவியல் அமைப்பு பெறுமாறு அமையப் பெற்றிருக்கும். அணுவில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள், அனுமதிக்கப்பட்ட ஆற்றல் மட்டங்களில், அணுக்கருவைச் சுற்றி வருகின்றன. உட்புறக் கூடுகளில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் அணுக்கருவுடன் வலுவான பிணைப்பில் உள்ளன. இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களால் நிரப்பப்பட்டுள்ள பட்டை அல்லது உயர் ஆற்றல் பெற்றுள்ள பட்டை, இணைதிறன் பட்டை (படம் 9.2) என வரையறுக்கப்படுகிறது. இணைதிறன் பட்டை பகுதியாகவோ அல்லது முழுமையாகவோ நிரப்பப்பட்டிருக்கலாம். ஆனால் ஒரு போதும் காலியாக (empty) இராது.



படம் 9.2 இணைதிறன் பட்டை மற்றும் கடத்துப் பட்டை

சில பொருள்களில், இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள் அணுக்கருவுடன் தளர்வான பிணைப்பில் உள்ளதால், அறை வெப்பநிலையிலேயே சில எலக்ட்ரான்கள் இணைதிறன் பட்டையை விட்டு வெளியேறுகின்றன. இந்த எலக்ட்ரான்கள் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் என்றழைக்கப்படுகின்றன. இவை, ஒரு கடத்தியின் மின்னோட்டக் கடத்தலுக்குக் காரணமாதலால், அவை கடத்தும் எலக்ட்ரான்கள் என்றும், இந்த எலக்ட்ரான்களால் நிரப்பப்பட்டுள்ள பட்டை கடத்துப் பட்டை என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. இந்தப் பட்டை காலியான பட்டையாகவோ அல்லது பகுதி நிரப்பப்பட்ட பட்டையாகவோ அமையலாம்.

இணைதிறன் பட்டைக்கும், கடத்துப் பட்டைக்கும் இடையேயான இடைவெளி, விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி எனப்படும். இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துப் பட்டைக்கு ஒரு எலக்ட்ரான் மாற்றப்பட வேண்டுமானால், விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளிக்குச் சமமான, வெளிப்புற ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது.

9.1.3 காப்பான்கள், குறைக்கடத்திகள் மற்றும் கடத்திகள்

காப்பான்கள்

காப்பானில் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி மிக அதிகமாக இருக்கும் (படம் 9.3a). பொதுவாக, காப்பான்களில் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல்

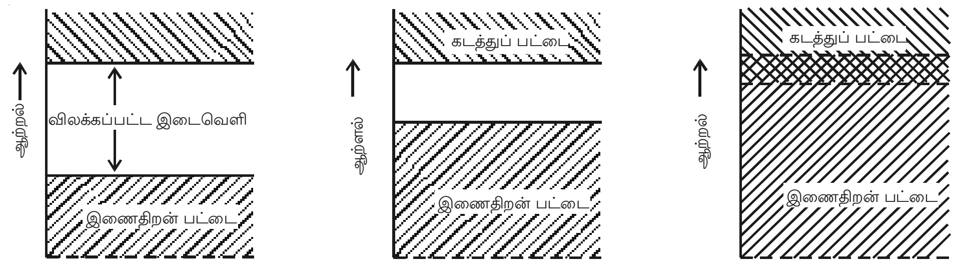
இடைவெளி 3eVக்கு அதிகமாக இருக்கும். கடத்துவதற்கு, எலக்ட்ரான்கள் இருக்காது. எனவே, இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துப் பட்டைக்கு எலக்ட்ரான்கள் செல்ல வேண்டுமெனில் மிக அதிக அளவிலான ஆற்றல் தரப்பட வேண்டியுள்ளது. கண்ணாடி போன்ற பொருள்களில் 0 K வெப்பநிலையில் இணைதிறன் பட்டை முழுமையும் நிரம்பியுள்ளது. இணை திறன் பட்டைக்கும், கடத்துப் பட்டைக்கும் இடையிலான ஆற்றல் இடைவெளி 10eV அளவில் உள்ளதால், உயர் மின்புலம் கொடுக்கப்பட்ட போதிலும் இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துப் பட்டைக்கு எலக்ட்ரான்கள் நகர முடிவதில்லை. எலக்ட்ரானுக்கு மிக அதிகமாக ஆற்றல் கொடுக்கப்படின், விலக்கப்பட்ட இடைவெளியை அது கடக்கும். வெப்பநிலையை உயர்த்தும்போது சில எலக்ட்ரான்கள் கடத்துப் பட்டைக்கு நகருகின்றன. அறை வெப்பநிலையில் காப்பான்களாக உள்ள சில பொருள்கள், உயர் வெப்பநிலையில் கடத்திகளாக மாறுவதற்கு இதுவே காரணமாகும். காப்பான்களின் மின்தடை எண் மதிப்பு ஏறத்தாழ 10^{11}லிருந்து 10^{16} $\Omega\,m$-வரை இருக்கும்.

குறைக்கடத்திகள்

குறைக்கடத்திகளில் (படம் 9.3b) விலக்கப்பட்ட இடைவெளி மிகவும் குறைவு ஆகும். ஜெர்மானியம், சிலிக்கன் குறைக்கடத்திகளுக்கு சிறந்த எடுத்துக்காட்டுகளாகும். ஜெர்மானியத்தின் விலக்கப்பட்ட இடைவெளியின் ஆற்றல் 0.7eV அளவிலும், Si-க்கு 1.1 eV ஆகவும் உள்ளது. 0K யில் கடத்துப் பட்டை முழுவதும் காலியாகவும், இணைதிறன் பட்டை முழுமையாக நிரப்பப்பட்டும் இருக்கும். சிறிய அளவு ஆற்றல் அளிக்கப்பட்டவுடன், எலக்ட்ரான்கள் இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துப் பட்டைக்கு எளிதாகத் தாவுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, வெப்பநிலையை அதிகரித்தால், விலக்கப்பட்ட இடைவெளி குறைந்து, சில எலக்ட்ரான்கள் கடத்துப் பட்டைக்குள் விடுவிக்கப்படுகின்றன. குறைக்கடத்தியின் மின்கடத்து திறன் 10^{2} mho m^{-1} அளவில் உள்ளது.

கடத்திகள்

கடத்திகளில் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி இருப்பதில்லை. இணைதிறன் மற்றும் கடத்துப் பட்டைகள் ஒன்றோடொன்று மேற்பொருந்தியுள்ளன (படம் 9.3c).



***(a)* காப்பான்கள்** ***(b)* குறைக்கடத்திகள்** ***(c)* கடத்திகள்**

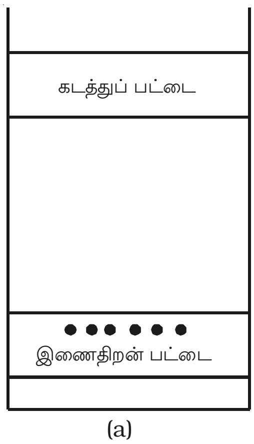
படம் 9.3 திண்மங்களில் ஆற்றல் பட்டைகள்

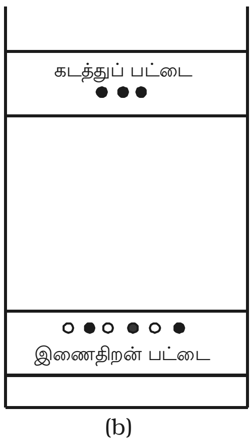
இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து, கடத்துப் பட்டைக்கு எலக்ட்ரான்கள் தடையின்றி நுழைகின்றன. இணைதிறன் பட்டை மற்றும் கடத்துப் பட்டை ஒன்றோடொன்று மேற்பொருந்துவதால், மிகக் குறைவான மின்னழுத்த வேறுபாடானது, தொடர்ச்சியான மின்னோட்ட இயக்கத்தை ஏற்படுத்துகிறது.

9.1.4 குறைக்கடத்திகளில் எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் மின் துளைகள்

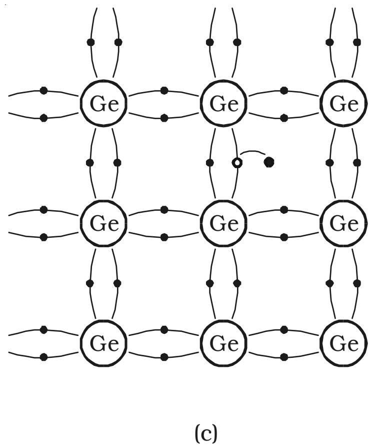
ஒரு உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்தி (தூய குறைக்கடத்தி) ஒன்றின் ஆற்றல் பட்டையை படம் 9.3b காட்டுகிறது. படம் 9.4a மற்றும் படம் 9.4 b-ல் முறையே தனிச்சுழி மற்றும் அறை வெப்பநிலைகளில் மின்னூட்ட ஊர்திகளின் நிலை குறிப்பிடப் பட்டுள்ளது.

அதிக வெப்பநிலையில், கடத்துப் பட்டைக்குச் செல்லும் உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்தியின் எலக்ட்ரான்கள், உள்ளார்ந்த ஊர்திகள் (Intrinsic carriers) என்றழைக்கப்படுகின்றன. இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து, கடத்துப் பட்டைக்கு எலக்ட்ரான் சென்றபின், எலக்ட்ரான் இருந்த இடத்தில் உருவாக்கப்படும் காலியிடம் மின் துளை என்றழைக்கப்படுகிறது. படம் 9.4c மின்துளை உருவாவதைப் புரிந்துகொள்ள உதவும். தூய ஜெர்மானியப் படிகத்தைக் கருதுவோமானால் அது வெளிப்புற அல்லது இணைதிறன் கூட்டில் 4 எலக்ட்ரான்களைப் பெற்றுள்ளது. இந்த எலக்ட்ரான்கள் இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள் எனப்படும். இரு ஜெர்மானிய அணுக்கள் அருகருகே கொண்டு வரப்பட்டால், அணுக்களுக்கிடையே சக பிணைப்பு உருவாகிறது. கூடுதலாக சிறிது ஆற்றல் பெறும்போது சக பிணைப்பிலுள்ள எலக்ட்ரான்களில் பிணைப்பை முறித்துக் கொண்டு படிகத்தின் அணிக் கோவைகளில் நகர ஏதுவாகிறது. பிணைப்பிலிருந்து எலக்ட்ரான் வெளியேறும்போது, அதன் இடத்தில் துளை ஒன்று





படம் 9.4 a&b *குறைக்கடத்திகளில் எலக்ட்ரான்களும் மின்துளைகளும்*



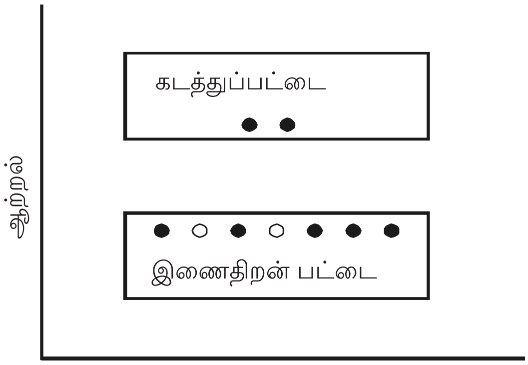
படம் 9.4c *மின்துளை உருவாதல்*

உருவாக்கப்படுகிறது. இது திறந்த வட்டத்தால் குறிக்கப்படுகிறது. அருகிலுள்ள அணுவின் எலக்ட்ரான், சக பிணைப்பை முறித்துக் கொண்டு, இத்துளையை நிரப்பும்

போது மற்றொரு இடத்தில் மின்துளை உருவாக்கப்படுகிறது. எலக்ட்ரான், ஓரலகு எதிர் மின்னூட்டத்தைப் பெற்றிருப்பதால், மின்துளையானது ஓரலகு நேர் மின்னூட்டத்துடன் ஒருங்கிணைகிறது. மின்துளையின் முக்கியத்துவம் யாதெனில் கட்டுறா எலக்ட்ரான்களைப் போன்றே, மின்துளைகளும் எதிர் திசையில் மின்னோட்ட ஊர்திகளாகச் செயல்படுகின்றன.

9.1.5 உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்தி

ஒரு தூய, மாசற்ற, குறைக் கடத்தி உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்தி எனப்படும். உள்ளார்ந்த குறைக் கடத்தியில், கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் மின் துளைகளின் எண்ணிக்கை சமமாகும். தூய ஜெர்மானியம் மற்றும் சிலிக்கன் உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்திகளுக்கு பொதுவான எடுத்துக்காட்டு களாகும். இவற்றின் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி மிகக் குறைவாக இருப்பதால், அறை வெப்ப நிலையிலும்கூட, இவ்விடை வெளியைக் கடந்து கடத்துப்பட்டையை அடைவதற்குப் போதுமான ஆற்றலைப் பெற்றுள்ள பல எலக்ட்ரான்கள் இவற்றில் உள்ளன. அறை வெப்பநிலையில் ஒரு உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்தியின் ஆற்றல் பட்டை படம் 9.5ல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.5 உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்திகள்-ஆற்றல் பட்டை

9.1.6 குறைக்கடத்தியின் மாசூட்டல்

வெப்ப ஆற்றல் அல்லது ஒளியாற்றலைக் கொண்டு, ஒரு குறைக்கடத்தி படிகத்தினுள் எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் மின் துளைகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இவற்றின் மின்கடத்து திறன் மிகவும் குறைவாகவே உள்ளது. இவற்றை உருவாக்குவதற்கான சிறந்த மற்றும் எளிதான வழிமுறை யாதெனில், தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட மிகச்சிறிய அளவிலான மாசுக்களை படிகத்தினுள் சேர்ப்பதாகும். மாசானது 100 **ppm (parts per million)** என்ற அளவில் சேர்க்கப்பட வேண்டும். உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்தியினுள் மிகச் சிறிய அளவிலான மாசுச் சேர்க்கை நிகழ்வு மாசூட்டல் **(doping)** எனப்படும். இந்த மாசு அணுக்கள் மாசூட்டிகள் **(dopants)** என்றழைக்கப்படுகின்றன. மாசு அணுக்களைப் பெற்றுள்ள குறைக்கடத்தி, தூய்மையற்ற அல்லது மாசூட்டப்பட்ட அல்லது புறவியலான குறைக்கடத்தி என்றழைக்கப்படும்.

குறைக்கடத்தி ஒன்றை மாசூட்டுவதற்கு மூன்று வெவ்வேறான வழிமுறைகள் உள்ளன. **(i)** குறைக்கடத்தியின் உருகிய நிலையில், அதனுடன் மாசு அணுக்களைச் சேர்த்தல். **(ii)** மாசு அணுக்களின் அயனிகளால் குறைக்கடத்தியை மோதச்

செய்தல். **(iii)** மாசு அணுக்களைக் கொண்டுள்ள குறைக்கடத்தி படிகம் வெப்பப்படுத்தப்படும்போது, மாசு அணுக்கள் வெப்பப் படிகத்தினுள் விரவுதல்.

வழக்கமாக, மாசூட்டும் பொருள் ஐந்து இணைதிறன் அணுக்களாகவோ (பிஸ்மத், ஆன்டிமணி, பாஸ்பரஸ், ஆர்சனிக்) அல்லது மூன்று இணைதிறன் அணுக்களாகவோ (அலுமினியம், கேலியம், இண்டியம், போரான்) இருக்கும். தூய குறைக்கடத்தியின் கடத்துப் பட்டைக்கு ஒரு எலக்ட்ரானை அளிப்பதால் ஐந்து இணைதிறன் கொண்ட மாசு அணு, கொடை அணு **(donar atom)** எனவும், தூய குறைக்கடத்தி அணுவிலிருந்து ஒரு எலக்ட்ரானை ஏற்றுக் கொள்வதால் மூன்று இணைதிறன் கொண்ட மாசு அணு, ஏற்பான் அணு **(acceptor atom)** எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

9.1.7 புறவியலான குறைக்கடத்தி

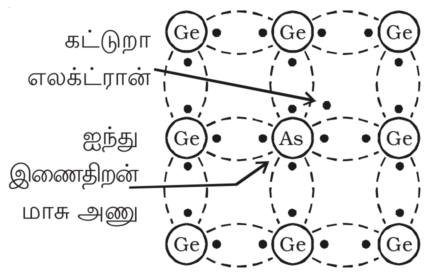
ஒரு குறைக்கடத்தியின் மின்கடத்தும் திறனை அதிகரிக்கச் செய்யும் பொருட்டு, அதனுடன், குறைக்கடத்தியின் இணைதிறனைவிட அதிகமான அல்லது குறைவான இணைதிறன் பெற்றுள்ள மாசு அணுக்கள் சேர்க்கப்பட்டு பெறப்படும் குறைக்கடத்தி புறவியலான குறைக்கடத்தி எனப்படும்.

புறவியலான குறைக்கடத்தி, அதனுடன் சேர்க்கப்படும் மாசு அணுக்களைப் பொருத்து N வகை மற்றும் P வகை என வகைப்படுத்தப்படுகிறது.

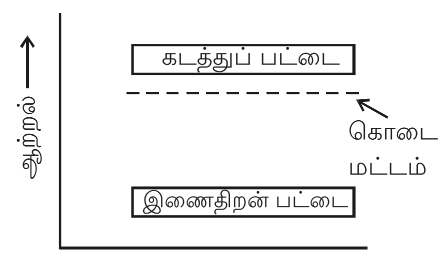
(a) N- வகை குறைக்கடத்தி

ஆர்சனிக் போன்ற ஐந்து இணைதிறன் கொண்ட சிறிய அளவிலான மாசினை, தூய ஜெர்மானிய குறைக்கடத்தி படிகத்துடன் சேர்க்க, கிடைக்கப் பெறும் படிகம் N-வகை குறைக்கடத்தி என்றழைக்கப்படுகிறது.

தூய ஜெர்மானியப் படிகத்துடன், ஐந்து இணைதிறன் கொண்ட ஆர்சனிக் மாசுவைச் சேர்ப்பதால் கிடைக்கப்பெறும் படிகத்தின் வடிவமைப்பை படம் 9.6a காட்டுகிறது. ஆர்சனிக் அணுவின் நான்கு இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள், அருகில் உள்ள நான்கு ஜெர்மானியம் அணுக்களின் எலக்ட்ரான்களுடன் சகபிணைப்பை உருவாக்குகின்றன. ஆர்சனிக் அணுவின் ஐந்தாவது எலக்ட்ரான் தளர்வான பிணைப்பில் உள்ளது. இந்த எலக்ட்ரான், ஒரு கடத்தியினுள் செல்லும் எலக்ட்ரான் போன்று, எளிதில்



*படம் 9.6**a** **N**- வகை குறைக்கடத்தி*



*படம் 9.6**b** **N**-வகை குறைக்கடத்தியின் ஆற்றல் பட்டை*

நகர்வதால் இது மின்னோட்ட ஊர்தியாகச் செயல்படுகிறது. ஆற்றல் பட்டை படத்தில், ஐந்தாவது இணைதிறன் எலக்ட்ரானின் ஆற்றல் மட்டம், விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளியில், கடத்துப் பட்டைக்குச் சற்று கீழே அமைந்துள்ளது (படம் 9.6b). இம்மட்டம் கொடை அணு ஆற்றல் மட்டம் (donar level) எனப்படும்.

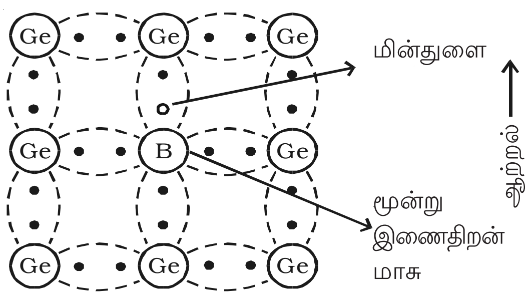
இந்த ஐந்தாவது இணைதிறன் எலக்ட்ரான் கடத்துப்பட்டைக்கு மாற்றப்படும்போது, ஆர்சனிக் அணு இயக்கமற்ற நேர் அயனியாக மாறுகிறது. ஒவ்வொரு மாசு அணுவும், ஓர் எலக்ட்ரானைக் குறைக்கடத்திற்கு அளிக்கிறது. இவ்வகை மாசு அணுக்கள் கொடை அணுக்கள் எனப்படும்.

உள்ளார்ந்த குறைக்கடத்தியில் உள்ள மின்னூட்ட ஊர்திகளின் எண்ணிக்கையுடன் ஒப்பிட, N-வகை குறைக்கடத்தியில் எலக்ட்ரான்கள் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கிறது, ஏனெனில், கிடைக்கப்பெற்ற அதிகப்படியான எலக்ட்ரான்கள், எலக்ட்ரான்களும் மின் துளைகளும் இணைகின்ற வேகத்தை அதிகப்படுத்துகின்றன. எனவே, N-வகை குறைக்கடத்தியில் பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள் கட்டுறா எலக்ட்ரான்களாகவும், சிறுபான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள் மின்துளைகளாகவும் உள்ளன.

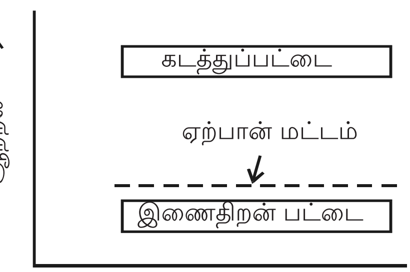
(b) P - வகை குறைக்கடத்தி

மூன்று இணைதிறன் கொண்ட சிறு அளவிலான மாசினை (இண்டியம், போரான் அல்லது கேலியம் போன்றவை) தூய குறைக்கடத்திப் படிகத்துடன் சேர்ப்பதால் கிடைக்கப் பெறும் படிகம் P- வகை குறைக்கடத்தி என்றழைக்கப்படுகிறது.

தூய ஜெர்மானியப் படிகத்துடன், மூன்று இணைதிறன் கொண்ட போரான் மாசுவைச் சேர்க்கும் போது கிடைக்கப்பெறும் படிக அமைப்பை படம் 9.7a காட்டுகிறது. போரானின் மூன்று இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள் அருகிலுள்ள மூன்று ஜெர்மானியம் அணுக்களின் இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களுடன் சகபிணைப்பை உருவாக்குகின்றன. நான்காவது சகபிணைப்பில் ஜெர்மானிய அணுவின் ஒரே ஒரு எலக்ட்ரான் மட்டுமே பங்கேற்கிறது. மேலும், ஒரு எலக்ட்ரான் பற்றாக்குறையாக உள்ளது. எலக்ட்ரான் தேவைப்படும் இடத்தை மின்துளைகள் என்கிறோம். எனவே, ஒவ்வொரு போரான் அணு சேர்க்கப்படும்போதும் ஒரு மின்துளை



படம் 9.7**a** **P**-வகைக் குறைக்கடத்தி



படம் 9.7**b** **P**-வகைக் குறைக்கடத்தியில் ஆற்றல் பட்டை

உருவாக்கப்படுகிறது. மின் துளைகள் அனைத்தும் அருகிலுள்ள எலக்ட்ரான்களை ஏற்குமாதலால், இம்மாசுவை ஏற்பான் அணு என்கிறோம். இத்துளையானது அண்டை அணுக்களின் எலக்ட்ரான் மூலம் நிரப்பப்பட்டு, எலக்ட்ரான் இடம் பெயர்ந்த இடத்தில் மின் துளைகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இந்நிகழ்வு மேலும் தொடர்ந்து, வெப்ப விளைவின் காரணமாக, மின் துளைகள் தன்னிச்சையான போக்கில் நகருகின்றன. மின்துளையானது, ஒரு நிலையிலிருந்து மற்றொரு நிலைக்கு நகரும் நேர் மின்னூட்டத்தைப் பெற்றிருப்பதால், இது P- வகை குறைக்கடத்தி என்றழைக்கப்படுகிறது. P- வகை குறைக்கடத்தியில் ஏற்பான் மாசானது, இணை திறன் பட்டைக்குச் சற்று மேலே ஆற்றல் மட்டத்தை உருவாக்குகிறது (படம் 9.7b).

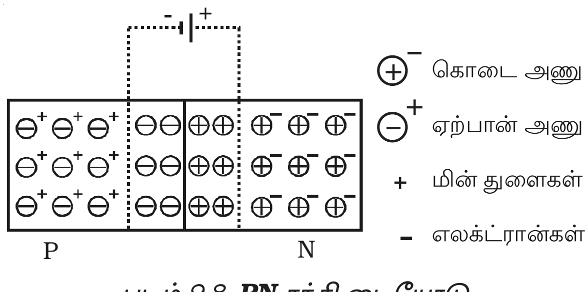
ஏற்பான் அணுவின் ஆற்றல் மட்டத்திற்கும், இணைதிறன் பட்டைக்கும் இடையே உள்ள ஆற்றல் வேறுபாடு மிகக்குறைவாக இருப்பதால், வெப்பக் கிளர்ச்சியினால், இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் ஏற்பான் நிலைக்கு மிக எளிதாகத் தாவுகின்றன.

P-வகை குறைக்கடத்திகளில் மின்துளைகள், பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகளாகவும் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள், சிறுபான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகளாகவும் உள்ளன.

9.2 **PN** சந்தி டையோடு

தூய ஜெர்மானியம் குறைக்கடத்தியின் ஒற்றைப்படிகம் ஒன்றின் (Ge or Si) ஒருபுறம் ஏற்பான் மாசு அணுக்களாலும் மறுபுறம் கொடை மாசு அணுக்களாலும் மாசூட்டப்படுவதால் PN சந்தி உருவாகிறது (படம் 9.8). P–பகுதி அதிக எண்ணிக்கையில் மின்துளைகளையும், N–பகுதி அதிக எண்ணிக்கையில் எலக்ட்ரான்களையும் பெற்றுள்ளன.

சந்தி உருவாக்கப்பட்டவுடன், விரவல் நிகழ்வதால், மின் துளைகளும், கட்டுறா எலக்ட்ரான்களும் சந்தியைக் கடக்கின்றன. இந்நிகழ்வின் போது N-பகுதியிலிருந்து P–பகுதிக்குச் சந்தியைக் கடந்து செல்லும் எலக்ட்ரான்கள் சந்திக்கு அருகில் P-பகுதியில் உள்ள துளைகளுடன் ஒன்றிணைகின்றன. இதுபோன்று மின்துளைகள் சந்தி வழியே P-பகுதியிலிருந்து N-பகுதிக்குச் சென்று சந்திக்கு அருகில் N-பகுதியில் உள்ள எலக்ட்ரான்களுடன் ஒன்றிணைகின்றன. இதனால் சந்திக்கு இருபுறமும் இயக்க மின்னூட்டங்களற்ற பகுதி உருவாக்கப்படுகிறது. இப்பகுதி இயக்ககமில்லாதப் பகுதி (depletion region) என்றழைக்கப்படுகிறது. ஆகவே, சந்திக்கு இடதுபுறம்



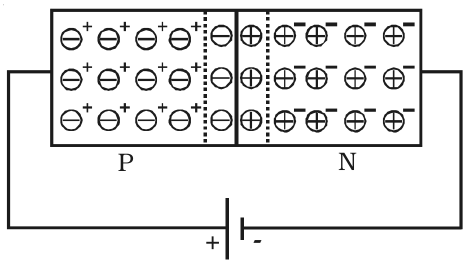
*படம் 9.8 **PN** சந்தி டையோடு*

உள்ள ஏற்பான் அணுக்கள் எதிர் அயனிகளாகவும், வலதுபுறம் உள்ள கொடை அணுக்கள் நேர் அயனிகளாகவும் மாறுகின்றன (படம் 9.8).

இயக்கமில்லாத பகுதியில், கொடை மற்றும் ஏற்பான் அயனிகளுக்கிடையே ஒரு மின்புலம் உருவாக்கப்படுகிறது. N-பகுதியின் மின்னழுத்தம், P-பகுதியின் மின்னழுத்தத்தைவிட அதிகம். எனவே, எலக்ட்ரான்கள் N-பகுதியிலிருந்து, குறைந்த மின்னழுத்தம் உள்ள P-பகுதிக்குச் செல்வது தடுக்கப்படுகிறது. இதே போல் P–பகுதியில் மின்துளைகள் குறைந்த மின்னழுத்தத்தில் அமைவதால், N-பகுதிக்குச் செல்வது தடுக்கப்படுகிறது. ஆகவே பெரும்பான்மை மின்னூட்டங்களின் இயக்கத்தை எதிர்க்கும் ஒரு தடை, சந்தியில் உருவாகிறது. தடையின் ஒரு பக்கத்திற்கும் மற்றொரு பக்கத்திற்கும் இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடு 'மின்னழுத்த அரண்' (potential barrier) என்றழைக்கப்படுகிறது. சிலிக்கன் PN சந்திக்கு மின்னழுத்த அரண் ஏறத்தாழ 0.7 V ஆகவும், ஜெர்மானியம் PN சந்திக்கு 0.3 V ஆகவும் அமைகிறது. தடையின் ஒரு பகுதியிலிருந்து மற்றொரு பகுதிக்கு உள்ள தொலைவு மின்னழுத்த அரணின் அகலம் என்றழைக்கப்படுகிறது. இது பொருளின் தன்மையைச் சார்ந்தமைகிறது.

*9.2.1 முன்னோக்குச் சார்புள்ள **PN** சந்தி டையோடு*

ஒரு மின்கலத்தின் நேர்மின்வாய் P பகுதியுடனும், எதிர் மின்வாய் N பகுதியுடனும், அதன் மின்னழுத்த வேறுபாடு, மின்னழுத்த அரணுக்கு எதிர் திசையில் செயல்படுமாறு இணைக்கப் படும்போது, PN சந்தி டையோடு, முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ளது எனலாம்.



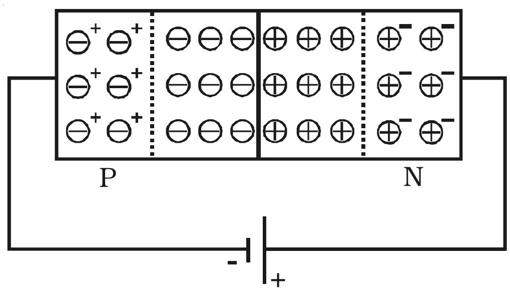
*படம் 9.9 முன்னோக்குச் சார்பில் **PN** சந்தி டையோடு*

PN சந்தி டையோடுக்கு முன்னோக்குச் சார்பளிக்கப்படும்போது (படம் 9.9) செயல்படுத்தப்படும் நேர் மின்னழுத்தம் P பகுதியில் உள்ள மின்துளைகளை எதிர்க்கிறது. எதிர் மின்னழுத்தம் N பகுதியில் உள்ள எலக்ட்ரான்களை எதிர்க்கிறது. எனவே, மின்னூட்டங்கள் சந்தியை நோக்கி நகருகின்றன. செயல்படுத்தப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு மின்னழுத்த அரணை விட அதிகமானால் சில எலக்ட்ரான்களும், மின் துளைகளும் இயக்கமில்லாப் பகுதிக்குள் நுழைகின்றன.

எனவே, மின்னழுத்த அரணும், இயக்கமில்லாதப் பகுதியின் தடிமனும் குறைக்கப்படுகின்றன. இயக்கமில்லாப் பகுதியிலுள்ள, நேர்மின் கொடை அயனிகளும், எதிர்மின் ஏற்பான் அயனிகளும் முறையே எலக்ட்ரான்களையும், மின் துளைகளையும் மீண்டும் பெறுகின்றன. இதன் விளைவாக மின்னழுத்த அரணும், இயக்கமில்லாப் பகுதியும் மறைகின்றன. முன்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் செயல்பாட்டால் பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள், சந்தி வழியே, எதிர் திசையில் இயக்கம் பெற்று முன்னோக்குத் திசையில் மின்னோட்டத்தை உருவாக்குகின்றன.

*9.2.2 பின்னோக்குச் சார்புள்ள **PN** சந்தி டையோடு*

ஒரு மின்கலத்தின் நேர்மின் வாய் N-பகுதியுடனும் எதிர் மின்வாய் P-பகுதியுடனும், அளிக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு மின்னழுத்த அரணின் திசையிலேயே அமையுமாறு இணைக்கப்பட்டால் சந்தியானது பின்னோக்குச் சார்பில் உள்ளது எனலாம்.



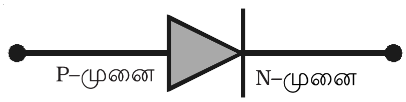
*படம் 9.10 பின்னோக்குச் சார்பில் **PN** சந்தி டையோடு*

PN சந்தி பின்னோக்குச் சார்பில் உள்ள போது (படம் 9.10) N-பகுதியிலுள்ள எலக்ட்ரான்களும், P-பகுதியில் உள்ள மின்துளைகளும் சந்தியை விட்டு வெளியே கவரப்படுகின்றன. இதனால் P-பகுதியில் உள்ள எதிர் அயனிகள் மற்றும் N-பகுதியில் உள்ள நேர் அயனிகளின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கிறது. எனவே இயக்கமில்லாத பகுதி விரிவடைகிறது. மேலும் மின்னழுத்த அரணும் அதிகரிக்கிறது.

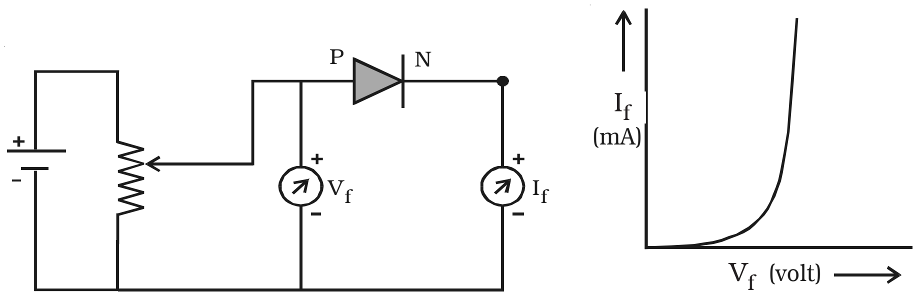
இயக்கமில்லாப் பகுதியில் பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள் இல்லையாதலால் இது ஒரு காப்பான் போன்று செயல்படுகிறது. எனவே வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டம் பாய்வதில்லை. ஆனால் நடைமுறையில் சில மைக்ரோ ஆம்பியர் அளவிலான மிகச் சிறிய அளவு மின்னோட்டம் எதிர்த்திசையில் பாய்கிறது. இது, சிறுபான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள், எதிர்த்திசையில் இயங்குவதால் கிடைக்கப் பெறுகிறது. இந்த எதிர்த்திசை மின்னோட்டம் குறைந்த அளவேயாகும். ஏனெனில், இரு பக்கங்களிலும் உள்ள சிறுபான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகளின் எண்ணிக்கை மிகவும் குறைவு. வெப்பத்தினால் முறிவு பெற்ற சக பிணைப்புகள் சிறுபான்மை ஊர்திகளுக்கு முக்கிய மூலமாக (source) அமைவதால், எதிர்த்திசை மின்னோட்டம் சந்தியின் வெப்பநிலையை மட்டுமே சார்ந்திருக்கிறது.

9.2.3 குறைக்கடத்தி டையோடின் குறியீடு

டையோடின் குறியீடு படம் 9.11-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. P-வகை மற்றும் N-வகைப் பகுதிகள் முறையே P–முனை மற்றும் N–முனை என்று குறிக்கப்பட்டுள்ளன. டையோடில் உள்ள அம்புக்குறி மரபு மின்னோட்டத்தின் திசையைக் குறிக்கிறது.



படம் 9.11 குறைக் கடத்தி டையோடின் மின்சுற்று குறியீடு



***(a)** டையோடு-மின்சுற்று* ***(b)** சார்பு வரை*

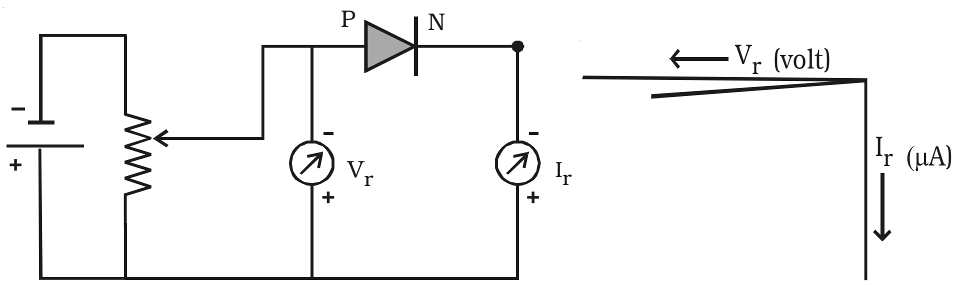
படம் 9.12 டையோடின் முன்னோக்குச் சார்பு வரை

*9.2.4 முன்னோக்குச் சார்பு சிறப்பு வரைகள் **(Forward bias characteristics)***

PN சந்தி டையோடு ஒன்றின் முன்னோக்குச் சார்பு வரையின் ஆய்வுக்கான மின்சுற்று படம் 9.12a ல் காட்டடப்பட்டுள்ளது. P-முனை மற்றும் N–முனைகளுக் கிடையேயான மின்னழுத்தத்தைச் சுழியிலிருந்து தகுந்த அளவு படிப்படியாக அதிகரித்து, அதற்கான மின்னோட்டங்கள் குறிக்கப்படுகின்றன. படம் 9.12b டையோடின், முன்னோக்குச் சார்பில் சிறப்பு வரையின் வரைகோட்டைக் காட்டுகிறது. மின்னழுத்தம் சார்பற்ற மாறிலியாக இருப்பதால் X அச்சிலும், மின்னோட்டம் சார்புள்ள மாறிலியாக இருப்பதால் Y அச்சிலும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. சிறப்பு வரை கோட்டிலிருந்து கீழ்காணும் முடிவுகள் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன. **(i)** முன்னோக்குச் சார்பு வரை ஒரு நேர்க்கோடு அல்ல, எனவே தகவு V/I மாறிலி அல்ல. அதாவது டையோடு ஓமின் விதிக்கு உட்படுவதில்லை எனவும், இதிலிருந்து குறைக்கடத்தி டையோடானது நேர்போக்கற்ற மின்னோட்டக் கடத்தியாகும் எனவும் அறிய முடிகிறது. **(ii)** வரை கோட்டிலிருந்து, துவக்கத்தில் மின்னோட்டம் குறைவாக இருப்பதை அறியலாம். இதற்குக் காரணம் புறமின்னழுத்தம், மின்னழுத்த அரணை விட (சிலிக்கன் டையோடுக்கு 0.7 V) அதிகமாகும் போது மட்டுமே, டையோடு கடத்த துவங்குகிறது. புற மின்னழுத்தம் 0.7 V-க்கு அதிகரிக்கும் போது, அதிக அளவிலான கட்டுறா எலக்ட்ரான்களும், மின் துளைகளும் சந்தியைக் கடக்கத் துவங்குகின்றன. 0.7 V-க்கு மேல், மின்னோட்டம், மிக விரைவாக அதிகரிக்கிறது. எந்த மின்னழுத்தத்தில் மின்னோட்டம் மிக விரைவாக அதிகரிக்கத் தொடங்குகிறதோ அம்மின்னழுத்தம் உள்வெட்டு மின்னழுத்தம் அல்லது வளைவு மின்னழுத்தம் (Cut in voltage (or) Knee voltage) எனப்படும்.

*9.2.5 பின்னோக்குச் சார்பு சிறப்பு வரைகள் **(Reverse bias characteristics)***

PN சந்தி டையோடு ஒன்றின் பின்னோக்குச் சார்பு வரையின் ஆய்வுக்கான மின்சுற்று படம் 9.13a-ல் காட்டடப்பட்டுள்ளது. மின்னழுத்தம் தகுந்த அளவு,



***(a)** டையோடு - மின்சுற்று* ***(b)** பின்னோக்குச் சார்பு*

படம் 9.13 டையோடின் பின்னோக்குச் சார்பு வரை

சுழியிலிருந்து படிப்படியாக அதிகரிக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு மின்னழுத்தத்திற்குமான மின்னோட்ட மதிப்புகள் குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. கொடுக்கப்பட்ட டையோடின் பின்னோக்குச் சார்பு வரைகோடு படம் 9.13b-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இச்சிறப்பு வரைகோட்டிலிருந்து, மின்னழுத்தம் சுழியிலிருந்து அதிகரிக்கும்போது, எதிர்த்திசை மின்னோட்டம் (மைக்ரோ ஆம்பியர் அளவில்) அதிகரித்து, மிகச் சிறிய திருப்பு மின்னழுத்தத்தில் (Reverse voltage) பெரும மதிப்பை அடைகிறது. மின்னழுத்தம், மேலும் அதிகரிக்கும் போது, குறிப்பிட்ட மாறுநிலை மதிப்பை அடைகின்ற வரை, மின்னோட்டம், திருப்பு மின்னழுத்தத்தைச் சார்ந்திராத ஒன்றாகும். இந்த எதிர்த்திசை மின்னோட்டம் 'திருப்பிய தெவிட்டு மின்னோட்டம்' அல்லது கசிவு மின்னோட்டம் (Reverse saturation current or leakage current) என்றழைக்கப்படுகிறது. இம் மின்னூட்டம் சிறுபான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகளால் ஏற்படுகிறது. இது, சந்தியின் வெப்பநிலையைச் சார்ந்தமைகிறது.

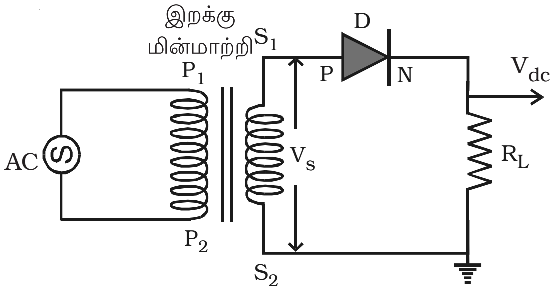
9.3 **PN** சந்தி டையோடு திருத்தியாகச் செயல்படல்

மாறுதிசை மின்னழுத்தம் அல்லது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை நேர்திசை மின்னழுத்தம் அல்லது நேர்திசை மின்னோட்டமாக மாற்றும் நிகழ்வு 'திருத்துதல்' (rectification) எனவும், இந்நிகழ்வுக்கு பயன்படும் சாதனம் திருத்தி என்றும் அழைக்கப்படும். சந்தி டையோடானது, முன்னோக்குச் சார்பில் குறைந்த மின்தடையை அளித்து மின்னோட்டத்தை தன் வழியே செல்ல அனுமதிக்கும் பண்பைப் பெற்றுள்ளது. இப்பண்பு திருத்துதல் நிகழ்வில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

9.3.1 அரை அலைத் திருத்தி

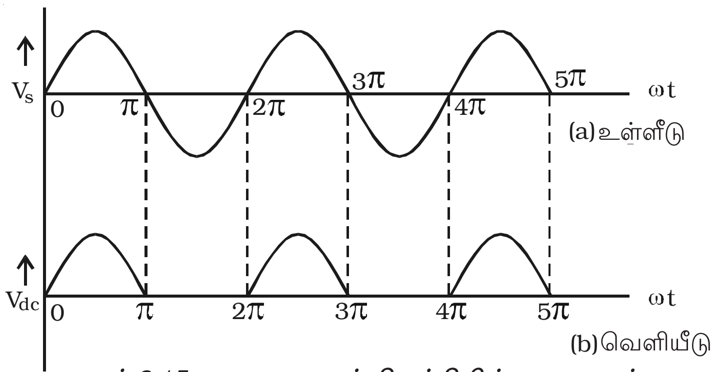
a.c அலையின் அரைப் பகுதியை, திருத்த உதவும் மின்சுற்று அரை அலைத் திருத்தி எனப்படும். அரை அலைத் திருத்தலுக்கான மின்சுற்றமைப்பை படம் 9.14 காட்டுகிறது. திருத்தப்பட வேண்டிய a.c மின்னழுத்தம் (V_S) மின்மாற்றியின் துணைச் சுற்றின் முனைகள் S_1-க்கும் S_2-க்கும் இடையே பெறப்படுகிறது. டையோடு D-யின்

P முனையானது, மின் மாற்றி யின் துணைச் சுருள் S_1 உடனும், N முனை துணைச் சுருள் S_2 உடனும் வெளியிடு புற மின் தடை R_L வழியாக (load resistance) இணைக்கப் பட்டுள்ளது. திருத்தப்பட்ட மின்னழுத்தம் V_{dc} வெளியிடு புறமின்தடை R_L-க்கு குறுக்காக வெளிப்படுகிறது.



படம் 9.14 அரை அலைத் திருத்தி

உள்ளீடு a.c மின்னழுத்தத்தின் (V_S) நேர் அரைச் சுற்றின் போது S_1 ஆனது நேர்மின்னழுத்தம் பெறும்போது, டையோடு முன்னோக்குச் சார்பில் அமைகிறது. எனவே, டையோடு கடத்துகிறது. இதனால் சுற்றில் மின்னோட்டம் பாய்ந்து R_L-க்குக் குறுக்காக மின்னழுத்த இறக்கம் ஏற்படுகிறது. இது படம் 9.15–ல் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் வெளியீட்டு மின்னழுத்தத்தைத் தருகிறது.



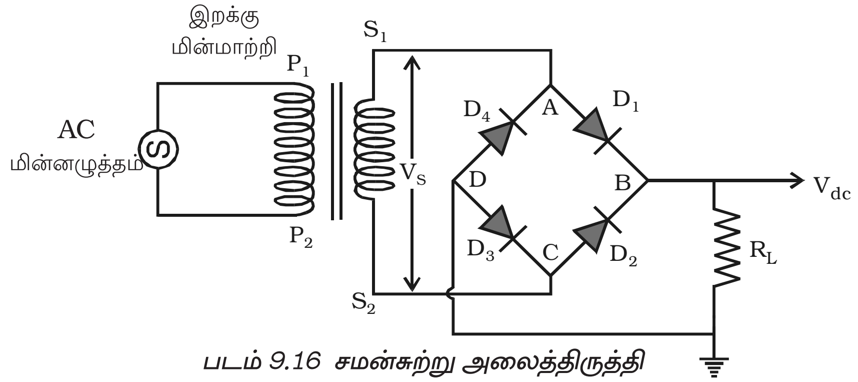
படம் 9.15 அரை அலைத் திருத்தியின் சைகைகள்

உள்ளீடு a.c மின்னழுத்தத்தின் (V_S) எதிர் அரைச்சுற்றின்போது S_1 ஆனது எதிர்மின்னழுத்தம் பெறும்போது, டையோடு பின்னோக்குச் சார்பில் அமைகிறது. எனவே, டையோடு கடத்துவதில்லை. இதனால் சுற்றின் வழியே மின்னோட்டம் பாய்வதில்லை. மற்றும் வெளியிடு புற மின் தடை R_L-க்குக் குறுக்காக மின்னழுத்த இறக்கமும் சுழியாகிறது. எனவே, வெளியீட்டு மின்னழுத்தம் பெறப்படுவதில்லை. ஆகவே, மாறுதிசை உள்ளீட்டுச் சைகைகளுக்கு ஒரே திசையிலான துடிப்பு கொண்ட (uni-directional pulsating) வெளியீட்டுச் சைகை பெறப்படுகிறது.

திருத்தி ஒன்றின் d.c வெளியீட்டுத் திறனுக்கும், a.c உள்ளீட்டுத் திறனுக்கும் இடையேயுள்ள தகவு, திருத்தியின் பயனுறு திறன் எனப்படும். அரை அலைத் திருத்தியின் பயனுறு திறன், ஏறத்தாழ 40.6% ஆகும்.

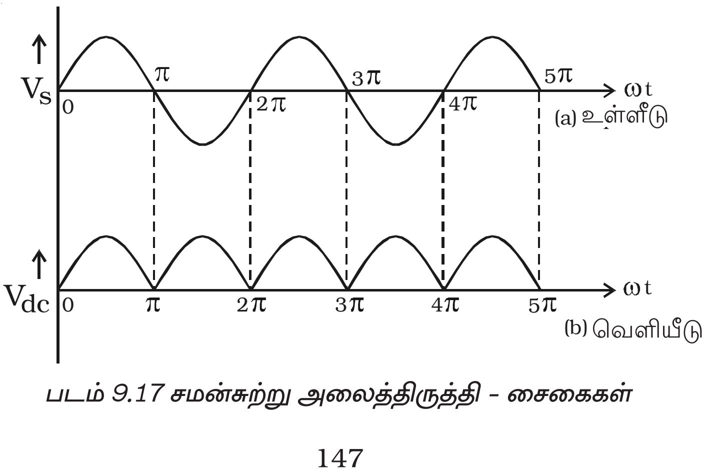
9.3.2 சமன்சுற்று அலைத்திருத்தி (Bridge rectifier)

ஒரு சமன் சுற்று அலைத்திருத்தியின் படம் 9.16ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இச்சுற்றில் பயன்படுத்தப்படும் நான்கு டையோடுகள் D_1, D_2, D_3 மற்றும் D_4-.ஆனவை வலைப் பின்னல் **(network)** அமைப்பை உருவாக்குமாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளன. வலைப் பின்னலின் உள்ளீட்டு முனைகள் A மற்றும் C-யானது மின்மாற்றியின் துணைச் சுருள் முனைகள் S_1 மற்றும் S_2-உடனும் வெளியீட்டு முனைகள் B மற்றும் Dயானது வெளியிடு புறமின்தடை R_L-உடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 9.16 சமன்சுற்று அலைத்திருத்தி

a.c உள்ளீடு மின்னழுத்தத்தின் நேர் அரைச் சுற்றின் போது புள்ளி C-யைப் பொருத்து A-ஆனது நேர் மின்னழுத்தத்தைப் பெறுகிறது. எனவே டையோடுகள் D_1 மற்றும் D_3 முன்னோக்குச் சார்பில் அமைந்து, கடத்துகின்றன. ஆனால் டையோடுகள் D_2 மற்றும் D_4 பின்னோக்குச் சார்பில் அமைவதால் கடத்தல் நிகழ்வதில்லை. ஆகவே மின்னோட்டமானது, S_1ABDCS_2 மூலம் R_L வழியே பாய்கிறது. எதிர் அரைச் சுற்றின் போது, புள்ளி A-வைப் பொருத்து C நேர் மின்னழுத்தம் பெறுகிறது. எனவே டையோடுகள் D_2 மற்றும் D_4 முன்னோக்குச் சார்பில் அமைந்து, கடத்துகின்றன. ஆனால் டையோடுகள் D_1 மற்றும் D_3 பின்னோக்குச் சார்பில்



படம் 9.17 சமன்சுற்று அலைத்திருத்தி - சைகைகள்

அமைவதால், கடத்துவதில்லை. ஆகவே மின்னோட்டம் S_2CBDAS_1 மூலம் R_L வழியே பாய்கிறது. அடுத்தடுத்த அரைச் சுற்றுகளுக்கு இதே நிகழ்வு திருப்பப்படுகிறது. a.c உள்ளீட்டுச் சைகைகளின் இரு அரைச் சுற்றுகளின் போதும், மின்னோட்டமானது R_L வழியாக ஒரே திசையில் பாய்வதைப் படத்தில் காண முடிகிறது. கொடுக்கப்பட்ட உள்ளீட்டுச் சைகைகளுக்கான வெளியீட்டுச் சைகைகளின் வடிவம் படம் 9.17ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு சமன்சுற்று அலைத்திருத்தியின் பயனுறு திறன் ஏறத்தாழ 81.2% .ஆகும்.

9.3.3 வடிப்பான் சுற்றுகள் மற்றும் மின்திறன் வழங்கியின் சீரமைக்கும் பண்புகள்

அரை அலைத் திருத்தி, முழு அலைத்திருத்தி ஆகிய இரண்டிலுமே, R_L–ன் குறுக்கே வெளியீடு மின்னழுத்தமானது 0-விலிருந்து பெரும மதிப்பு வரை மாற்றமடைகிறது. R_L-ன் குறுக்கே ஒருதிசை மின்னோட்டமானது கிடைக்கப்பெற்ற போதும், வெளியீடு மின்னழுத்தத்தில் ஏற்றத் தாழ்வு உருவாகிறது. தூய d.c மின்னழுத்தம் தேவைப்படும் போது, வெளியீட்டு மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படும் இந்த ஏற்றத்தாழ்வு விரும்பத்தக்கதல்ல. எனவே, அவை நீக்கப்பட வேண்டும். அல்லது சமன்படுத்தப்பட வேண்டும். இது, மின்தேக்கி வடிப்பான், மின்தூண்டி வடிப்பான் போன்ற வடிப்பான்கள் என்றழைக்கப்படும் தகுந்த வலைச் சுற்றுகளைக் கொண்டு பெறப்படுகிறது. எனவே கிட்டத்தட்ட சீரான d.c மின்னழுத்தம் கிடைக்கிறது. ஆனால் கீழ்க்கண்ட காரணங்களால், அலைத்திருத்தியிலிருந்து பெறப்படும் இந்த நிலையான d.c வெளியீடு மின்னழுத்தமானது மாறிலியாக அமைவதில்லை.

(i) வெளியீட்டு மின்னோட்டம் மாறுவதால் d.c வெளியீட்டு மின்னழுத்தம் மாறிலியாக இருக்காது. அதாவது, திருத்தியிலிருந்து பெறப்படும் மின்னோட்டம் அதிகரித்தால், வெளியீடு மின்னழுத்தம் குறைகிறது. மேலும் எதிர் நிகழ்வு **(vice-versa)** ஏற்படும். d.c வெளியீட்டு மின்னழுத்தத்தில் தோன்றும் மாறுபாடு d.c வெளியீட்டு மின்னோட்டத்தின் சார்பாக அமையும்.

$$\text{சீராக்கல் விழுக்காடு} = \frac{V_{\text{புறமின்தடையற்ற}} - V_{\text{புறமின்தடை}}}{V_{\text{புறமின்தடை}}} \times 100 \text{ ஆகும்.}$$

(ii) d.c வெளியீடு மின்னழுத்தமானது, அலைத்திருத்திக்கு கொடுக்கப்படும் a . c உள்ளீடு மின்னழுத்தத்திற்கு ஏற்றவாறு மாற்றமடைகிறது. a.c மின்மூலத்திலிருந்து வரும் இணைப்பில் மின்னழுத்தம் **(line voltage)** 220V என மாறிலியாக அமையாமல் 200 V முதல் 240 V வரை மாறுபடலாம். எனவே, d.c வெளியீடு மின்னழுத்தம் மாறுபடும். இந்த இடர்பாடுகளை எதிர் கொள்ள செனர் **(zener)** டையோடுகளை திருத்தி மற்றும் வடிப்பான் சுற்றுகளுடன் சேர்த்து சீரமைப்பான்களாகப் பயன்படுத்தலாம். இவை சீரமைக்கப்பட்ட மின் திறன் வழங்கிகள் என்றழைக்கப்படுகின்றன.

9.4 முறிவுக்கான எந்திரவியல் நிகழ்வுகள் (Breakdown mechanisms)

பின்னோக்குச் சார்பு நிபந்தனையின் கீழ், PN சந்தியின் முறிவு நிகழ்வு இரு எந்திரவியல் நிகழ்வுகளால் ஏற்படுகிறது. அவைகளாவன (i) சரிவு முறிவு (Avalanche Breakdown) மற்றும் (ii) செனர் முறிவு (Zener Breakdown).

(i) சரிவு முறிவு

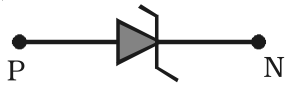
PN சந்தியின் இரு புறமும் குறைந்த அளவு மாசூட்டப்படும் பொழுது, இயக்கமில்லாத பகுதியின் தடிமன் அதிகரிப்பதால் சரிவு முறிவு ஏற்படுகிறது. இதில் இயக்கமில்லாப் பகுதியின் குறுக்கே உள்ள மின்புலம் வலிமை உடையதாக இருக்காது. மின்புலத்தால் முடுக்கிவிடப்பட்ட சிறுபான்மை ஊர்திகள் படிகத்தில் உள்ள குறைக்கடத்தி அணுக்களுடன் மோதுகின்றன. இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களுடன் ஏற்படுகின்ற இந்த மோதல் காரணமாக, சக பிணைப்புகள் முறிக்கப்பட்டு, எலக்ட்ரான் - துளை சோடிகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு உருவாக்கப்பட்ட இந்த மின்னூட்ட ஊர்திகள் கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்திலிருந்து ஆற்றலைப் பெற்று அதற்கு ஈடாக மென்மேலும் மின்னூட்ட ஊர்திகளை உருவாக்குகின்றன. இந்தத் தொடர்கூட்டுச் செயல் (cumulative process) சரிவுப் பெருக்கம் (avalanche multplication) என்றும், அந்த முறிவு சரிவு முறிவு என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

(ii) செனர் முறிவு

PN சந்தியின் இருபுறமும் அதிக அளவில் மாசூட்டப்படுவதால் இயக்கமில்லாப் பகுதியின் இடைவெளி குறுகியதாகிறது. இது போன்ற குறுகலான மெல்லிய சந்தியில், செனர் முறிவு ஏற்படுகிறது. மிகக் குறைவான அளவு பின்னோக்குச் சார்பளிக்கப்படும்போது, மெல்லிய இயக்கமில்லாத பகுதியின் குறுக்கே ஒரு வலிமை மிகுந்த மின்புலம் உருவாக்கப்படுகிறது. இப்புலம் சகப் பிணைப்புகளை முறித்து மிக அதிக எண்ணிக்கையில், எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகளை உருவாக்குவதால் பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டத்தை (செனர் மின்னோட்டம்) உருவாக்குகிறது. செனர் மின்னோட்டமானது அளிக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தைச் சார்ந்திராது.

9.5 செனர் டையோடு (zener diode)

செனர் டையோடு என்பது, முறிவுப் பகுதியில் மட்டுமே செயல்படக்கூடிய பின்னோக்குச் சார்பிலமைந்த, அதிக அளவில் மாசூட்டப்பட்ட குறைக்கடத்தி (சிலிக்கன் அல்லது ஜெர்மானியம்) PN சந்தி டையோடு ஆகும்.

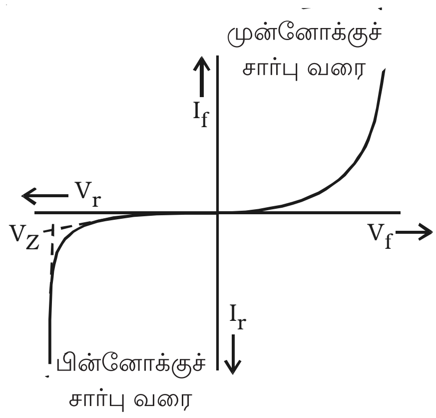


படம் 9.18 செனர் டையோடு குறியீடு

செனர் டையோடின் குறியீடு படம் 9.18ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. முறிவுப் பகுதியில் செனர் டையோடின் இயல்பான செயல்பாட்டிற்கு, டையோடின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டமானது வெளிச்சுற்றின் மூலம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. எனவே, சந்தியின் குறுக்கேயான ஆற்றல் இழப்பானது, அதன் திறன், ஆளுமைத் திறனுக்கு

(Power-handling capacity) உட்பட்டு இருக்கும். இந்த முன்னெச்சரிக்கை கண்டுணரப்படவில்லையென்றால் அதிக மின்னோட்டம், டையோடைப் பாழ்படுத்தி விடும்.

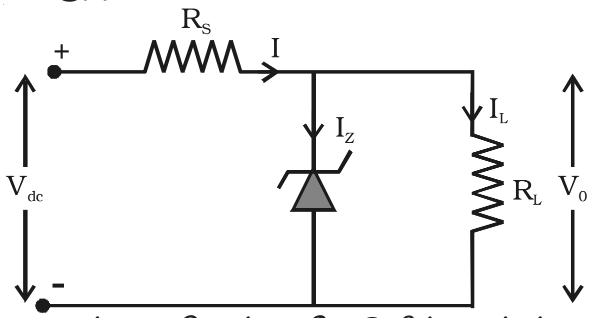
சௌனர் டையோடின் V-I சிறப்பு வரைகோடு படம் 9.19ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வரைபடத்திலிருந்து PN சந்திக்கு அளிக்கப் படும் திருப்பு மின்னழுத்தம், அதிகரிக்கப் படும் போது ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத் தத்தில், மின்னோட்டமானது, அதன் இயல்பு வெட்டு மதிப்பிலிருந்து, பெருமளவாக அதிகரிக்கிறது என்பதைக் காணலாம். இம்மின்னழுத்தமே சௌனர் மின்னழுத்தம் அல்லது முறிவு மின்னழுத்தம் (V_Z) என்றழைக்கப்படுகிறது.



*படம் 9.19 சௌனர் டையோடின் **V-I** சிறப்பு வரை*

9.6 சௌனர் டையோடு - மின்னழுத்தச் சீரமைப்பான் ***(Zener diode as voltage regulator)***

உள்ளீடு மின்னழுத்தம் அல்லது வெளியிடு புறமின் தடை வழியேயான மின்னோட் டம் மாறும்போது, புற மின்தடையின் குறுக்கே மாறா மின்னழுத்தத்தை நிலைநிறுத்த மின்னழுத்தச் சீரமைப்பு செய்யப்படவேண்டும்.



படம் 9.20 சௌனர் டையோடு மின்னழுத்தச் சீரமைப்பான்

புறமின்தடை R_L-ன் குறுக்கே, மாறாத மின்னழுத்தத்தை நிலைநிறுத்த சௌனர் டையே V_z பயன்படுத்தப்படும் சுற்று படம் 9.20ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. பின்னோக்குச் சார்பு நிலையில் உள்ள சௌனர் டையோடானது R_L-உடன் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. V_{dc} என்பது சீரமைக்கப்படாத d.c மின்னழுத்தம் மற்றும் V_Z என்பது சௌனர் மின்னழுத்தம் (சீரமைக்கப்பட்ட வெளியீட்டு மின்னழுத்தம்) என்க. R_S என்பது மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் மின்தடை. டையோடானது முறிவுப் பகுதியில் செயல்படுமாறு, R_S தேர்ந்தெடுக்கப்படுகிறது.

புறமின்தடை வழியான மின்னோட்டம் அல்லது உள்ளீடு மின்னழுத்தத்தில் மாற்றம் இருந்த போதும், சௌனர் டையோடு R_L-ன் குறுக்கே மாறா மின்னழுத்தத்தை நிலை நிறுத்துகிறது. சுற்றின் செயல்பாடு கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது போன்று விளக்கப்படுகிறது.

(i) உள்ளீடு மின்னழுத்தம் மாறாமலும், புறமின்தடை வழியான மின்னோட்டம் மாறும்படியும் அமைந்தால்

புறமின்தடை வழியான மின்னோட்டம் அதிகரிப்பதாகக் கருதுவோமானால் செனர் மின்னோட்டம் குறைகிறது. மேலும் மின்தடை R_S-ன் வழியேயான மின்னோட்டம் மாறிலியாகும். வெளியீடு மின்னழுத்தம் $V_z = V_{dc} - IR_S$, மொத்த மின்னோட்டம் I மாறிலியாக இருப்பதால் வெளியீடு மின்னழுத்தம் மாறிலியாக இருக்கும்.

(ii) உள்ளீடு மின்னழுத்தம் மாறும்போது

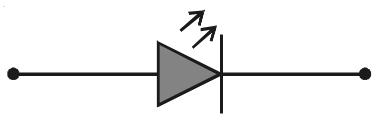
உள்ளீடு மின்னழுத்தம் V_{dc} அதிகரிப்பதாகக் கருதுவோம். இப்பொழுது செனர் டையோடு வழியே மின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது. மேலும், புறமின்தடையில் மின்னழுத்தம் மாறாத வகையில் R_S-ன் குறுக்கே மின்னழுத்த இறக்கம் அதிகரிக்கிறது.

இவ்வாறாக செனர் டையோடு மின்னழுத்தச் சீரமைப்பானாகச் செயல்படுகிறது.

9.7 ஒளி உமிழ் டையோடு [**Light Emitting Diode - (LED)**]

ஒளி உமிழ் டையோடு என்பது, ஆற்றல் ஊட்டப்படும் போது கண்ணுறு ஒளியை உமிழக்கூடிய, முன்னோக்குச் சார்பிலமைந்த ஒரு PN சந்தி டையோடு ஆகும்.

சந்தி டையோடானது முன்னோக்குச் சார்பில் அமையும்போது N பகுதியில் உள்ள எலக்ட்ரான்களும் P பகுதியில் உள்ள துளைகளும் இயக்கமில்லாப் பகுதியை நோக்கி நகர்ந்து மீண்டும் ஒன்றிணைதல் நிகழ்கிறது. கடத்துப் பட்டையில் உள்ள எலக்ட்ரானானது, இணைதிறன் பட்டையிலுள்ள துளையுடன் ஒன்றிணைவதால் ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. காலியம் ஆர்சனைடு (GaAs) காலியம் பாஸ்பைடு (GaP) மற்றும் காலியம் ஆர்சனைடு பாஸ்பைடு (GaAsP) போன்ற குறைக்கடத்துப் பொருள்களில் அதிக விழுக்காடு ஆற்றல், ஒளியாக வெளியிடப்படுகிறது. குறைக்கடத்திப் பொருளானது ஒளி கசியும் பொருள் எனில், ஒளியானது வெளிவிடப்படுகிறது. மேலும், சந்தியானது ஒளி மூலமாக மாறுகிறது. LED -க்கு முன்னோக்குச் சார்பளிக்கும்போது இயக்கு நிலையையும் (ON), பின்னோக்குச் சார்பளிக்கும்போது திறப்பு நிலையையும் (OFF) அடைகிறது. .உமிழப்படும் ஒளியின் நிறம், பயன்படுத்தப்படும் பொருளின் தன்மையைச் சார்ந்தது. காலியம் ஆர்சனைட் பாஸ்பைட் மற்றும் காலியம் பாஸ்பைட் போன்றவற்றைப் பயன்படுத்தி சிவப்பு, பச்சை, மஞ்சள் மற்றும் ஆரஞ்சு நிற ஒளியை உமிழும் LED-களை வடிவமைக்கலாம். LED-ன் குறியீடு படம் 9.21-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. கருவிகளின் காட்சிகளிலும் (instrument displays), கணக்கிடும் கருவிகளிலும் (calculators) மற்றும் இலக்க கடிகாரங்களிலும் (digital watches) LED-கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.



*படம் 9.21 **LED**ன் குறியீடு*

9.8 சந்தி டிரான்சிஸ்டர்

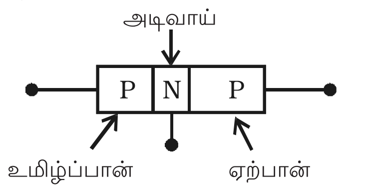
சந்தி டிரான்சிஸ்டர் என்பது ஒரு திண்மநிலைக் கருவியாகும். இது சிலிக்கன் அல்லது ஜெர்மானியப் படிகத்தினாலான இரண்டு PN சந்திகளைக் கொண்டது. இதன் மூன்று பகுதிகளான அடிவாய் (Base), உமிழ்ப்பான் (Emitter) ஏற்பான் (Collector) ஆகியவற்றிற்கிடையே இரண்டு PN சந்திகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன.

(i) அடிவாய் பகுதி (B) **:** இது மிக மெல்லிய பகுதியாகும். இதன் தடிமன் 25 மைக்ரான்கள். இது, டிரான்சிஸ்டரின் மையப் பகுதியாகும்.

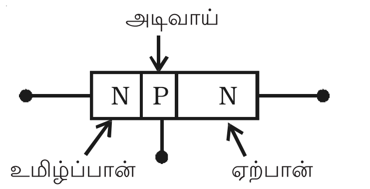
(ii) உமிழ்ப்பான் (E) மற்றும் ஏற்பான் (C) பகுதிகள் : B பகுதியின் இரு பக்கங்களிலும், அமைந்துள்ள பகுதிகள் உமிழ்ப்பான் மற்றும் ஏற்பான் பகுதிகளாகும். இவை இரண்டும் ஒரே வகை குறைக்கடத்தியாலானவை.

இவை ஒவ்வொன்றும் ஓமிக் தொடர்பினால் (Ohmic contact) இணைந்துள்ளன. உமிழ்ப்பான் மற்றும் அடிவாய் பகுதிகளுக்கிடையேயான சந்தி, உமிழ்ப்பான் சந்தி என்றும், ஏற்பான் மற்றும் அடிவாய்க்கு இடைப்பட்ட சந்தி, ஏற்பான் சந்தி என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

ஒரு டிரான்சிஸ்டரில் அதிக மாசு கலந்த பகுதி உமிழ்ப்பானாகும். ஏனெனில் உமிழ்ப்பான், பெருமளவு ஊர்திகளை அடிவாய்க்கு அளிக்க வேண்டியுள்ளது. அடிவாய், மாசு கலப்பு குறைவான பகுதியாகும். ஏற்பான், மாசு கலப்பு குறைவான பகுதியாகும். பெருமளவு மின்னூட்ட ஊர்திகளை ஏற்க வேண்டியுள்ளதால் அது இயல்பாகவே அளவில் பெரியதாக இருக்கும். எனவே உமிழ்ப்பான் மற்றும் ஏற்பானை, சுற்றிணைப்பில் மாற்றியமைக்கக் கூடாது.



*படம் 9.22a **PNP** டிரான்சிஸ்டர்*



*படம் 9.22b **NPN** டிரான்சிஸ்டர்*

PNP மற்றும் NPN டிரான்சிஸ்டர்களின் அமைப்புகள் முறையே படங்கள் 9.22a மற்றும் 9.22b ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

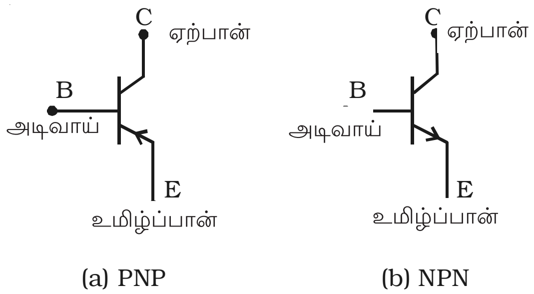
டிரான்சிஸ்டர், உரிய முறையில் செயல்பட பின்வரும் முறையில் சார்பு மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட வேண்டும்.

(i) உமிழ்ப்பான் - அடிவாய் சந்திக்கு முன்னோக்குச் சார்பு அளிக்கப்படுகிறது. எனவே, பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள் உமிழ்ப்பானை விட்டு விரட்டப்படுகின்றன. சந்தியானது, மின்னோட்டத்திற்கு மிகக் குறைந்த மின்தடையைத் ஏற்படுத்துகிறது.

(ii) ஏற்பான் - அடிவாய் சந்திக்கு பின்னோக்குச் சார்பளிக்கப்படுகிறது. எனவே, பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகளை இது கவர்கிறது. இந்தச் சந்தி, மின்னோட்டத்திற்கு உயர் மின்தடையை ஏற்படுத்துகிறது.

9.9 டிரான்சிஸ்டர் மின்சுற்றுக் குறியீடுகள்

PNP மற்றும் NPN டிரான்சிஸ்டர்களின் மின்சுற்று குறியீடுகள் படம் 9.23–ல் காட்டப் பட்டுள்ளன. உமிழ்ப்பான் மீதான அம்புக்குறி, அடிவாயை நோக்கி அமையுமானால் அது PNP டிரான்சிஸ்டரைக் குறிக்கும். ஒரு டிரான்சிஸ்டரின் உமிழ்ப்பான் அடிவாய் சந்திக்கு முன்னோக்குச் சார்பு அளிக்கப்பட்டால், மரபு மின்னோட்டத்தின் திசை, உமிழ்ப்பானிலிருந்து அடிவாயை நோக்கி அமைகிறது.



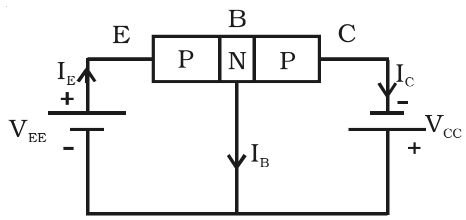
படம் 9.23 டிரான்சிஸ்டர்களின் குறியீடு

டிரான்சிஸ்டரின் உமிழ்ப்பான் மீதான அம்புக்குறி அடிவாயை விட்டு வெளிநோக்கி அமையுமானால் அது NPN டிரான்சிஸ்டராகும். NPN டிரான்சிஸ்டரின் உமிழ்ப்பான் - அடிவாய் சந்திக்கு முன்னோக்குச் சார்பளிக்கப்பட்டால் மரபு மின்னோட்டத்தின் திசை அடிவாயிலிருந்து உமிழ்ப்பானை நோக்கி அமையும்.

*9.9.1 **PNP** டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றின் செயல்பாடு*

ஒரு PNP டிரான்சிஸ்டர் என்பது அடியுடன் அடி இணைக்கப்பட்ட இரு PN சந்தி டையோடுகளைப் போன்றதாகும். சந்தி ஒவ்வொன்றிலும் உள்ள இயக்கமில்லாப் பகுதி, மின்னழுத்த அரணை உருவாக்குகிறது. சந்திகளுக்குத் தேவையான புறச் சார்பு, மின்கலங்கள் V_{EE} மற்றும் V_{CC} மூலம் அளிக்கப்படுவதை படம் 9.24 காட்டுகிறது. உமிழ்ப்பான் - அடிவாய் சந்தி, முன்னோக்குச் சார்பிலும், ஏற்பான் அடிவாய் சந்தி, பின்னோக்குச் சார்பிலும் உள்ளன.

உமிழ்ப்பான் - அடிவாய் சந்தி முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ளதால் அதிக எண்ணிக்கையிலான மின்துளைகள் சந்தியைக் கடந்து அடிவாய்க்குள் நுழைகின்றன. அதே நேரத்தில் மிகக் குறைவான எலக்ட்ரான்கள் அடிவாயிலிருந்து உமிழ்ப்பானுக்குச் செல்கின்றன. இந்த எலக்ட்ரான்கள் உமிழ்ப்பானை அடைந்தவுடன் உமிழ்ப்பானில் உள்ள, அதற்குச் சம எண்ணிக்கையிலான மின் துளைகளுடன் ஒன்றிணைகின்றன.



*படம் 9.24 **PNP** டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாடு*

உமிழ்ப்பானில், மின் துளைகளின் மொத்த எண்ணிக்கையில் ஏற்படும் இழப்பு, உமிழ்ப்பானிலிருந்து மின்கலத்தின் நேர்மின்வாய்க்குச் செல்லும் சம எண்ணிக்கையிலான எலக்ட்ரான்களால் ஏற்படுத்தப்படுகிறது.

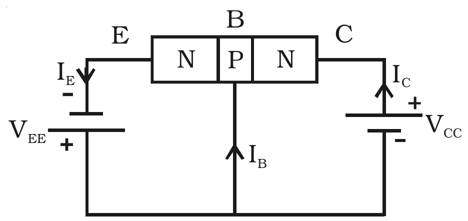
உமிழ்ப்பானிலிருந்து அடிவாய்க்குச் செல்லும் மின்துளைகள் உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் I_E யை உருவாக்குகின்றன. உமிழ்ப்பானில் I_E -ஆனது மின்துளைகளால் உருவாக்கப்படுகிறது. ஆனால் புறச்சுற்றில் மின்னோட்டம் உமிழ்ப்பானிலிருந்து V_{EE} மின்கலத்தின் நேர்மின்வாய்க்குச் செல்லும் எலக்ட்ரான்களால் ஏற்படுகிறது. மின்துளைகள், அடிவாய் வழியே விரவிச் செல்கின்றன. மின்துளைகள் இப்பகுதியைக் கடந்து இயக்கமில்லாத பகுதிக்குச் செல்ல மிகக் குறைவான காலத்தையே எடுத்துக் கொள்கின்றன. இந்தக் காலத்தில் மிகச் சிறிய எண்ணிக்கையிலான மின் துளைகள், அடிவாயிலுள்ள அதற்குச் சம எண்ணிக்கையிலான, எலக்ட்ரான்களுடன் ஒன்றிணைகின்றன. அடிவாய், மிகவும் குறைவாக மாசூட்டப்படுவதாலும், மிக மெல்லியதாக உள்ளதாலும், இந்த எண்ணிக்கை மிகவும் குறைவாகவே உள்ளது. ஒரு நொடியில் ஏற்படும் மொத்த எலக்ட்ரான்களின் இழப்பு, சம எண்ணிக்கையிலான எலக்ட்ரான்கள், மின்கலம் V_{EE}-ன் எதிர்மின்வாயிலிருந்து அடிவாய்க்குச் செல்வதால் சரி செய்யப்படுகிறது. இந்த எலக்ட்ரான்களின் இயக்கம், அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B யை உருவாக்குகிறது.

அடிவாயில், ஒன்றிணைப்புக்கு உட்படாமல் எஞ்சியிருக்கும் மின்துளைகள் ஏற்பானை அடைகின்றன. இவை V_{CC} மின்கலத்தில் எதிர் மின்வாயிலிருந்து ஏற்பானை அடையும், சம எண்ணிக்கையிலான எலக்ட்ரான்களால் சமன்செய்யப்படுகின்றன. அதே நேரத்தில், சம அளவுள்ள எலக்ட்ரான்கள் V_{EE}-ன் எதிர் மின்வாயிலிருந்து V_{CC}-ன் நேர்மின்வாயை வந்தடைகின்றன. ஓரலகு காலத்தில் அடிவாயிலிருந்து ஏற்பானை அடையும் மின் துளைகளால் உருவாகும் ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_C, அடிவாயிலிருந்து ஏற்பானுக்குப் பாய்கிறது. புறச் சுற்றில் V_{CC}-ன் எதிர்மின்வாயிலிருந்து ஏற்பானுக்குப் பாயும் எலக்ட்ரான்களால் மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது.

இச்சுற்றில், கிர்ச்சஃப் மின்னோட்ட விதியின்படி, உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம், ஏற்பான் மற்றும் அடிவாய் மின்னோட்டங்களின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும்.

அதாவது, $I_E = I_B + I_C$

இச்சமன்பாடு டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றின் மின்னோட்டங்களுக் கிடையே யான அடிப்படைத் தொடர்பாகும். இச்சமன்பாடு டிரான்சிஸ்டரின் வகையினை அல்லது சுற்று வகையினைச் சார்ந்தது அல்ல.



*படம் 9.25 **NPN** டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாடு*

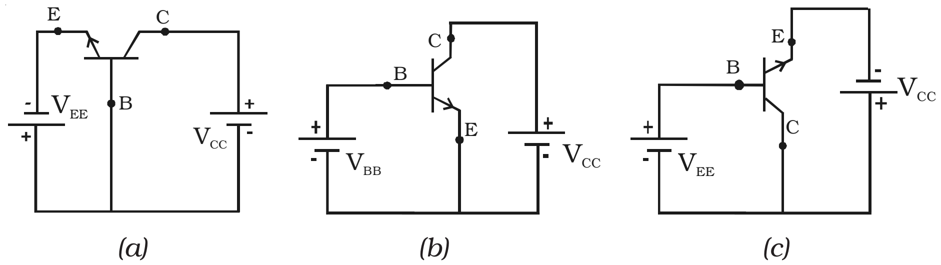
NPN டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றின் செயல்பாடு (படம் 9.25) PNP டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாடு போன்றதேயாகும்.

9.9.2 டிரான்சிஸ்டரின் மின்சுற்றமைப்புகள் ***(Transistor circuit configuration)***

டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றினைச் செயல்படுத்த மூன்று வகையான சுற்றிணைப்புகள் (சுற்றமைப்புகள் அல்லது சுற்று நிலைகள் என்றும் கூறலாம்) உள்ளன. அவைகளாவன.

(i) பொது அடிவாய் சுற்று (CB) **(ii)** பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று (CE) **(iii)** பொது ஏற்பான் சுற்று (CC).

'பொது' என்ற சொல் உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு சுற்றுக்குப் பொதுவான இணைப்பைக் குறிக்கும். ஒரு NPN டிரான்சிஸ்டரின் பல்வேறு சுற்று நிலைகள் படம் 9.26ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

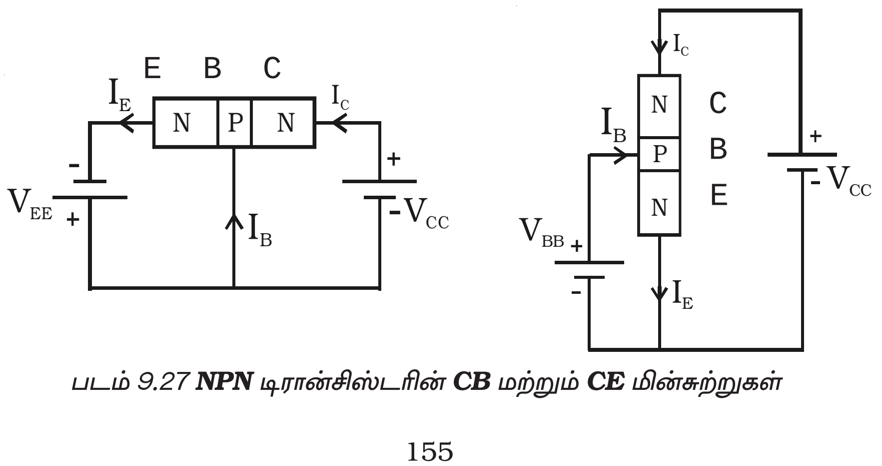


படம் 9.26 டிரான்சிஸ்டரின் மூன்று வகை மின்சுற்றமைப்புகள்

இதே வழியில் PNP டிரான்சிஸ்டருக்கும் மூவகை மின்சுற்றுகளை வரையலாம்.

9.9.3 மின்னோட்டப் பெருக்க எண்கள் α, β மற்றும் அவற்றிற்கிடையேயான தொடர்பு

ஒரு டிரான்சிஸ்டரின் மின்னோட்டப் பெருக்க எண் அல்லது மின்னோட்டப் பெருக்கம் என்பது, வெளியீட்டு மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ளீட்டு மின்னோட்டத் திற்குமான தகவு ஆகும். பொது அடிவாய் சுற்றில் டிரான்சிஸ்டர் இணைக்கப்படும் போது, மின்னோட்டப் பெருக்கம் $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$, மற்றும் பொது உமிழ்ப்பான் சுற்றில்



படம் 9.27 ***NPN*** *டிரான்சிஸ்டரின்* ***CB*** *மற்றும்* ***CE*** *மின்சுற்றுகள்*

மின்னோட்டப் பெருக்கம் $\beta = \frac{I_C}{I_B}$ ஆகும். ஒரு NPN டிரான்சிஸ்டரின், பொது அடிவாய் மற்றும் பொது உமிழ்ப்பான் மின்சுற்றுகளை படம் 9.27 காட்டுகிறது. செலுத்தப்பட்ட எலக்ட்ரான்களில் 95% அளவானது ஏற்பானைச் சென்றடைவதால், ஏற்பான் மின்னோட்டமானது ஏறத்தாழ உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்திற்குச் சமமாகும். பெரும்பாலும், அனைத்து வகை டிரான்சிஸ்டர்களுக்கும் α மதிப்பு 0.95 லிருந்து 0.99 வரையில் அமையும்.

மேலும்

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{I_c}{I_B + I_C} \qquad (\because\ I_E = I_B + I_C)$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{I_B + I_C}{I_C} = \frac{I_B}{I_C} + 1$$

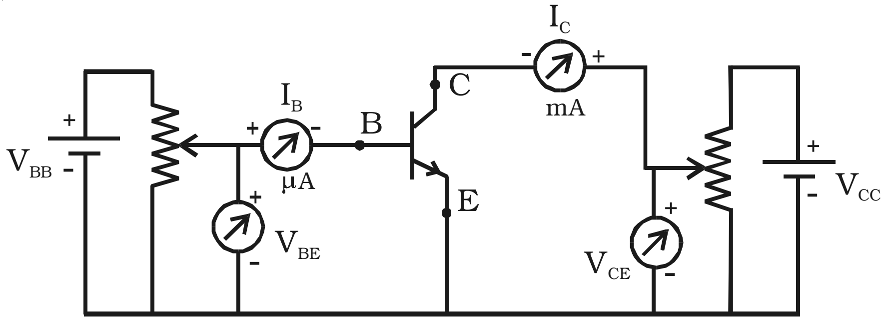
$$\frac{1}{\alpha} - 1 = \frac{1}{\beta}$$

$$\therefore \qquad \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

வழக்கமாக β–ன் மதிப்பு 50 க்கும் 300 க்கும் இடையில் அமையும். சில டிரான்சிஸ்டர்களில் β மதிப்பு 1000 அளவில் இருக்கும்.

9.9.4 பொது உமிழ்ப்பான் சுற்றில் NPN டிரான்சிஸ்டரின் சிறப்பு வரைகள்

ஒரு டிரான்சிஸ்டரின் எந்த வகைச் சுற்றாயினும் மூன்று முக்கிய சிறப்பு வரைகள் உண்டு. அவைகள் **(i)** உள்ளீடுச் சிறப்பு வரைகள் **(ii)** வெளியீட்டுச் சிறப்பு வரைகள் **(iii)** பரிமாற்று சிறப்பு வரைகள்

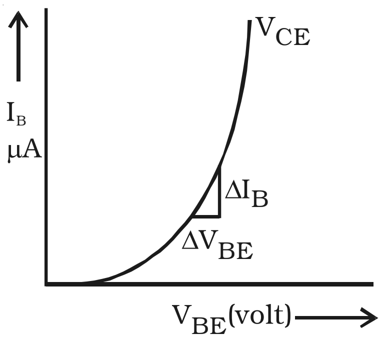


*படம் 9.28 **CE** முறையில் டிரான்சிஸ்டர் சுற்று*

பொது உமிழ்ப்பான் சுற்றில் அமைக்கப்பட்டுள்ள NPN டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றின் சிறப்பு வரைகளின் ஆய்வுக்கான சுற்றுப்படம் 9.28ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

(i) உள்ளீடுச் சிறப்பு வரைகள்

ஏற்பானுக்கும் உமிழ்ப்பானுக்கும் இடையேயான மின்னழுத்தத்தை (V_{CE}), ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பில் மாறிலியாக அமைத்து, அடிவாய் மின்னோட்டத்திற்கும் (I_B), அடிவாய் - உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தத்திற்கும் (V_{BE}) இடையே உள்ளீடுச் சிறப்பு வரைகள் வரையப்படுகின்றன. V_{BE}-யைத் தகுந்த சம படிகளில் அதிகரித்து, அதற்கான அடிவாய் மின்னோட்டம் குறிக்கப்படுகிறது. V_{CE}-யின் பல்வேறு மதிப்புகளுக்கு இச்செயல்முறை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது. V_{CE}-யின் மாறிலி மதிப்புக்கு, V_{BE} மற்றும் I_B மதிப்புகளைக் கொண்டு பெறப்படும் உள்ளீடுச் சிறப்பு வரை படம் 9.29ல் காட்டப்பட்டுளளது.



படம் 9.29 உள்ளீடுச் சிறப்பு வரை

ஒரு டிரான்சிஸ்டரின் உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு என்பது, கொடுக்கப்பட்ட V_{CE}–க்கு அடிவாய் உமிழ்ப்பான் மின்னழுத் தத்தின் சிறிய மாற்றத்திற்கும், அதனால் ஏற்படும் அடிவாய் மின்னோட்ட மாறுபாட்டிற்கும் உள்ள தகவு என வரையறுக்கப்படுகிறது.

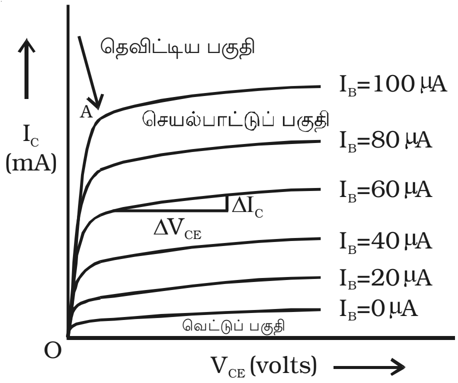
உள்ளீடு மின் எதிர்ப்பு, $r_i = \left(\dfrac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE}}$

CE சுற்றில், டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றின் உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு அதிகம்.

(ii) வெளியீடுச் சிறப்பு வரைகள்

அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B, குறிப்பிட்ட மதிப்பில் மாறிலியாக உள்ள போது, I_C-க்கும் V_{CE}-க்கும் இடையே வெளியீட்டுச் சிறப்பு வரைகள் வரையப் படுகின்றன.

அடிவாய் - உமிழ்ப்பான் மின்னழுத் தம் V_{BE}–யைச் சரிசெய்து அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B, மாறா மதிப்பில் வைக்கப்படுகிறது. V_{CE}–ன் மதிப்பைத் தகுந்த சம படிகளில் அதிகரிக்கச் செய்து, அவற்றிற்கான ஏற்பான் மின்னோட்டங்கள் குறிக்கப்படுகின்றன. இச்செயல்முறை பல்வேறு I_B மதிப்புகளுக்கு திரும்பச் செய்யப்படுகிறது. தற்போது பல்வேறு I_B மதிப்புகளுக்கு, I_C-க்கும் V_{CE}க்குமான வரைகோடுகள் வரையப்படுகின்றன. இவ்வாறு பெறப்படும் வெளியீட்டுச் சிறப்பு வரைகள் படம் 9.30–ல் குறிப்பிடப் பட்டுள்ளன. சிறப்பு வரையின் மூன்று பகுதிகள் பின்வருமாறு விளக்கப்படுகின்றன.



படம் 9.30 வெளியீடுச் சிறப்பு வரைகள்

தெவிட்டிய பகுதி

வரைகோட்டின் தொடக்கப் பகுதியான, OA என்ற ஓமிக் பகுதி தெவிட்டிய பகுதி எனப்படும். அதாவது, ஆதிக்கும், வளையும் புள்ளிக்கும் (knee) இடைப்பட்ட பகுதியாகும். அதிகரித்து வரும் I_C–மதிப்பு, மாறாத மதிப்பாக அமையக்கூடிய தொடக்கப் புள்ளி, வளையும் புள்ளி எனப்படுகிறது.

வெட்டுப் பகுதி

அடிவாய் மின்னோட்டம் சுழியாக (I_B = 0) இருந்தபோதும் மிகச் சிறிய அளவு ஏற்பான் மின்னோட்டம் டிரான்சிஸ்டரில் இருக்கும். வெளியீட்டுச் சிறப்பு வரையில் I_B = 0க்கான வரைகோட்டின் கீழ் உள்ள பகுதி, வெட்டுப்பகுதி என்றழைக்கப்படுகிறது. டிரான்சிஸ்டர், இப்பகுதிக்குக் கீழே செயல்படாது.

செயல்பாட்டுப் பகுதி

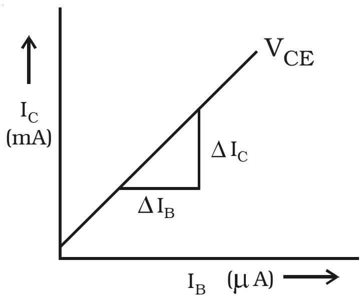
வரைகோட்டின் மையப் பகுதி செயல்பாட்டுப் பகுதி எனப்படும். இப்பகுதியில் வளைகோடுகள் சீராக அமைகின்றன. இப்பகுதியில் E-B சந்தி முன்னோக்குச் சார்பிலும், C-B சந்தி பின்னோக்குச் சார்பிலும் அமைகின்றன. டிரான்சிஸ்டர் சிறப்பு வரையின் செயல்பாட்டுப் பகுதியில், மாறாத அடிவாய் மின்னோட்டத்தில், ஏற்பான் - உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த மாறுபாட்டிற்கும், அதற்கான ஏற்பான் மின்னோட்ட மாறுபாட்டிற்கும் உள்ள தகவு வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு என வரையறுக்கப்படுகிறது.

வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு $r_o = \left(\frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}\right)_{I_B}$

CE சுற்றில் டிரான்சிஸ்டரின் வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு குறைவானதாகும்.

(iii) *பரிமாற்றுச் சிறப்பு வரைகள்*

V_{CE}–யை குறிப்பிட்ட மதிப்பில் மாறிலியாக வைத்து I_C–க்கும் I_B–க்கும் இடையே பரிமாற்றுச் சிறப்பு வரை வரையப்படுகிறது. அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B யை தகுந்த படிகளில் அதிகரிக்கச் செய்து, ஒவ்வொரு I_B மதிப்புக்குமான I_C மதிப்பு குறிக்கப்படுகிறது.



படம் 9.31 பரிமாற்றுச் சிறப்பு வரைகள்

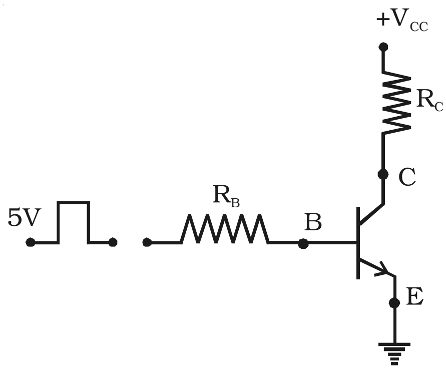
பரிமாற்றுச் சிறப்பு வரையின் வரைகோடு படம் 9.31ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. V_{CE} மாறிலியாக உள்ளபோது, ஏற்பான் மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் சிறிய மாற்றத்திற்கும், அதற்கான அடிவாய் மின்னோட்ட மாற்றத்திற்கும் உள்ள தகவு, மின்னோட்டப் பெருக்கம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

∴ மின்னோட்டப் பெருக்கம், $\beta = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE}}$

பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று, பொது அடிவாய் சுற்றினை விட அதிக உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு, குறைந்த வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு மற்றும் அதிக மின்னோட்டப் பெருக்கத்தைப் பெற்றுள்ளது.

9.10 டிரான்சிஸ்டர் ஒரு சாவியாக செயல்படல் (Transistor as a switch)

டிரான்சிஸ்டர்கள் பெரும்பாலும் சுவிட்ச் (switch) செயல்பாடுகளில் பயன்படுகின்றன. படம் 9.32ல் பொது உமிழ்ப்பான் இணைப்பில் உள்ள NPN டிரான்சிஸ்டரின் அடிவாயுடன் மின்தடை R_B–யும், ஏற்பானுடன் வெளியிடு புறமின் தடை R_C-ம் தொடரிணைப்பிலும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. டிரான்சிஸ்டருக்கு உள்ளீடாக துடிப்பு வகை அலை வடிவம் அளிக்கப்படுகிறது. உள்ளீட்டின் அளவு அதிகமாகும் போது, உமிழ்ப்பான் அடிவாய் சந்தி, முன்னோக்குச் சார்பில் அமைந்து மின்னோட்டம், R_B வழியாக அடிவாய்க்குச் செல்கிறது. அடிவாய் வழியாக பாயும் மின்னோட்டம், டிரான்சிஸ்டரை தெவிட்டிய நிலைக்கு கொண்டு செல்வதற்கு ஏற்றவாறு R_B மற்றும் R_C மதிப்புகள் தெரிவு செய்யப்படுகின்றன. டிரான்சிஸ்டர், தெவிட்டிய நிலையை அடையும் போது அது இயக்கு (ON) நிலையில் (பெரும மின்னோட்ட நிலை) உள்ளதாக கூறப்படுகிறது. உள்ளீடு குறைவாக, அதாவது 0V-ல் உள்ளபோது, அடிவாய் உமிழ்ப்பான் சந்தி முன்னோக்குச் சார்பில் அமைவதில்லை. எனவே அடிவாய் மின்னோட்டம் பாய்வதில்லை. ஆகவே, டிரான்சிஸ்டர் திறப்பு (OFF) நிலையில் உள்ளதாகக் கூறப்படுகிறது.



*படம் 9.32 **NPN** டிரான்சிஸ்டர் ஒரு சாவியாக செயல்படல்*

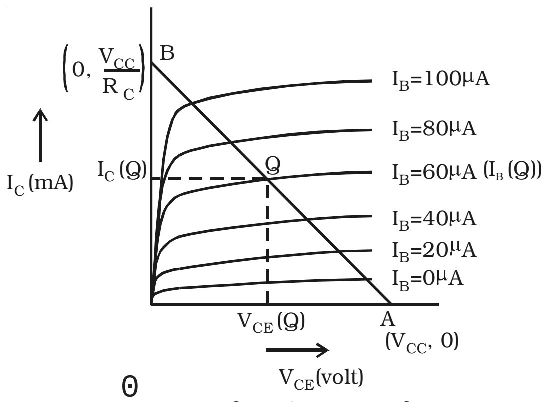
9.11 டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கி (Transistor amplifier)

டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றின் முக்கியச் செயல்பாடு அதன் பெருக்கம் (amplification) ஆகும். வலிமை குறைந்த சைகைகளின் வீச்சினை அதிகரிக்கச் செய்யும் ஒரு சுற்றமைப்பு பெருக்கி என்றழைக்கப்படும். பெருக்கியின் முக்கியான பண்பளவுகள், உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு, வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு, மின்னோட்டப் பெருக்கம், மற்றும் மின்னழுத்தப் பெருக்கம் போன்றவையாகும். நல்ல முறையில் அமைக்கப்பட்ட பெருக்கிச் சுற்றில் உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு அதிகமாகவும், வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு மிகக் குறைவாகவும், மின்னோட்டப் பெருக்கம் அதிகமாகவும் இருத்தல் வேண்டும்.

9.11.1 செயல்பாட்டுப் புள்ளி (Operating point)

ஒரு டிரான்சிஸ்டரின் வெளியீடுச் சிறப்பு வரையில், கொடுக்கப்பட்ட வெளியீட்டுப் புற மின்தடை R_C மற்றும் அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தம் V_{CE}

மதிப்புகளுக்கு இரு புள்ளிகள் $A(V_{CC}, 0)$ மற்றும் $B (0, V_{CC}/R_C)$ முறையே V_{CE} மற்றும் I_C அச்சுகளின் மீது தெரிவு செய்யப்படுகின்றன (படம் 9.33). A மற்றும் B யை இணைத்து வெளியீட்டுக் கோடு AB பெறப்படுகிறது. வெளியீட்டுச் சிறப்பு வரையின் செயல்பாட்டுப் பகுதியில், தகுந்த அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B-க்கான வரை கோட்டை, வெளியீட்டு மின் னழுத்தம் சமச்சீராக இருக்கும்படி வெளியீட்டுக் கோடு வெட்டும் புள்ளி Q, பெருக்கியின் செயல் பாட்டுப் புள்ளி (operating point or quiescent point) எனப்படும். செயல்பாட்டுப் புள்ளியில் $I_{B(Q)}$ என்பது உள்ளீடு அடிவாய் மின்னோட்டமாகும். $V_{CE(Q)}$ மற்றும் $I_{C(Q)}$ என்பன முறையே செயல்பாட்டுப் புள்ளியில் ஏற்பான் உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தம் மற்றும் ஏற்பான் மின்னோட்டம் ஆகும்.

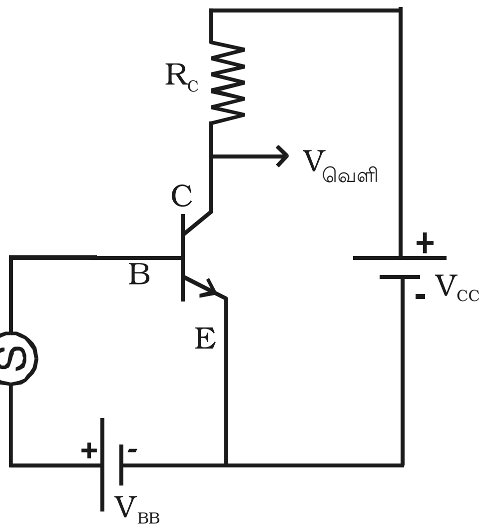


படம் 9.33 வெளியீட்டுக் கோடு செயல்பாட்டுப் புள்ளி

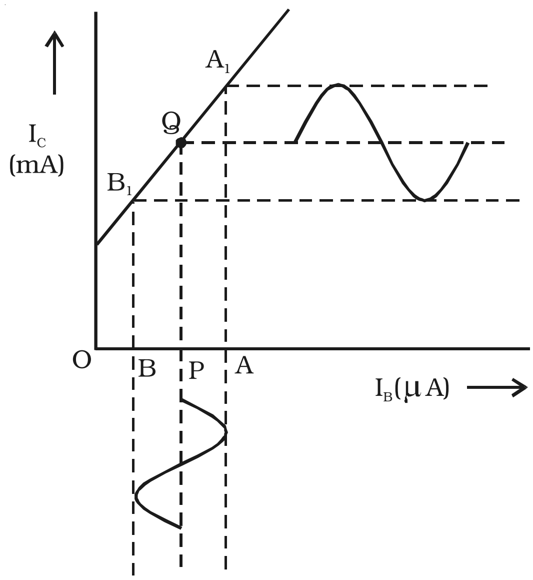
9.11.2 செயல்பாடு

ஒரு NPN டிரான்சிஸ்ட ர் பொது உமிழ்ப்பான் பெருக்கியின் அடிப் படைச் சுற்று படம் 9.34-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்கலம் V_{BB}- யைப் பயன்படுத்தி உமிழ்ப்பான்-அடிவாய் சந்திக்கு முன்னோக்குச் சார்பளிக்கப்பட்டுள்ளது. பெருக்கப்பட வேண்டிய a.c உள்ளீடு சைகை, டிரான்சிஸ்டரின் அடிவாய்க்கும் உமிழ்ப்பானுக்கும் இடையே தரப் படுகிறது. R_C என்பது வெளியிடு புறமின்தடை.

டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றின் பெருக்கும் செயல் கீழ்கண்டவாறு விளக்கப்படுகிறது. a.c சைகை செலுத்தப்படாமல் உள்ளபோது அதன் குறைந்த மைக்ரோ ஆம்பியர் அளவி லான அடிவாய் மின்னோட்டம் OP என்றும், அதற்கான மில்லி ஆம்பியர் அளவிலான ஏற்பான் மின்னோட்டம் PQ எனவும் (Q-செயல்பாட்டு புள்ளி) குறிக்கப்பட்டுள்ளன. a.c சைகை மின்னழுத்தம் தரப்படும்போது,



படம் 9.34 டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கி



படம் 9.35 உள்ளீடு மின்னோட்டத்தைச் சார்ந்து வெளியீடு மின்னோட்டம் பெறுதல்

அடிவாய் மற்றும் உமிழ்ப்பானுக்கு இடையே யான மின்னழுத்த வேறுபாடு தொடர்ந்தாற்போல் மாறுகிறது. இதன் விளைவான அடிவாய் மின்னோட்டம் (I_B), OP யிலிருந்து OA-க்கு அதிகரித்து பின்னர் OA யிலிருந்து OP க்கு குறைகிறது (உள்ளீடு a.c மின்னழுத்தத்தின் நேர் அரைச் சுற்றின்போது). அதன் பிறகு PB-க்கு குறைகிறது. மீண்டும் OB யிலிருந்து OP க்கு (உள்ளீடு a.c மின்னழுத்தத்தின் எதிர் அரைச் சுற்றின்போது) அதிகரிக்கிறது. இந்நிகழ்வு உள்ளீடு சைகை மின்னழுத்தத்தின் ஒவ்வொரு சுற்றுக்கும் நடைபெறுகிறது. அடிவாய் மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் இந்த மாற்றம் ஏற்பான் மின்னோட்டத்திலும் வெளிப்படுவது படம் 9.35-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_C - யானது PQ- விலிருந்து AA_1க்கு அதிகரித்து, பின்னர் AA_1-ல் இருந்து BB_1-க்கு குறைந்து, மீண்டும் BB_1-ல் இருந்து PQ க்கு அதிகரிக்கிறது. ஆகவே, அடிவாய் மின்னோட்டதில் மைக்ரோ ஆம்பியரில் ஏற்படும் இந்த மாறுபாடு, ஏற்பான் மின்னோட்டத்தில் மில்லி ஆம்பியரில் அதற்கிணையான மாற்றத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது. இது மின்தடை R_Cக்கு இடையே மின்னழுத்த வேறுபாட்டை உருவாக்குகிறது. R_Cக்கு இடையே மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அதிகரிப்பு, வெளியீட்டு மின்னழுத்தத்தில் குறைவை ஏற்படுத்துகிறது. எனவே, CE பெருக்கி ஒன்றின் உள்ளீடு மற்றும வெளியீடு மின்னழுத்தங்கள் எப்போதும் 180^o கட்ட வேறுபாட்டிலேயே அமையும்.

9.12 டிரான்சிஸ்டர் சார்புகள் (**Transistor biasing**)

ஒரு டிரான்சிஸ்டரைப் பயன்படுத்தி, உள்ளீடு சைகையைப் பெருக்குவதற்கு, செயல்பாட்டுப் பகுதியில் உள்ள, Q புள்ளி எனப்படும் செயல்பாட்டுப் புள்ளியில் உள்ளீடு சைகை தரப்பட வேண்டும். செயல்பாட்டுப் புள்ளி ஒரு முறை நிர்ணயிக்கப்பட்டால், அதன் நிலை எப்போதும் மாற்றப்படக் கூடாது. செயல்பாட்டுப் புள்ளி, வெளியீட்டுச் சிறப்பு வரைகளின் தெவிட்டிய கோட்டிற்கு அருகிலோ அல்லது வெட்டுப் பகுதிக்கு அருகிலோ இடம் பெயர்ந்தால், பெருக்கத்திற்குப் பின் சைகை உருக்குலைக்கப்படும்.

ஒரு டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாட்டுப் புள்ளியைச் சரியாக தேர்ந்தெடுப்பதும், மற்றும் சைகை அனுப்பப்படும் போது, சரியான உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தத்தை நிலை நிறுத்துவதும், டிரான்சிஸ்டரின் சார்பளித்தல் எனப்படும்.

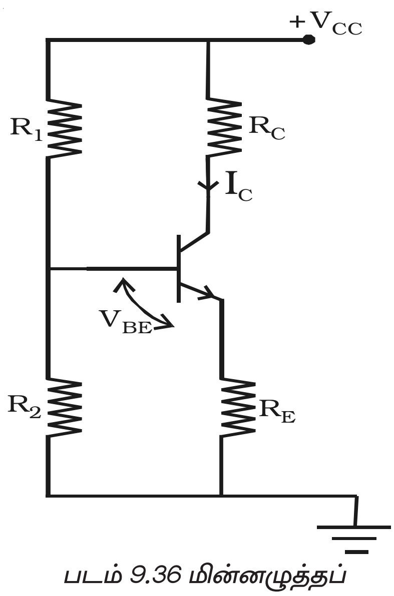
டிரான்சிஸ்டரின் சார்பளித்தலில் பெரும்பாலும் பயன்படும் வழிமுறைகளாவன. (i) அடிவாய் சார்பு (ii) உமிழ்ப்பான் பின்னூட்ட அடிவாய் சார்பு (iii) ஏற்பான் பின்னூட்ட அடிவாய் சார்பு (iv) மின்னழுத்தப் பகுப்பான் சார்பு.

இந்த அனைத்து முறைகளிலும் உட்படுத்தப்படும் தத்துவம், சுழி சைகை நிபந்தனைகளின்கீழ், செயல்பாட்டுப் புள்ளிக்குப் பொருத்தமான அடிவாய் மின்னோட்டம் பெறப்படுவதேயாகும்.

மின்னழுத்தப் பகுப்பான் சார்பைத் தவிர்த்து, மற்ற அனைத்துச் சார்புச் சுற்றுகளிலும் ஏற்பான் மின்னோட்டம், டிரான்சிஸ்டரின் மின்னோட்டப் பெருக்கத்தைச் (β) சார்ந்தமைகிறது. ஆனால், β-ஆனது டிரான்சிஸ்டரின் வெப்பநிலை மாற்றங்களுக்கு நுண்ணுணர்வு உடையதாகும். இதற்காக, சார்புச் சுற்றின் செயல்பாடு, β-வை சார்ந்திராத வண்ணம் பெறுவது விரும்பத்தக்கதாகும். மின்னழுத்தப் பகுப்பான் சார்புச் சுற்றினால் இத்தேவை பூர்த்தியாகிறது.

9.12.1 மின்னழுத்தப் பகுப்பான் சார்பு ***(Voltage divider bias)***

இது டிரான்சிஸ்டருக்கு சார்பளிக்கவும், மற்றும் நிலைப்படுத்துவதற்கும் பெரும அளவில் பயன்படுத்தப்படும் ஒரு முறையாகும். இம்முறையில் R_1 மற்றும் R_2 மின்தடைகள், மின்னழுத்த மூலத்திற்கு குறுக்காக இணைக்கப்பட்டு தேவையான (படம் 9.36) சார்பளிக்கின்றன. உமிழ்ப்பான் மின்தடை R_E நிலைப்படுத்தலைத் தருகிறது. R_2-க்குக் குறுக்கே ஏற்படும் மின்னழுத்த இறக்கம், அடிவாய் உமிழ்ப்பான் சந்திக்கு முன்னோக்குச் சார்பளிக்கிறது. இது சுழி சைகை நிலைகளில், அடிவாய் மின்னோட்டத்தை விளைவித்து, அதனால் ஏற்பான் மின்னோட்டம் பாய்கிறது



படம் 9.36 மின்னழுத்தப் பகுப்பான் சார்பு

R_E-யினால் அளிக்கப்படும் நிலைப் படுத்தலை பின்வருமாறு விளக்கலாம். β–வானது வெப்பநிலை மாற்றங்களுக்கு மிக நுண்ணுணர்வு உடையதால், வெப்பநிலை உயரும்போது ஏற்பான் மின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது. இதன் விளைவாக, I_E அதிகரிக்கிறது. இது R_E-ன் குறுக்கே ஏற்படும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அதிகரிக்கும். R_2-ன் குறுக்கே ஏற்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு, V_{BE} மற்றும் V_{R_E}-ன் கூடுதலுக்குச் சமம். R_2 மீதான

மின்னழுத்தம் I_C-யைச் சாந்ததல்ல, எனவே V_{BE} குறைகிறது. இது I_B-யை குறைக்கிறது. மற்றும் I_B-ன் குறைக்கப்பட்ட மதிப்பு, I_C-யை, மீண்டும் அதன் உண்மையான மதிப்புக்குக் கொண்டு வர ஏதுவாகிறது. எனவே β-வில் ஏற்படும் எந்த ஒரு மாற்றமும், செயல்பாட்டுப் புள்ளியில் எந்த விளைவையும் ஏற்படுத்துவதில்லை.

9.13 ஒரு கட்ட CE பெருக்கி (**Single stage CE amplifier**)

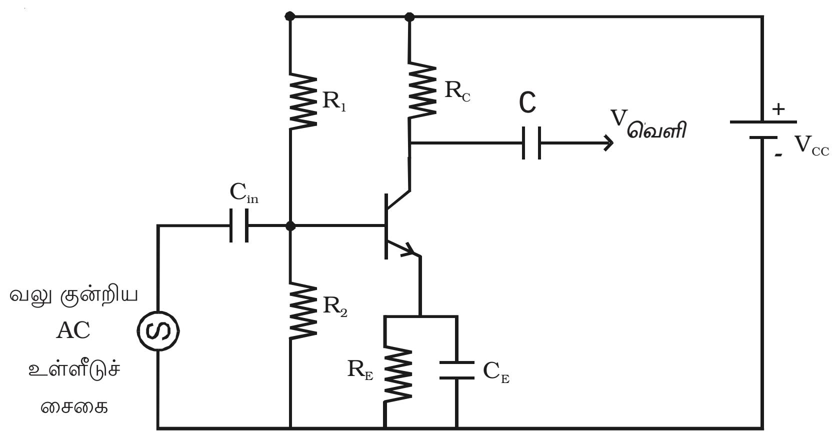
ஒரு கட்ட CE பெருக்கியை படம் 9.37 காட்டுகிறது. இதன் பல்வேறு மின்சுற்றுச் சாதனங்கள் மற்றும் அவற்றின் செயல்பாடுகள் பின்வருமாறு விளக்கப்படுகிறது.

(i) சார்புச் சுற்று : மின்தடைகள் R_1, R_2 மற்றும் R_E , சார்பளிக்கும் மற்றும் நிலைப்படுத்துதல் சுற்றை உருவாக்குகின்றன.

(ii) உள்ளீடு மின்தேக்கி ($C_{உள்}$) : இது சைகையை டிரான்சிஸ்டர் அடிவாயுடன் பிணைக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது இணைக்கப்படாவிட்டால், சைகை மூலத்தின் மின்தடை, R_2- க்கு இணையாக (parallel) அமைந்து சார்பை மாற்றியமைத்து விடும். மின்தேக்கி $C_{உள்}$, a.c சைகையை மட்டுமே செல்ல அனுமதிக்கும்.

(iii) உமிழ்ப்பான் மாற்றுவழி மின்தேக்கி (C_E) : இது பெருக்கப்பட்ட a.c சைகைக்கு, குறைந்த மின்மறுப்புள்ள பாதையை உருவாக்க, R_E-க்கு இணையாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இது பயன்படுத்தப்பவில்லையானால், பெருக்கப்பட்ட a.c. சைகை, R_E வழியே செல்லும்போது மின்னழுத்த இறக்கத்தை ஏற்படுத்தி, வெளியீடு மின்னழுத்தத்தை மாற்றும்.

(iv) பிணைப்பு மின்தேக்கி (C) : பெருக்கப்பட்ட சைகையை வெளியீட்டுச் சாதனத்துடன் பிணைப்பதற்கு இது பயன்படுத்தப்படுகிறது. இம்மின்தேக்கி a.c சைகையை மட்டுமே செல்ல அனுமதிக்கிறது.



*படம் 9.37 ஒரு கட்ட **CE** பெருக்கி*

செயல்பாடு

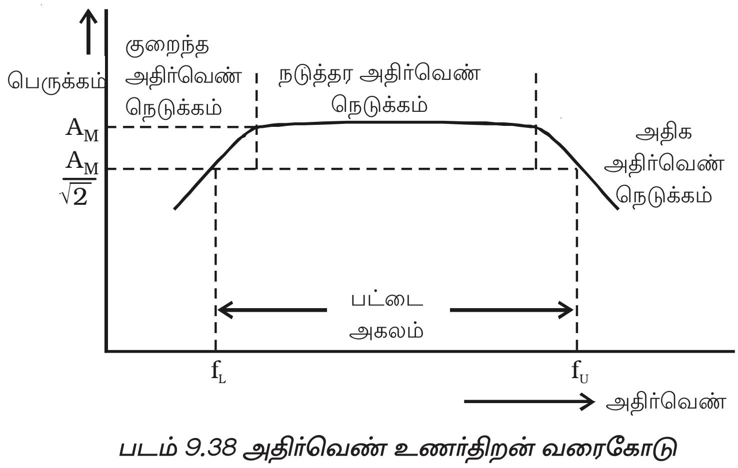
வலிமை குறைந்த a.c உள்ளீடு சைகை, டிரான்சிஸ்டரின் அடிவாய்க்கு அளிக்கப்படும்போது, சிறிய அளவில் அடிவாய் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. டிரான்சிஸ்டர் செயல்பாட்டினால், அதிக அளவு a.c மின்னோட்டம் ஏற்பான் வெளியீட்டுப் புற மின்தடை R_C வழியே பாய்வதால் R_C–க்கு குறுக்கே அதிக மின்னழுத்தம் உருவாகிறது. எனவே, வெளியீட்டில் மின்னழுத்தம் அதிகமாகிறது. ஆகவே அடிவாய்க்கு அளிக்கப்பட்ட வலிமை குறைந்த சைகை, ஏற்பான் சுற்றில் பெருக்கப்பட்ட வடிவத்தில் தோன்றுகிறது.

பெருக்கி ஒன்றின் மின்னழுத்தப் பெருக்கம் என்பது, அதன் பெருக்கப்பட்ட வெளியீட்டு மின்னழுத்தத்திற்கும், உள்ளீட்டு மின்னழுத்தத்திற்குமான தகவு ஆகும்.

அதிர்வெண் உணர்திறன் மற்றும் பட்டை அகலம்

பெருக்கி ஒன்றின் மின்னழுத்தப் பெருக்கம் (A_V) பல்வேறு உள்ளீடு அதிர்வெண்களுக்கு கண்டறியப்படுகிறது. அதிர்வெண்ணை X - அச்சிலும், மின்னழுத்தப் பெருக்கம் A_V- யை Y அச்சிலும் கொண்டு வரைகோடு வரையப்படுகிறது. பெறப்படும் அதிர்வெண் உணர்திறன் வரைகோடு படம் 9.38ல் உள்ள வடிவத்தில் அமையும். இதிலிருந்து மிகக்குறைந்த மற்றும் மிக அதிகமான அதிர்வெண்களில் பெருக்கம் குறைவதையும் நடுத்தர அதிர்வெண் பகுதியில் நீண்ட நெடுக்கத்திற்கு பெருக்கம் மாறாமல் இருப்பதையும் காணலாம்.

குறைந்த அதிர்வெண் நெடுக்கத்தில் பெருக்கியின் பெருக்கம், நடுத்தர அதிர்வெண் பெருக்கத்தைப்போன்று (A_M), $\frac{1}{\sqrt{2}}$ மடங்காக அமையக்கூடிய அதிர்வெண் தாழ்வு வெட்டு அதிர்வெண் (f_L) எனவும், அதிக அதிர்வெண் நெடுக்கத்தில் பெருக்கியின் பெருக்கம் நடுத்தர அதிர்வெண் பெருக்கத்தைப்போன்று (A_M), $\frac{1}{\sqrt{2}}$



படம் 9.38 அதிர்வெண் உணர்திறன் வரைகோடு

மடங்காக அமையக்கூடிய அதிர்வெண் உயர்வு வெட்டு அதிர்வெண் (f_U) என்றும் வரையறுக்கப்படுகிறது.

பட்டை அகலம் (bandwidth) என்பது, தாழ்வு வெட்டு மற்றும் உயர்வு வெட்டு அதிர்வெண்களுக்கு இடைப்பட்ட அதிர்வெண் இடைவெளி என வரையறுக்கப் படுகிறது.

$$\therefore \quad BW = f_U - f_L$$

9.14 பல்கட்டப் பெருக்கிகள் (**Multistage amplifiers**)

ஒற்றைப் பெருக்கியின் சைகைப்பெருக்கம், நடைமுறையில் பெரும்பாலும் போதுமானதாக இருக்காது. எனவே போதுமான அளவு பெருக்கப்பட்ட சைகைகளைப் பெற, இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட பெருக்கிகள் தொடரிணைப்பில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. முதல் கட்டத்தின் வெளியீடு அடுத்த கட்டத்திற்கு உள்ளீடாக அமையுமாறு பெருக்கிகள் பிணைக்கப்படுகின்றன. இவ்வகையில் பெருக்கிகள் இணைக்கப்படுவதை, கட்டங்களின் தொடர்பிணைப்பு (cascading) எனலாம். பல பெருக்கிகள் தொடர் வரிசையில் இணைக்கப்படும்போது அத்தொகுப்பின் மின்னழுத்தப் பெருக்கமானது, தனித்தனி பெருக்கிகளின், மின்னழுத்தப் பெருக்கங்களின் பெருக்கத் தொகைக்குச் சமமாகும்.

ஒரு கட்டத்தின் (stage) வெளியீட்டு முனைகள், அடுத்த கட்டத்தின் உள்ளீட்டுடன், பொதுவாக நேரடியாக இணைக்கப்படுவதில்லை. இரு கட்டங்களையும் இணைக்க, பொருத்தமான பிணைப்புச் சுற்றுவலை தேவைப்படுகிறது. இந்தப் பிணைப்பு சுற்றுவலை ஒரு கட்டத்தின் வெளியீட்டில் உள்ள d.c. கூறுகளை அடுத்த கட்டத்தின் உள்ளீட்டிற்கு செல்ல அனுமதிக்கக் கூடாது. இல்லையெனில் இரண்டாம் கட்டத்தின் சார்பு நிலை (Biasing) பாதிக்கப்பட்டுவிடும். மேலும், ஒரு கட்டத்திலிருந்து அடுத்த கட்டத்திற்கு சைகை செல்லும்போது ஏற்படும் மின்னழுத்த இழப்பு குறைவாக இருக்க வேண்டும். பொதுவாக, பயன்படுத்தப்படும் மூவகை இணைப்பு சாதனங்களாவன.

(i) மின்தடை - மின்தேக்கி (RC) பிணைப்பு

(ii) மின்மாற்றி பிணைப்பு (transformer coupling)

(iii) நேர்ப்பிணைப்பு (direct compliling)

RC பிணைப்பு அமைப்பு, ஒரு தொடர் மின்தேக்கி C, மற்றும் பக்க மின்தடை R-யைக் கொண்டுள்ளது. மின்தேக்கி C, d.c சைகைகளுக்கு திறந்த சுற்றுபோல் செயல்படும் வேளையில், a.c சைகைகளுக்கு ஒரு குறுக்குத்தடமாக (short circuit) செயல்படுகிறது. மின்மாற்றி பிணைப்பு அமைப்பில், மின்மாற்றியானது, a.c சைகைகள் வெளியீட்டுக்கு மாற்றப்படுவதை உறுதி செய்கின்ற அதே நேரத்தில் d.c சைகைகளிலிருந்து மின்காப்பளிக்கிறது. d.c சைகைகள் பெருக்கப்பட, சிறந்த மற்றும் எளிய பிணைப்பு நேர்ப்பிணைப்பே ஆகும்.

9.15 பெருக்கிகளில் பின்னூட்டம்

ஒரு பெருக்கியின் சிறப்பியல்புகள், அப்பெருக்கிச் சுற்றிலுள்ள, டிரான்சிஸ்டரின் பண்பளவுகளான, மின்னோட்டப் பெருக்கம், உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு, வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு போன்றவற்றை பெரிதும் சார்ந்திருக்கிறது. இப்பண்பளவுகள் டிரான்சிஸ்டரின வயதைப் பொருத்து மாறுபடலாம். உருவாக்கப்படும் விதத்தைப் பொருத்தும் ஒரே வகையான டிரான்சிஸ்டர்களின் பண்பளவுகள் வேறுபடுகின்றன. டிரான்சிஸ்டர்களின் முழுமையான செயல்பாட்டின் மீதான, விரும்பத்தகாத விளைவுகளை (எதிரிடை) எதிர்கொள்வதற்காக பின்னூட்டம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஒரு பெருக்கியின் வெளியீட்டிலிருந்து ஒரு பகுதியை எடுத்து அதன் உள்ளீட்டுடன் செலுத்துதல் பின்னூட்டம் எனப்படும். பின்னூட்டத்தினால் உள்ளீடு சைகையின் அளவு குறையுமானால், அப்பின்னூட்டம் எதிர்குறி அல்லது எதிராக்கப் பின்னூட்டம் எனவும், பின்னூட்டத்தினால் உள்ளீடு சைகையின் அளவு அதிகரிக்குமானால் அப்பின்னூட்டம் நேர்க்குறி அல்லது நேராக்கப் பின்னூட்டம் என்றும் அழைக்கப்படும்.

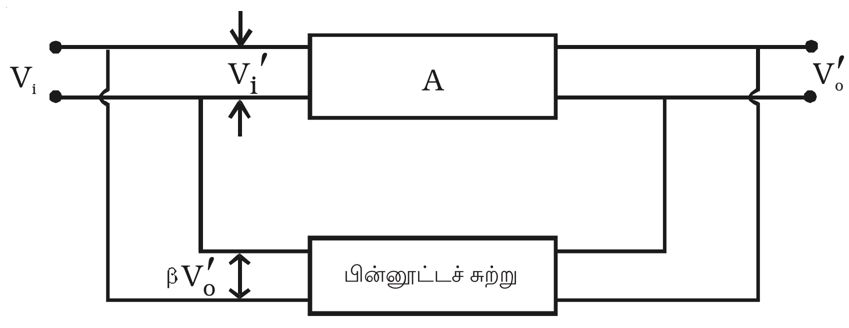
9.15.1 பின்னூட்டப் பெருக்கியின் தத்துவம்

சாதாரண பெருக்கி ஒன்றின், அதாவது பின்னூட்டமற்ற பெருக்கி ஒன்றின் வெளியீடு மற்றும் உள்ளீடு மின்னழுத்தங்கள் முறையே V_o மற்றும் V_i என்க. பெருக்கியின் மின்னழுத்தப் பெருக்கம் A எனில்

$$A = \frac{V_o}{V_i}$$

பெருக்கம் A என்பது திறந்த வளையப்பெருக்கம் என்றும் கூறப்படும்.

பின்னூட்டத்தின் பொதுவான கொள்கையை கட்டப்படத்தின் உதவியுடன் விளக்குவதை படம் 9.39 காட்டுகிறது. பின்னூட்டப் பெருக்கியானது பெருக்கி மற்றும் பின்னூட்டச் சுற்று என்ற இரு பிரிவுகளைக் கொண்டது. பின்னூட்டச் சுற்று செயல்திறனற்ற உறுப்புகளைக் (மின்தடையாக்கி, மின்தூண்டி, மின்தேக்கி) கொண்டுள்ளது. வெளியீட்டு மின்னழுத்தத்தின் ஒரு சிறு பகுதியானது, (β என்க)



படம் 9.39 பின்னூட்டப் பெருக்கி

பின்னூட்டச் சுற்றின் வழியாக உள்ளீட்டிற்கு செலுத்தப்படுகிறது. பின்னூட்டம் அளிக்கப்படும்போது வெளியீட்டு மின்னழுத்தம் V_0' என்க. எனவே, பின்னூட்டத்திற்குப் பின் உள்ளீடு மின்னழுத்தம் V_i' ஆனது

$$V_i' = Vi \pm \beta V_0' \qquad ...(1)$$

நேர்பின்னூட்டத்திற்கு, β நேர்க்குறியாகவும், எதிர்பின்னூட்டத்திற்கு β எதிர்க்குறியாகவும் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

நேர்பின்னூட்டத்திற்கு உள்ளீடு மின்னழுத்தம் $(V_i+\beta V_0')$ என்றாகும். இம்மின்னழுத்தம், பெருக்கியால் A மடங்கு பெருக்கப்படும்போது, பின்னூட்டத்திற்குப்பின் வெளியீட்டு மின்னழுத்தமானது $A(V_i + \beta V_0')$ என்றாகிறது.

$$\therefore \quad V'_o = A(V_i + \beta V'_o) \qquad ...(2)$$

$$V'_o(1-\beta A) = AV_i \qquad ...(3)$$

பின்னூட்டம் உள்ளபோது,பெருக்கியின் மின்னழுத்தப் பெருக்கம்

$$A_f = \frac{V_o'}{V_i} = \frac{A}{1-A\beta} \qquad ...(4)$$

மேலும் $|1-\beta A| < 1,\ A_f > A.$ என்பதால், நேர்பின்னூட்டம், பெருக்கியின் பெருக்கத்தை அதிகரிக்கச் செய்கிறது.

எதிர் பின்னூட்டத்திற்கு, பின்னூட்ட பின்னம் – β ஆகும்.

$$\therefore \quad A_f = \frac{A}{1-(-A\beta)} = \frac{A}{1+A\beta}$$

மேலும் $|1+\beta A| > 1,\ A_f < A$ என்பதால் எதிர்பின்னூட்டம், பெருக்கியின் பெருக்கத்தைக் குறைக்கிறது.

βA என்பதை வளைபெருக்கம் என்றும், β-வை பின்னூட்டத் தகவு என்றும் அழைக்கலாம்.

9.15.2 எதிர் பின்னூட்டத்தின் நற்பயன்கள்

கீழ்கண்டவை எதிர் பின்னூட்டத்தின் நற்பயன்கள் ஆகும்.

1. உயர்வான நிலை நிறுத்தப்பட்ட பெருக்கம்
2. இரைச்சல் அளவில் குறைப்பு
3. அதிகரிக்கப்பட்ட பட்டை அகலம்
4. அதிகரிக்கப்பட்ட உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு, மற்றும் குறைக்கப்பட்ட வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு
5. குறைந்த குலைவு

9.16 டிரான்சிஸ்டர் அலையியற்றிகள்

அலையியற்றி என்பது d.c மூலத்திலிருந்து ஆற்றலைப் பெற்று குறிப்பிட்ட காலத்தில் மாறுகின்ற வெளியீடாக மாற்றும் ஒரு எலக்ட்ரானியல் சுற்றாகும். வெளியீடு மின்னழுத்தத்தைப் பொருத்து அலையியற்றிகள், சைன் வடிவ அலையியற்றிகள், சைன் வடிவமற்ற அலையியற்றிகள் என இருவகையாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. ஒரு அலையியற்றியின் வெளியீடு மின்னழுத்தம், காலத்தைச் சார்ந்து சைன் அலைச் சார்பாக அமையுமானால் அது, சைன் வடிவ அலையியற்றி எனப்படும். அலையியற்றி ஒன்று சதுரம், செவ்வகம் போன்ற சைன் வடிவற்ற அலைவடிவத்தை தோற்றுவிக்குமானால், அது சைன் வடிவற்ற அலையியற்றி எனப்படும். எடுத்துக்காட்டு - பல்லதிர்வி (multi vibrator). அலையியற்றிகள் அதிர்வெண் நெடுக்கத்தைப் பொருத்து செவியுணர் அதிர்வெண் (AF) மற்றும் ரேடியோ அதிர்வெண் (RF) அலையியற்றிகள் என இருவகையாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன.

சைன் வடிவ அலையியற்றிகள், கீழ்க்கண்ட மூன்று வகைகளில் ஏதேனும் ஒன்றாக இருக்கலாம்.

(i) LC அலையியற்றிகள் (LC oscillators)

(ii) RC அலையியற்றிகள் (RC oscillators)

(iii) படிக அலையியற்றிகள் (Crystal oscillators)

9.16.1 அலைவு ஒன்றிற்கான பர்கௌசன் நிபந்தனை (Barkhausen condition)

நேராக்கப் பின்னூட்டம் கொண்ட பெருக்கியின் பெருக்கம்

$A_f = \dfrac{A}{1 - A\beta}$, இதில் A என்பது பின்னூட்டம் இல்லாதபோது பெருக்கியின் பெருக்க எண், β என்பது பின்னூட்டத் தகவு மற்றும் βA என்பது வளை பெருக்கம் (loop gain) ஆகும்.

$\beta A = 1$ எனும் போது $A_f \to \infty$ ஆகும். இதன் பொருள், உள்ளீடு மின்னழுத்தம் சுழியான நிலையிலும், வெளியீடு மின்னழுத்தம் பெறப்படுகிறது. அதாவது பெருக்கி அலையியற்றியாக மாறுகிறது. அலைவினை நிலை நிறுத்துவதற்கு தேவையான முக்கிய நிபந்தனை $\beta A = 1$ ஆகும். இந்த நிபந்தனையின் பொருளானது, (i) வளை பெருக்கம் $\beta A = 1$ (ii) பின்னூட்ட வலையைச் சுற்றி மொத்த கட்ட பெயர்ச்சி 0^o அல்லது 2π–ன் முழு மடங்குகளாகும்.

இவைகளே அலைவுகளுக்கான பர்கௌசன் நிபந்தனைகள் ஆகும்.

9.16.2 இசைவுறு LC சுற்றின் மூலம் சைன் அலைகளின் உருவாக்கம் (Generation of sinusoidal waves by tuned LC circuit)

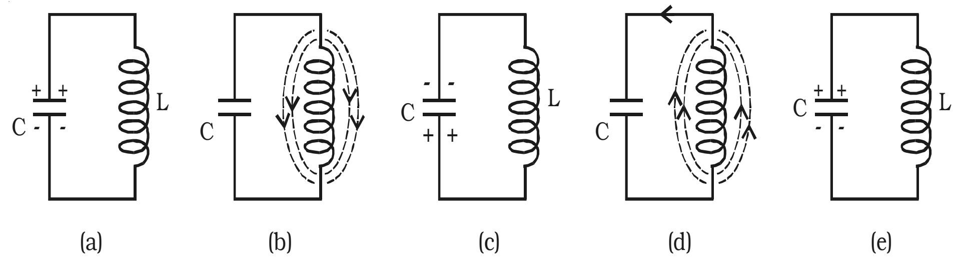
சைன் வடிவ அலையியற்றிகள், அதிர்வெண் தீர்மானிக்கும் பிரிவு, நிலைநிறுத்தும் பிரிவு என இரு முக்கியப் பிரிவுகளைக் கொண்டுள்ளன. ஒரு இசைவுறு

LC சுற்றுவலை, அதிர்வெண் தீர்மானிக்கும் பிரிவில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மின்னழுத்த மூலத்துடன் கூடிய ஒரு டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கி அலைவுகளை நிலைநிறுத்தப் பயன்படுகிறது. இந்தப் பெருக்கியானது அதிர்வெண் தீர்மானிக்கும் பிரிவின் இழப்பை ஈடு செய்யப் போதுமான அளவு பெருக்க எண் கொண்டிருக்க வேண்டும். மேலும், நேர்பின்னூட்டத்திற்கு தேவையான கட்ட மாற்றத்தை உருவாக்க வேண்டும்.

மின்தேக்கு திறன் C கொண்ட மின்தேக்கி, மற்றும் மின் தூண்டல் எண் L கொண்ட மின் தூண்டி இரண்டும் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்படுமானால் அச்சுற்று அலைவுறும் சுற்றைக் குறிக்கிறது.

படம் 9.40a-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது போல், முழுமையாக மின்னேற்றப்பட்ட மின்தேக்கி C-யானது மின் தூண்டி L-வுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கருதுவோம். மின்னேற்றம் அடைந்த மின்தேக்கி மின்நிலைமம் L-வுடன் இணைக்கப்படும்போது மின்னிறக்கம் செய்து மின்னோட்டத்தை L - வழியே செலுத்துகிறது. மேலும் தூண்டப்பட்ட காந்தப்புலம், படம் 9.40b ல் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் அமைகிறது. ஆகவே மின்தேக்கியினுள் தேக்கப்பட்ட மின்நிலையாற்றல், மின்தூண்டியுடன் தொடர்புடைய மின்காந்த ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது.

மின்தேக்கி முழுவதும் மின்னிறக்கம் செய்யப்பட்டவுடன், தூண்டப்பட்ட காந்தப்புலம் சிதைவுறத் தொடங்கி மின்னோட்டத்தை அதே திசையில் அனுப்புகிறது. மின்தேக்கி தற்போது எதிர் முனைவுடன் (Opposite polarity) மின்னேற்றமடைகிறது (படம் 9.40c). இந்நிகழ்வில் காந்தப்புலத்துடன் தொடர்புடைய ஆற்றலானது, மின் நிலையாற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. இந்த ஆற்றல் மின்தேக்கியினுள் சேமிக்கப்படுகிறது. மின்தேக்கி முழுமையாக மின்னேற்றம் அடைந்தவுடன், அது எதிர் திசையில் மின்னிறக்கம் செய்யத் துவங்கி, L மீது எதிர் திசையில் மீண்டும் காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகிறது. (படம் 9.40d) மீண்டும் காந்தப்புலம் சிதைவுற்று மின்தேக்கியை மின்னேற்றம் அடையச் செய்து, சுற்று தன் தொடக்க நிலைக்குத் திரும்புகிறது. (படம் 9.40e) இந்த மின்னேற்றம் மற்றும் மின்னிறக்க நிகழ்வுகள், அலைவுறும் மின்னோட்டத்தையும் அதனால் ஏற்படும் மின்னலைவுகளையும் LC சுற்றில் தோற்றுவிக்கின்றன. ஒரு LC சுற்று ஆற்றலை சேமிக்கும்போது அது 'தொட்டிச் சுற்று'

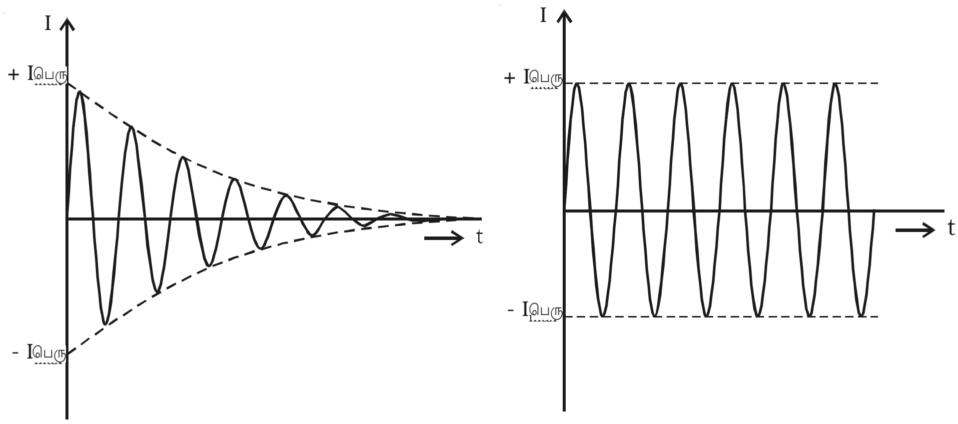


*படம் 9.40 இசைவுறு **LC** சுற்று*

என்றழைக்கப்படும். அலைவுகளின் அதிர்வெண்

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$ ஆகும்.

LC சுற்றில், எந்த ஒரு ஆற்றல் இழப்பும் இல்லையெனில் மின் அலைவுகள் கால வரையின்றி தொடர்கின்றன. நடைமுறையில் ஓரளவு மின்தடையானது எப்போதும் LC சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்டு இருப்பதால், ஒவ்வொரு அலைவுச் சுற்றின் போதும், சிறிதளவு ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படுகிறது. எனவே அலைவுகளின் வீச்சு படிப்படியாக குறையத் தொடங்கி அனைத்து ஆற்றலும் இழக்கப்பட்டு சுழியாகிறது. எனவே, சுற்றில் தடையுறு அலைவுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. (படம் 9.41**a**) $I_{\text{பெரு}}$ என்பது சுற்றில் பாயும் பெரும மின்னோட்டத்தைக் குறிக்கும்.



(a) தடையுறு அலைவுகள் *(b) தடையற்ற அலைவுகள்*

படம் 9.41 அலைவுகள்

தடையற்ற அலைவுகளை உருவாக்க, ஆற்றல் இழக்கப்படும் வீதத்திலேயே, சுற்றுக்கு ஆற்றல் தரப்பட வேண்டும். தரப்படும் ஆற்றல் LC சுற்றில் ஏற்படுத்தப்படும் அலைவுகளுடன் ஒத்த கட்டத்தில் அமைய வேண்டும். அளிக்கப்படும் ஆற்றலின் அதிர்வெண்ணானது, தொட்டிச் சுற்றின் அலைவுகளின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமமாக அமைய வேண்டும். இந்த நிபந்தனைகள் பூர்த்தி செய்யப்பட்டால், இச்சுற்று தொடர்ந்து தடையற்ற அலைவுகளை உருவாக்கும் (படம் 9.41**b**).

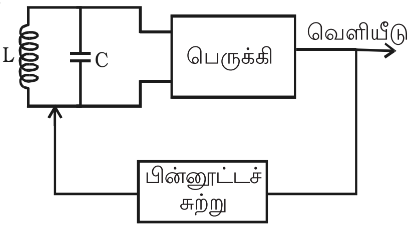
*9.16.3 ஒரு **LC** அலையியற்றியின் இன்றியமையாத பகுதிகள்*

.ஒரு அலையியற்றியின் கட்டப் படத்தை படம் 9.42 காட்டுகிறது. அதன் இன்றியமையாத பகுதிகளாவன **(i)** தொட்டிச் சுற்று **(ii)** .பெருக்கி **(iii)** பின்னூட்டச் சுற்று

(i) தொட்டிச் சுற்று : இது மின்தேக்கி Cயுடன் பக்க இணைப்பில் இணைந்துள்ள ஒரு மின்தூண்டிச் சுருள் Lயைக் கொண்டுள்ளது. இச்சுற்றின் அலைவுகளின் அதிர்வெண்,

மின்தூண்டியின் மின்தூண்டல் எண்ணையும், மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத் திறனையும் சார்ந்தது.

(ii) பெருக்கி : டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கி, மின்கலத்திலிருந்து d.c மின்திறனைப் பெற்று, தொட்டிச் சுற்றுக்கு அளிப்பதற்காக a.c மின்திறனாக மாற்றுகிறது.



படம் 9.42 அலையியற்றியின் கட்டப் படம்

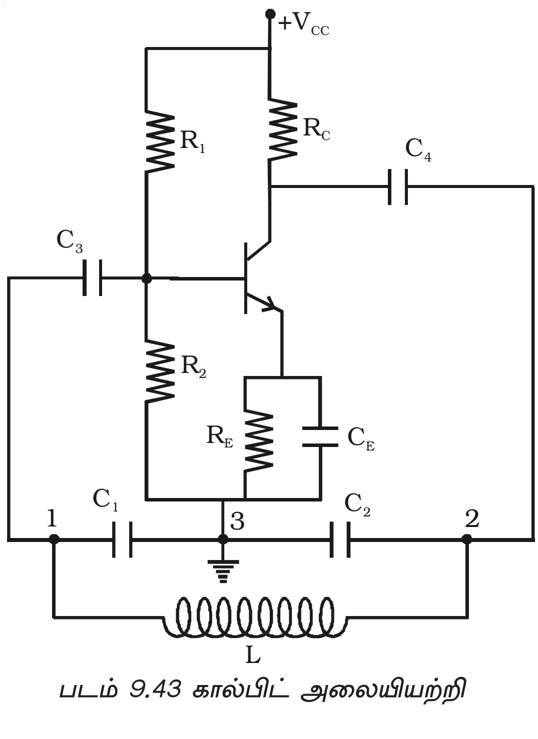
(iii) பின்னூட்டச் சுற்று : இது நேர் பின்னூட்டத்தை அளிக்கிறது. அதாவது, இந்தச் சுற்று, வெளியீட்டு ஆற்றலின் ஒரு பகுதியை தகுந்த கட்டத்தில் LC சுற்றுக்கு அளித்து, அலைவுகளைத் நிலைநிறுத்துகிறது.

9.16.4 LC அலையியற்றி

ஒரு டிரான்சிஸ்டர், அதனுடன், தொட்டி மற்றும் பின்னூட்டச் சுற்றுகள் முறையாக இணைக்கப்பட்டால், தேவையான அதிர்வெண்ணில், தடையற்ற அலைவுகளைத் தோற்றுவித்து LC அலையியற்றியாக செயல்படும். எலக்ட்ரானியல் சுற்றுகளில் பயன்படுத்தப்படக்கூடிய பல்வேறு LC அலையியற்றிகள் உள்ளன. இவற்றில் கால்பிட் அலையியற்றி செயல்படும் தத்துவம் இப்பகுதியில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

கால்பிட் அலையியற்றி (Colpitt's Oscillator)

கால்பிட் அலையியற்றியின் சுற்று வரைபடம் படம் 9.43ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்தடை R_1, R_2 மற்றும் R_E என்பன சுற்றுக்குப் போதுமான சார்பை (bias) அளிக்கின்றன. அதிர்வெண்ணைத் தீர்மானிக்கும் சுற்றானது, மின்தேக்கிகள் C_1, C_2 மற்றும் மின்தூண்டி L-ஐக் கொண்டுள்ள இணை (பக்க) ஒத்திசைவுச் சுற்றாகும். C_1 மற்றும் C_2-க்கிடையேயான சந்தி, தரையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. C_4 என்ற மின்தேக்கி d.c-யை தடுத்து, ஏற்பானிலிருந்து தொட்டிச் சுற்றுக்கு a.c பாதையை ஏற்படுத்துகிறது. தடையற்ற அலைவுகளை ஏற்படுத்தத் தேவையான நேராக்கப்



படம் 9.43 கால்பிட் அலையியற்றி

பின்னூட்டத்தை, C_1 க்கு குறுக்கேயான மின்னழுத்தம் அளிக்கிறது.

செயல்பாடு

ஏற்பான் மின்னழுத்தமூலத்தின் சாவி இணைக்கப்பட்டவுடன் தொட்டிச் சுற்றில் நிலையற்ற மின்னோட்டம் உருவாகி, தடையுறு சீரிசை அலைவுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. C_1-க்கு குறுக்கேயான அலைவுகள், அடிவாய் உமிழ்ப்பான் சந்திக்கு அளிக்கப்பட்டு, ஏற்பான் சுற்றில் பெருக்கப்பட்ட வடிவமாகத் தோன்றுகின்றன. எந்த ஒரு கணத்திலும், முனை 1-ஆனது, முனை 3-யைச் சார்ந்து, நேர்மின்னழுத்தத்தில் அமைந்தால், முனை 2-ஆனது, முனை 3-யைச் சார்ந்து, எதிர் மின்னழுத்தத்தில் அமைகிறது. ஏனெனில் முனை 3-ஆனது தரையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே புள்ளிகள் 1-ம், 2-ம் 180^o கட்ட வேறுபாட்டில் அமைகின்றன. மேலும், பெருக்கி 180^o கட்ட மாற்றத்தை உருவாக்குவதால், மொத்த கட்ட மாற்றம் 360^o ஆகும். அதாவது, தொட்டிச் சுற்றுக்கு அளிக்கப்படும் ஆற்றல் , அலைவுகளுடன் ஒத்த கட்டத்திலும் மற்றும் $\beta A = 1$ என்றும் அமைந்தால் சுற்றில் அலைவுகள் தொடர்ந்து நிலை நிறுத்தப்படுகின்றன.

சுற்றில் அலைவுகளின் அதிர்வெண், $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

இதில் $C = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2}$ ஆகும்.

$$\therefore \qquad f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{(C_1 + C_2)}{LC_1C_2}}$$

9.17 தொகுப்புச் சுற்று (Integrated circuit)

தொகுப்புச் சுற்று என்பது (IC) ஒரு சிலிக்கான் படிக மென்படலத்தின் மீது செயல்திறன் (டையோடு மற்றும் டிரான்சிஸ்டர்) மற்றும் செயல்திறனற்ற (மின்தடையாக்கி, மின்தேக்கி) உறுப்புகளையும், அவற்றின் இணைப்புகளையும் கொண்டதாகும். தனித்தனி எலக்ட்ரான் கருவிகளைக் கொண்டு ஏற்படுத்தப்படும் சுற்றுக்களைக் காட்டிலும் தொகுப்புச் சுற்றுக்கு கீழ்க்கண்ட நற்பயன்கள் உண்டு.

(i) மிகமிகச் சிறிய உருவ அமைப்பு

(ii) குறைந்த திறனை நுகரும்

(iii) நம்பகத் தன்மை

(iv) மலிவான விலை

(v) மிகமிகச் சிறிய எடை

(vi) எளிதில் மாற்றும் வசதி (replacement)

தொகுப்புச் சுற்றுகள் பல வகைகளில் பயன்படுகின்றன. இதன் இரு பெரும் பிரிவுகள் இலக்க தொகுப்புச் சுற்று (Digital IC) மற்றும் நேர்போக்கு தொகுப்புச் சுற்று* (Linear IC) ஆகும். இரு வேறு IC தொழில் நுட்பங்கள் மூலம் ஒற்றை படிகத் தொகுப்புச் சுற்று (monolithic IC) மற்றும் இனக்கலப்பு (Hybrid) தொகுப்புச் சுற்று என பிரிக்கப்படுகின்றது.

ஒற்றைப்படிக தொகுப்புச் சுற்றில் செயல்திறன் மிக்க கருவிகள், செயல் திறனற்ற உறுப்புகள் மற்றும் அவற்றிற்கிடையே உள்ள இணைப்புகள் யாவும் ஒற்றைச் சிலிக்கன் படிவத்தின் மேல் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரே மாதிரியான மின்னோட்டங்கள் அதிக அளவில் வரும் போது, இந்த ஒற்றைப் படிகச் சுற்றுகள் பயன்படுகின்றன. இதனால் செலவு குறைவதுடன் நம்பகத்தன்மை மிக்கதாகவும் அமைகிறது. இனக் கலப்புச் (Hybrid) சுற்றில் பீங்கான் அடித்தளத்தில் தனித்தனியான உறுப்புகள் வைக்கப்பட்டு அவற்றிற்கிடையேயான இணைப்புகள் உலோக இணைப்புகளாகவோ அல்லது கம்பிகளாகவோ அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

சில்லுகளின் (chips) அளவு 40 × 40 mils (ஒரு mil என்பது 0.001 inch) முதல் 300 × 3000 mils வரை சுற்றின் கடினத் தன்மையை பொறுத்து அமையும். ஒரு சில உறுப்புகளிலிருந்து ஆயிரக்கணக்கான உறுப்புகள் வரை எவ்வளவு வேண்டுமானாலும் ஒரு சில்லில் உருவாக்க முடியும். தொகுப்புச் சுற்றுகள் இரட்டை உள் கட்டமைப்பு (Dual in line package, DIP) முறையில் கிடைக்கின்றன.

9.18 இலக்க எலக்ட்ரானியல் (Digital electronics)

கணிப்பொறிகள் (computers) இலக்கங்களைக் (digits) கொண்டு கணக்கீடுகளை செய்யும் முறையைப் பின்பற்றி டிஜிட்டல் (digital) என்ற சொல் உருவானது. முதலில் .இலக்க எலக்ட்ரானியல், கணிப்பொறிகளுக்கு மட்டுமே பயன்படுத்தப்பட்டது. ஆனால், தற்போது இலக்க நுட்பமானது தொலைபேசி முறை, ரேடார் மருத்துவக் கருவிகள், கப்பல் மற்றும் ஆகாய விமானங்களை வழி நடத்துதல் (Navigation) மற்றும் ராணுவ அமைப்புகள் போன்ற பல துறைகளில் பயன்படுகிறது. இலக்க எலக்ட்ரானியல் இரு நிலைகளை மட்டுமே கொண்ட சுற்றுகளையும், அமைப்புகளையும் கொண்டது. இவை மின்னழுத்த மட்டங்களால் குறிக்கப்படுகின்றன. மின்னோட்ட மட்டங்கள், திறந்து (அ) மூடும் (இயக்கும்) சாவி அமைப்புகள் போன்ற சுற்றுக்களும் இந்த இரு நிலைகளைக் குறிப்பிடுகின்றன.

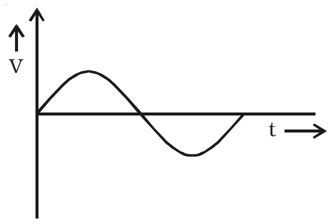
தொடர் மின் சைகைகள் (Analog signal)

சைகை மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்தத்தின் வடிவம் தொடர்ச்சியாக, காலத்தைப் பொருத்து மாறுகின்ற மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்னோட்டமாக (சைன்

***இலக்க ICs** : இலக்க சைகைகளைச் செயல்படுத்தும் தொகுப்புச் சுற்றுகள் இலக்க ICs எனப்படும்.*

***நேர்போக்கு ICs** : தொடர் மின் சைகைகளைச் செயல்படுத்தும் தொகுப்புச் சுற்றுகள் நேர்போக்கு **ICs** எனப்படும்.*

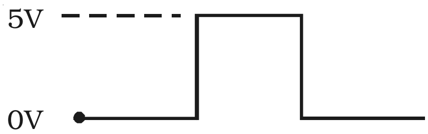
அலை) உள்ளது. இந்தச் சைகைகளை தொடர்ச்சியான அல்லது தொடர் மின் சைகைகள் என்கிறோம். படம் 9.44ல் தொடர்மின் சைகையின் மாதிரி கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.44 தொடர் மின் சைகை

இலக்கச் சைகை மற்றும் லாஜிக் மட்டங்கள் (Digital signal and logic levels)

படம் 9.45ல் ஒரு இலக்கச் சைகை (துடிப்பு) காட்டப்பட்டுள்ளது. இது உயர்வு **(High)** மற்றும் தாழ்வு **(Low)** என்ற இரு வெவ்வேறு மட்டங்களைக் கொண்டுள்ளது. பெரும்பாலும் எது அதிக நேர்த்தன்மை கொண்டதோ அதனை High (உயர்வு) என்று கருதி லாஜிக் 1 என்று குறிப்பிடுகிறோம். மற்றொன்று தாழ்வு (Low) என்று கருதப்பட்டு லாஜிக் 0 என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. இவ்வாறு அதிக நேர்த்தன்மை மின்னழுத்த நிலையில் லாஜிக் 1 எனப் பயன்படுத்தும் முறை நேர்க்குறி லாஜிக் அமைப்பு ஆகும். படத்தில் மின்னழுத்தம் 5V லாஜிக் 1-யும், மற்றும் 0V லாஜிக் 0-யையும் குறிக்கிறது.



படம் 9.45 இலக்கச் சைகை

எதிர் லாஜிக் அமைப்பில், இரு வேறுபட்ட மட்டங்களில் எது அதிக எதிர்தன்மை கொண்டதோ அதை லாஜிக் 1 என்றும் மற்றொன்றை லாஜிக் 0 என்றும் கூறலாம். நேர் மற்றும் எதிர் லாஜிக் இரண்டுமே இலக்க அமைப்பில் பயன்படுகின்றன. ஆனால் லாஜிக் கேட்டுகளில் நேர் லாஜிக் அதிகம் பயன்படுகிறது. எனவே நாம் நேர் வகை லாஜிக் முறையில் மட்டுமே லாஜிக் கேட்டுகளை விளக்க முற்படுகிறோம்.

*9.18.1 லாஜிக் கேட்டுகள் (**Logic gates**)*

இலக்கச் சைகைகள் செயல்படுவதற்குப் பயன்படும் சுற்றுகள் லாஜிக் கேட்டுகள் எனப்படும். இவை இயல்பிலேயே இருமநிலை (Binary) கொண்டவை. கேட் என்பது ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட உள்ளீடுகளுக்கு ஒரே ஒரு வெளியீடு கொண்ட இலக்கச் சுற்றாகும். ஒரு சில குறிப்பிட்ட உள்ளீடுகளுக்கு மட்டும் வெளியீடு கிடைக்கும்படியாக லாஜிக் கேட்டுகள் அமைகின்றன. இவற்றை அடிப்படையாகக் கொண்டு பல இலக்கச் சுற்று அமைப்புகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. 0 மற்றும் 1 என்ற எண்கள் ஒரு லாஜிக் சுற்றின் இரண்டு நிலைகளை எடுத்துக்காட்டும். இரு நிலைகளை இயக்கு (on) மற்றும் நிறுத்து (off) அல்லது உயர்வு (High) மற்றும் தாழ்வு (Low) அல்லது சரி (true) மற்றும் தவறு (false) என்று குறிப்பிடலாம்.

*9.18.2 வேறுபட்ட பாகங்களைக் கொண்ட அடிப்படை லாஜிக் கேட்டுகள் (**The basic logic gates using discrete components**)*

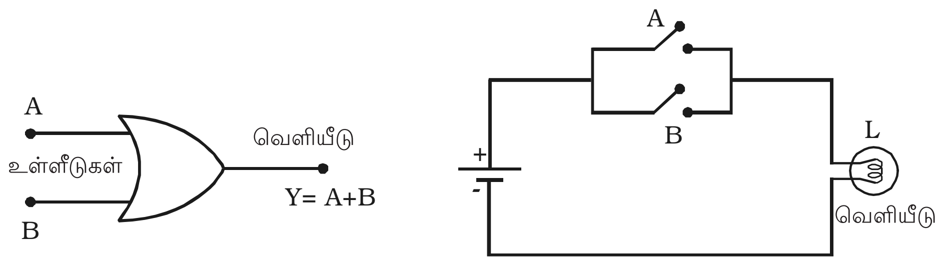
இலக்க அமைப்பை உருவாக்கும் அடிப்படை உறுப்புகள் OR, AND மற்றும் NOT கேட்டுகள் ஆகும். இவை மூன்றும் அடிப்படை லாஜிக் கேட்டுகள் என

அழைக்கப்படுகின்றன. லாஜிக் சுற்றிலுள்ள எல்லா வகை உள்ளீடுகளும் வெளியீடுகளும் ஒரு அட்டவணை (table) மூலம் காட்டப்படுகின்றன. இது உண்மை அட்டவணை எனப்படும் (Truth table). அடிப்படை கேட்டுகளின் செயல்பாடுகள், சுற்றுப்படங்களுடனும் உண்மை அட்டவணையுடனும் கீழே விளக்கப்படுகின்றன.

(i) OR கேட்

OR கேட் என்பது இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட உள்ளீடுகளையும் ஒரு வெளியீட்டையும் கொண்டது. இதன் உள்ளீடுகளில் ஏதேனும் ஒன்று அல்லது அனைத்து உள்ளீடுகளும் உயர்வு (High) நிலையில் இருந்தால் மட்டுமே வெளியீடும் உயர்வு (High) நிலையில் அமையும். எனவே இது OR கேட் என அழைக்கப்படுகிறது. இரு உள்ளீடுகள் கொண்ட OR கேட்டின் லாஜிக் குறியீடு படம் 9.46aல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

OR கேட்டின் பூலியன் சமன்பாடு y = A+B (+ குறியை OR எனப் படிக்க வேண்டும்).



(a) லாஜிக் குறியீடு *(b) மின் சுற்று*

*படம் 9.46 **OR** கேட்*

மின் சுற்றாகச் செயல்படும் OR கேட் படம் 9.46bல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இங்கு சாவிகள் இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக (Parallel) அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இரண்டு சாவிகளும் மூடப்படும் பொழுது அல்லது ஏதேனும் ஒன்று மூடப்படும்போது விளக்கு எரியும்.

டையோடு OR கேட்

படம் 9.47-ல் டையோடுகளைக் கொண்டு உருவாக்கப்பட்ட இரு உள்ளீடு கொண்ட OR கேட்டின் எளிய சுற்று கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தச் சுற்றின் செயல்பாடு கீழே விளக்கப்பட்டுள்ளது.

நேர்வு (i) A = 0 மற்றும் B = 0

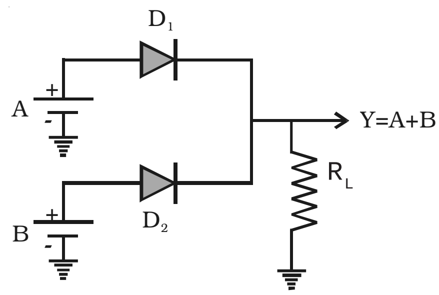
A வும் B யும் சுழிநிலையில் அமைந்தால் வெளியீடு மின்னழுத்தம் குறைவாக (தாழ்வு) (low) அமையும். ஏனெனில் டையோடுகள் கடத்தியாகச் செயல்படவில்லை.

நேர்வு (ii) A = 0, B = 1

அட்டவணை 9.1

***OR* கேட்டிற்கான உண்மை அட்டவணை**

உள்ளீடுகள்		வெளியீடு
A	B	Y = A + B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



*படம் 9.47 டையோடுகள் பயன்படுத்தப்பட்ட **OR** கேட்*

A குறைவு (low) B உயர்வு (high) என்ற நிலையில், டையோடு D_2 முன்னோக்குச் சார்பில் அமைவதால் R_L வழியே மின்னோட்டம் பாயும், மற்றும் வெளியீடு உயர்வு (High) என அமையும்.

நேர்வு (iii) A = 1 மற்றும் B = 0.

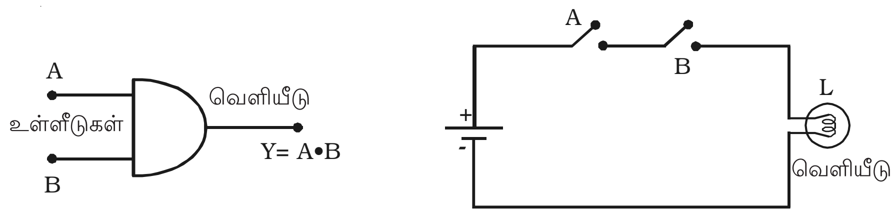
A உயர்வு (High) B குறைவு (Low) என்ற நிலையில், டையோடு D_1 கடத்தியாகச் செயல்படும். எனவே வெளியீடு உயர்வு (High) என அமையும்.

நேர்வு (iv) A = 1, B = 1

A மற்றும் B இரண்டும் உயர்வு (High) என்ற நிலையில், டையோடுகள் D_1, D_2 இரண்டும் கடத்தியாகவும், வெளியீடு உயர்வு (High) ஆகவும் அமையும். எனவே Y–ம் உயர்வு (High) ஆக அமையும். OR கேட்டின் செயல்முறை ஒரு உண்மை அட்டவணை மூலம் (அட்டவணை 9.1) காட்டப்பட்டுள்ளது.

(ii) AND கேட்

AND கேட் என்பது இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட உள்ளீடுகளையும் ஒரு வெளியீட்டையும் கொண்டது ஆகும். எல்லா உள்ளீடுகளும் உயர்வு (High) என்ற நிலையில் மட்டுமே வெளியீடு உயர்வு (High) ஆக அமையும். இந்தக் காரணத்தால்



***(a)** லாஜிக் குறியீடு*   ***(b)** மின் சுற்று*

*படம் 9.48 **AND** கேட்*

இது AND கேட் என அழைக்கப்படுகிறது. இரு உள்ளீடு AND கேட்டின் லாஜிக் குறியீடு படம் 9.48a-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

AND கேட்டின் பூலியன் சமன்பாடு $y = A.B$

(. என்பதை AND என்று படிக்க வேண்டும்)

மின் சுற்றாகச் செயல்படும் AND கேட்டின் படம் 9.48b-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இங்கு சாவிகள் இரண்டும் தொடர் இணைப்பில் (series) உள்ளன. A மற்றும் B இரண்டும் மூடப்பட்டால் மட்டுமே விளக்கு எரியும். மற்றும் வெளியீடு உயர்வு (High) ஆக அமையும்.

*டையோடு **AND** கேட்*

படம் 9.49-ல் டையோடு கொண்டு உருவாக்கப்பட்ட இரு உள்ளீடு கொண்ட AND கேட்டின் எளிய சுற்று கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தச் சுற்றின் செயல்பாடு கீழே விளக்கப்படுகிறது.

நேர்வு **(i)** $A = 0$, $B = 0$

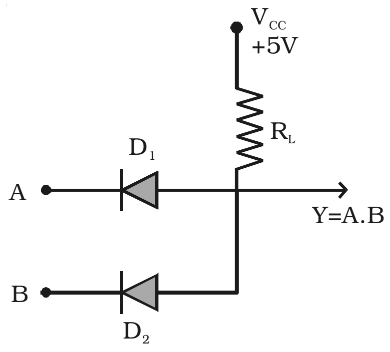
A மற்றும் B இரண்டும் சுழி நிலையில் இருந்தால் இரண்டு டையோடுகளும் முன்னோக்குச் சார்பில் அமையும் மேலும் கடத்தியாகவும் செயல்படும். ஆகவே வெளியீடு சுழி மதிப்பைப் பெறும். ஏனெனில், கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம் V_{CC} ஆனது R_L -க்கு இடையே தோன்றும். எனவே $Y = 0$

நேர்வு **(ii)** $A = 0$ மற்றும் $B = 1$

$A = 0$ மற்றும் B உயர்வு (High) என்ற நிலையில் டையோடு D_1 முன்னோக்குச் சார்பிலும், டையோடு D_2 பின்னோக்குச் சார்பிலும் அமையும். டையோடு D_1 முன்னோக்குச் சார்பின் காரணமாக கடத்தியாகச் செயல்படும். எனவே வெளியீடு, $Y=0$.

நேர்வு **(iii)** $A = 1$, $B = 0$

இந்த நிலையில் டையோடு D_2 கடத்தியாகச் செயல்படும். எனவே வெளியீடு சுழி மதிப்பைப் பெறும். எனவே $Y = 0$.



*படம் 9.49 டையோடுகள் பயன்படுத்தப்பட்ட **AND** கேட்*

*அட்டவணை 9.2 **AND** கேட்டிற்கான உண்மை அட்டவணை*

உள்ளீடுகள்		வெளியீடு
A	B	$Y = A \cdot B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

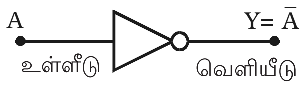
நேர்வு (iv) A = 1 மற்றும் B = 1

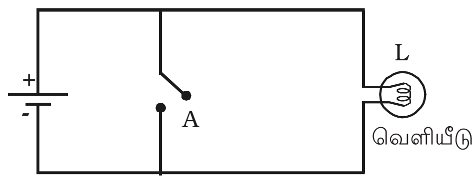
இந்த நிலையில் இரண்டு டையோடுகளும் கடத்தாது. D_1 மற்றும் D_2 இரண்டும் திறப்பு (OFF) நிலையில் உள்ளதால் R_L வழியே மின்னோட்டம் பாயாது. வெளியீடு, கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்திற்குச் சமமாக அமையும். எனவே Y = 1.

உள்ளீடுகள் A மற்றும் B அதிகமாக உள்ளபோது மட்டுமே வெளியீடு அதிகமாக இருப்பதை அறியலாம். AND கேட் செயல்பாடுகளின் தொகுப்பு அட்டவணை 9.2ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

(iii) NOT கேட் (புரட்டி) (Inverter)

NOT கேட்டிற்கு ஒரு உள்ளீடும் ஒரு வெளியீடும் மட்டுமே உண்டு. இது அவ்வாறு அழைக்கப்பட காரணம், இதன் வெளியீடு உள்ளீட்டின் நிரப்பி (complement) ஆகும். இதனை புரட்டி என்றும் கூறலாம். படம் 9.50a ல் NOT கேட்டின் குறியீடு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.





NOT கேட்டின் பூலியன் சமன்பாடு $Y = \overline{A}$

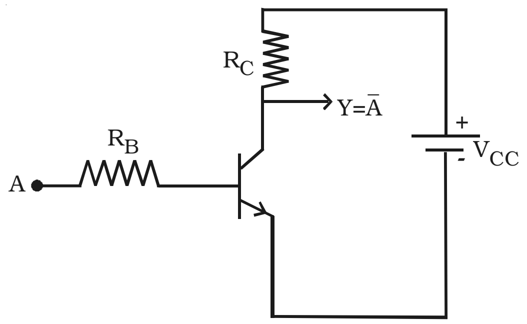
***(a)** லாஜிக் குறியீடு*

***(b)** மின்சுற்று*

*படம் 9.50 **NOT** கேட்*

மின் சுற்றாகச் செயற்படும் NOT கேட்டின் படம் 9.50b ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. சாவி A மூடப்படும்போது உள்ளீடு உயர்வாக (High) அமையும். விளக்கு எரியாது. அதாவது வெளியீடு குறைவு (low) என அமையும். உள்ளீடு குறைவு எனில், வெளியீடு உயர்வு என அமையும்.

படம் 9.51ல் காட்டப்பட்டுள்ள CE நிலை டிரான்சிஸ்டர் இங்கு NOT கேட்டாகப் பயன்படுகிறது. உள்ளீடு A, உயர்வு (High) நிலையில் உள்ள போது டிரான்சிஸ்டர் தெவிட்டு நிலையை அடையும். எனவே வெளியீடு Y குறைவாக அமையும். உள்ளீடு A, குறைவு (low) நிலையில் உள்ள போது டிரான்சிஸ்டர் செயல்படாது. எனவே வெளியீடு Y, உயர்வு (high) நிலையை அடையும். உள்ளீடு உயர்வாக உள்ளபோது வெளியீடு குறைவாகவும் மற்றும் மாறியும் அமையும். NOT கேட்டிற்கான செயல்முறை அட்டவணை 9.3ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



*படம் 9.51 **NOT** கேட்டாக பயன்படும் டிரான்சிஸ்டர்*

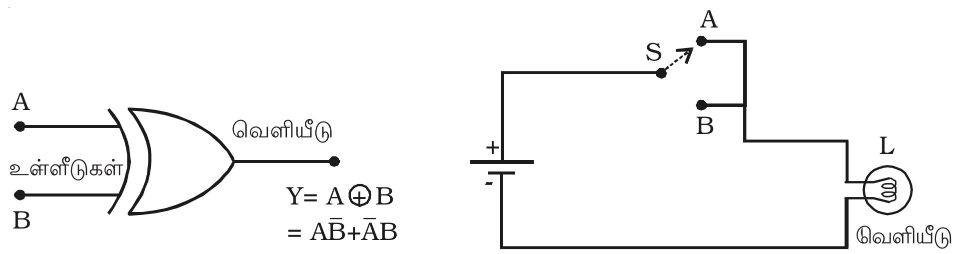
அட்டவணை 9.3

NOT கேட்டிற்கான ***உண்மை அட்டவணை***

உள்ளீடு	வெளியீடு
A	Y = $\bar{A}$
0	1
1	0

*9.18.3 தனித்த **OR** கேட் (**EXOR** கேட்)*

தனித்த OR கேட்டின் லாஜிக் குறியீடு படம் 9.52a-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



***(a)** லாஜிக் குறியீடு* ***(b)** மின்சுற்று*

*படம் 9.52 தனித்த **OR** கேட்*

EXOR கேட்டிற்கான பூலியன் சமன்பாடு

$$Y = A \oplus B = A\bar{B} + \bar{A}B$$

உள்ளீடுகள், ஒன்றின் நிரப்பியாக **(complement)** மற்றொன்று அமையும் போது மட்டுமே OR கேட்டின் வெளியீடு 1 என அமையும். இதற்குச் சமமான சாவிச்சுற்று படம் 9.52b-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

சாவிகள் A மற்றும் B தனியாக விளக்கை எரியச் செய்யும் ஆனால் A மற்றும் B இரண்டும் சேர்ந்து எரியச் செய்யாது.

EXOR கேட்டின் செயல்முறை அட்டவணை 9.4 ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 9.4

EXOR கேட்டின் உண்மை அட்டவணை

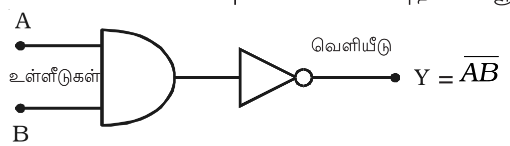
உள்ளீடுகள்		வெளியீடு
A	B	Y = A ⊕ B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

9.18.4 ***NAND*** *கேட்*

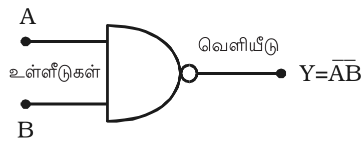
இது ஒரு NOT-AND கேட் ஆகும். ஒரு AND கேட்டின் வெளியீட்டில் ஒரு NOT கேட்டை இணைப்பதால் NAND கேட் உண்டாகும் (படம் 9.53a).

NAND கேட்டின் லாஜிக் குறியீடு படம் 9.53bல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

NAND கேட்டின் செயல்பாட்டிற்கான பூலியன் சமன்பாடு $Y = \overline{AB}$



(a) AND கேட்டைத் தொடர்ந்து NOT கேட்



(b) லாஜிக் குறியீடு

படம் 9.53 ***NAND*** *கேட்*

NAND கேட்டின் செயல்பாடு AND கேட்டின் செயல்பாட்டின் திருப்புதல் ஆகும். இரண்டு உள்ளீடுகளும் 1 என்ற நிலையில் இல்லாதிருந்தால் மட்டுமே NAND கேட்டில் வெளியீடு கிடைக்கும். அதாவது A அல்லது B யில் ஏதேனும் ஒன்று அல்லது இரண்டும் 0 என அமைந்தால் மட்டுமே வெளியீடு 1 கிடைக்கும். NAND கேட்டின் செயல்பாடு அட்டவணை 9.5-ல் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது.

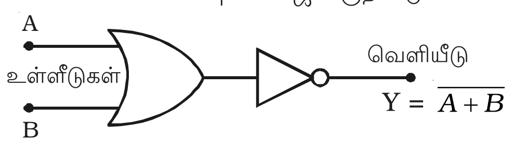
அட்டவணை 9.5 NAND கேட்டிற்கான உண்மை அட்டவணை

உள்ளீடுகள்		வெளியீடு
A	B	$Y = \overline{AB}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

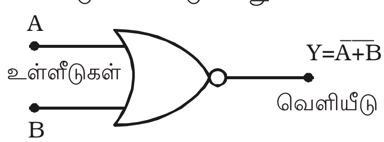
9.18.5 ***NOR*** *கேட்*

இது NOT-OR கேட் ஆகும். ஒரு OR கேட்டுடன் புரட்டியை வெளியீட்டில் இணைப்பதால். NOR கேட் பெறப்படுகிறது (படம் 9.54a).

NOR கேட்டின் லாஜிக் குறியீடு படம் 9.54b–ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



(a) OR ஐத் தொடர்ந்து NOT கேட்



(b) லாஜிக் குறியீடு

படம். 9.54 ***NOR*** *கேட்*

NOR கேட்டின் பூலியன் சமன்பாடு $y = \overline{A+B}$

NOR கேட்டின் செயல்பாடு OR கேட்டின் செயல்பாட்டின் திருப்புதல் ஆகும். ஒரு NOR கேட்டின் வெளியீடு, அதன் உள்ளீடுகள் 0 என்று இருந்தால் மட்டுமே ஏற்படும்.

அதாவது ஒரு NOR கேட்டின் அனைத்து உள்ளீடுகளும் குறைவாக (Low) இருந்தால் மட்டுமே வெளியீடு உயர்வு (High) என அமையும். NOR கேட்டிற்கான செயல்முறை அட்டவணை 9.6 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 9.6 NOR கேட்டின் உண்மை அட்டவணை

உள்ளீடுகள்		வெளியீடு
A	B	$Y = \overline{A+B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

9.18.6 டீ-மார்கன் தேற்றங்கள் (De-Morgan's Theorems)

டீ-மார்கனின் இரண்டு தேற்றங்களும் NOR மற்றும் NAND கேட்டுகளின் செயல்பாடு களை விளக்க மிகவும் முக்கியமானதாக அமைகின்றன. NOR கேட்டின் மூலம் செயல்படுகின்ற $\overline{A+B}$ நிகழ்வு $\overline{A} \cdot \overline{B}$ நிகழ் விற்குச் சமம். மற்றும் NAND கேட் மூலம் செயல்படுகிற $\overline{A.B}$ நிகழ்வு $\overline{A}+\overline{B}$ க்கு சமம் என தேற்றங்கள் மூலம் அறியலாம்.

முதல் தேற்றம்

கூடுதலின் நிரப்பி (complement) நிரப்பிகளின் பெருக்கற்பலனுக்குச் சமமாக அமையும். A மற்றும் B என்பன உள்ளீடுகள் எனில் $\overline{A+B}=\overline{A} \cdot \overline{B}$

இரண்டாம் தேற்றம்

பெருக்கற்பலனின் நிரப்பியானது (complement) நிரப்பிகளின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும். A மற்றும் B என்பது உள்ளீடுகள் எனில் $\overline{A \cdot B}=\overline{A}+\overline{B}$.

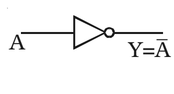
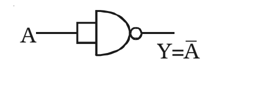
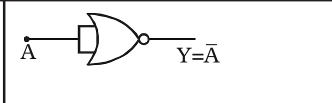
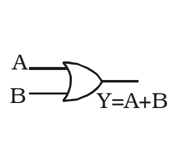
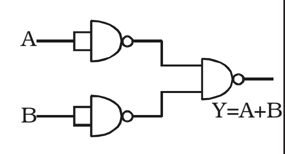
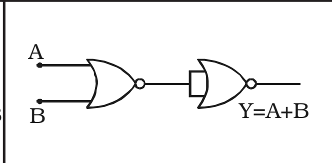
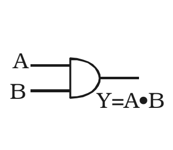
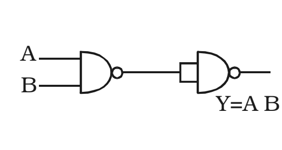
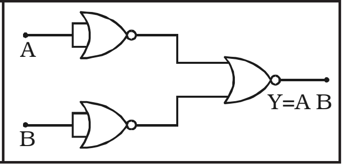
இரண்டு மாறிகளைக் கொண்டு தேற்றங்கள் நிருபிக்கப்படுகின்றன. அதன் முடிவுகள் உண்மை அட்டவணை 9.7 ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 9.7 டீ-மார்கன் தேற்றங்களை நிரூபிக்கும் அட்டவணை

A	B	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{A \cdot B}$	$\overline{A}+\overline{B}$	$\overline{A+B}$	$\overline{A} \cdot \overline{B}$
0	0	1	1	1	1	1	1
0	1	1	0	1	1	0	0
1	0	0	1	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0

*9.18.7 பொது கேட்டுகளாக **NAND** மற்றும் **NOR** கேட்டுகள் **(NAND and NOR as universal gates)***

*அட்டவணை 9.8 **NAND / NOR** கேட்டுகளைப் பயன்படுத்துதல்*

லாஜிக் சார்பு	குறியீடு	NAND கேட்டுகளை மட்டும் பயன்படுத்தும் சுற்றுகள்	NOR கேட்டுகளை மட்டும் பயன்படுத்தும் சுற்றுகள்
NOT			
OR			
AND			

NAND மற்றும் NOR கேட்டுகள் பொது கேட்டுகள் என அழைக்கப்படக் காரணம், இவை மற்ற அடிப்படை லாஜிக் செயல்பாடுகளை செய்யக் கூடியவை. NAND மற்றும் NOR கேட்டுகளைப் பயன்படுத்தி அடிப்படை லாஜிக் கேட்டுகள் ஆன NOT, OR மற்றும் AND அமைக்கப்படுவதை அட்டவணை 9.8 மூலம் அறியலாம்.

*9.18.8 பூலியன் அல்ஜிப்ரா (**Boolean Algebra**)*

தருக்க முறை இயற்கணிதத்தை (algebra of logic) ஜார்ஜ் பூலி (George Boole) என்பவர் உருவாக்கியதால், அவர் பெயராலேயே பூலியன் அல்ஜிப்ரா என வழங்கப்படுகிறது. இது, கணிப்பொறிக் கருவிகளைச் செயல்படுத்தப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த அல்ஜிப்ராவின் விதிகள் எளிமையானவை. வேகமானவை மற்றும் மிகச் சரியானவை. சிக்கலான லாஜிக் சமன்பாடுகளை எளிமையான முறையில் தீர்க்க இந்த அல்ஜிப்ரா பயன்படுகிறது.

பூலியன் அல்ஜிப்ராவின் விதிகள் மற்றும் தேற்றங்கள்

அடிப்படையான பூலியன் அல்ஜிப்ரா விதிகளைக் கொண்டு தேவையான வெவ்வேறு பூலியன் சமன்பாடுகளைப் பெற முடியும்.

அடிப்படை விதிகள்.

பரிமாற்று விதிகள் (Commutative laws)

$$A + B = B + A$$

$$AB = BA$$

சேர்ப்பு விதிகள் (Associative laws)

$$A + (B + C) = (A + B) + C$$

$$A\ (BC) = (AB)\ C$$

பங்கீட்டு விதி (Distributive law)

$$A\ (B+C) = AB + AC$$

புதிய சமன்பாடுகள்

$A + 0 = A$

$A + 1 = 1$

$A.0 = 0$

$A.1 = A$

$A + A = A$

$A + \overline{A} = 1$

$A.A = A$

$A\ .\overline{A} = 0$

$\overline{\overline{A}} = A$

சிறப்புத் தேற்றங்கள் (Special theorems)

$A + AB = A$

$(A + B)\ (A + C) = A + BC$

$A\ (A + B) = A$

$A + \overline{A}B = A + B$

$A\ (\overline{A} + B) = AB$

$(A + B)\ (\overline{A} + C) = AC + \overline{A}B$

$AB + \overline{A}C = (A + C)\ (\overline{A} + B)$

ஒற்றை மாறிகளைக் (variables) கொண்ட தேற்றங்களை நிரூபிக்கும்போது அந்த மாறிகளுக்கு உகந்த எல்லா மதிப்புகளையும் கருத வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக $A + 0 = A$ என்ற தேற்றத்தை எடுத்துக்கொள்வோம்.

$A = 0$ எனில் $0 + 0 = 0 = A$

மற்றும் $A = 1$ எனில் $1 + 0 = 1 = A$

எனவே, தேற்றம் நிரூபிக்கப்பட்டது.

ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மாறிகள் (variable) கொண்ட தேற்றங்களை நிரூபிக்கும் போது அதற்கான உண்மை அட்டவணை (Truth table) எழுதப்பட வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக $A + AB = A$ என்ற தேற்றத்தினை நிரூபிக்கும் உண்மை அட்டவணை அட்டவணை 9.9 ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 9.9 A + AB = A என்ற தேற்றத்தை நிருபிக்கும் உண்மை அட்டவணை

A	B	AB	A + AB
0	0	0	0
0	1	0	0
1	0	0	1
1	1	1	1

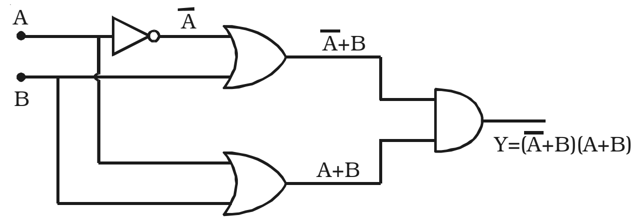
அட்டவணை 9.9ன் மூலம் A மற்றும் B என்ற இரண்டு மாறிகளுக்கு 4 வகையான கூட்டமைப்புகள் இருப்பதைக் காணலாம். ஒவ்வொரு கூட்டமைப்பிலும் A யின் மதிப்பும் A+AB யின் மதிப்பும் ஒரே மாதிரியாக அமைகிறது. இதன் மூலம் தேற்றம் நிரூபிக்கப்படுகிறது.

9.18.9 பூலியன் சமன்பாட்டின் எளிமையாக்கம்

பூலியன் விதி மற்றும் தேற்றங்களைக் கொண்டு பூலியன் சமன்பாட்டை மாற்றியமைக்கும் போது, மிகக் குறைவான கேட்டுகளைக் கொண்டு பெறக்கூடிய எளிமையான சமன்பாட்டினைப் பெற முடியும்.

பூலியன் அல்ஜிப்ராவின் செயல்பாட்டைக் கொண்டு ஒரு இலக்கச் சுற்று எவ்வாறு எளிமையாக்கப்படுகிறது என்பதை ஒரு எடுத்துக்காட்டின் மூலம் கீழே காணலாம்.

படம் 9.55ன்படி கொடுக்கப்பட்ட சுற்றில் உள்ள இரு OR கேட்டுகளின் வெளியீடுகள் $\overline{A}$ + B மற்றும் A + B. இவை AND கேட்டிற்கு உள்ளீடாக அளிக்கப்படுகின்றன. சுற்றின் வெளியீடு $Y = (\overline{A} + B)(A + B)$.



படம் 9.55 பூலியன் சமன்பாட்டின் எளிமையாக்கம்

இப்போது பங்கீட்டு விதியை இரு முறை பயன்படுத்தி எழுதலாம்.

$$(\overline{A} + B)(A + B) = \overline{A}A + \overline{A}B + BA + BB$$

$$= \overline{A}B + AB + B \qquad (\because \overline{A}A = 0 \text{ மற்றும் } BB = B)$$

$$= B(\overline{A} + A + 1) = B \qquad (\because \overline{A} + A + 1 = 1)$$

சுற்றின் வெளியீடு B என்பதால் நமக்கு லாஜிக் சுற்று தேவைப்படாது.

9.19 செயல்பாட்டுப் பெருக்கி (Operational amplifier – OP-AMP)

நேர்ப்போக்குத் தொகுப்புச் சுற்றுகள் பல எலக்ட்ரானியல் செயல்பாடுகளில் பயன்படுகின்றன. இவை செய்தித் தொடர்பு, மருத்துவ எலக்ட்ரானியல், கருவியியக்கக் கட்டுப்பாடு போன்ற பல துறைகளில் பயன்படுகின்றன. மிக முக்கியமான நேர்போக்கு IC களில் ஒன்று செயல்பாட்டுப் பெருக்கி (OP-AMP) ஆகும்.

OP-AMP என்பது dc மற்றும் ac உள்ளீடுகளை உணரவும் பெருக்கவும் கூடிய ஒரு திண்ம நிலைக் (solid state) கருவியாகும். OP-AMP இரு உள்ளீடுகளையும் (வேறுபடும் உள்ளீடுகள்) ஒரே ஒரு வெளியீடையும் உடைய பெருக்கியாகும். OP-AMP

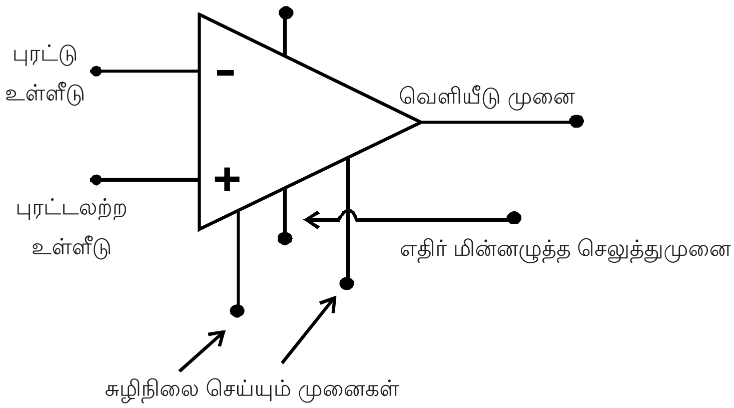
என்பது 20 டிரான்சிஸ்டர்களையும் 11 மின்தடையாக்கிகளையும் ஒரு மின்தேக்கியையும் கொண்டது. இதற்கு நேர் மற்றும் எதிர் மின்திறன் (இரட்டை மின்திறன்) இணைப்பு தேவை. இதன் காரணமாக, வெளியீடு மின்னழுத்தமானது தரையைப் பொருத்து நேர் மற்றும் எதிர் என மாறி அமையும்.

OP-AMPன் மிக முக்கியப் பண்புகள் **(i)** உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு மிக அதிகம் அல்லது முடிவிலியாகக் கூட அமையும். மேலும் உள்ளீடில் மிகக் குறைந்த மின்னோட்டம் உருவாகும். **(ii)** பெருக்கம் மிக அதிகம் **(Gain)** **(iii)** வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு மிகக் குறைவு அல்லது சுழி. இதனால் பெருக்கியானது, கருவிகளுடன் இணைக்கப்படுகையில், மின் எதிர்ப்புப் பொருந்துதல் ஏற்படுவதால், பெருக்கியின் வெளியீடு பாதிப்படையாது.

OP-AMP என அழைக்கப்படுவதன் காரணம், தொடர் மின் கணிப்பொறியில் கூட்டல், கழித்தல், பெருக்கல், வகுத்தல், தொகைகெழு, வகைகெழு போன்ற கணக்கீடுகளைச் செய்வதற்காக அமைக்கப்பட்ட அமைப்பாகும். இப்போது, OP-AMP தொடர்மின் கணிப்பொறி செயல்பாடுகளிலும் வெவ்வேறு அலைவு காலங்களைத் தோற்றுவிக்கக்கூடிய அலைவடிவாக்கி போன்ற சுற்றுகளிலும் **(timing circuits)** பயன்படுகிறது.

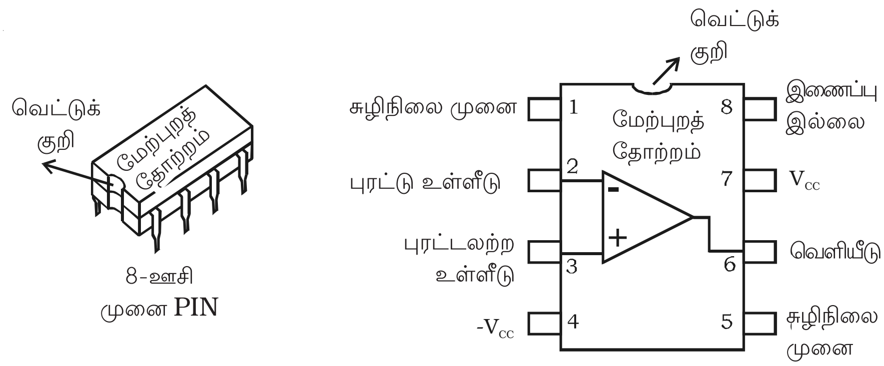
9.19.1 செயல்பாட்டுப் பெருக்கியின் சுற்றுக் குறியீடு மற்றும் ஊசி முனை (PIN) வெளியீடு அமைப்பு

படம் 9.56ல் OP-AMP க்கான முக்கோணக் குறியீடு காட்டப்பட்டுள்ளது. இது இரு உள்ளீடு முனைகளையும் ஒரு வெளியீடு முனையையும் கொண்டது. எதிர் குறி கொண்ட முனை புரட்டு உள்ளீடு **(Inverting input)** என்றும் நேர்குறி கொண்ட முனை புரட்டலற்ற உள்ளீடு **(non-inverting input)** என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. இந்த உள்ளீடு முனைகள் முக்கோணத்தின் அடிவாய் பகுதியில் உள்ளன. வெளியீடு முனை முக்கோணத்தின் முனைப் பகுதியில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



*படம் 9.56 **OP-AMP** குறியீடு*

அதிகம் பயன்படும் மிகப் பிரபலமான IC 741, DIP அமைப்பில் கிடைக்கிறது. இரட்டை உள் கட்டமைப்பில் உள்ள (dual-in-package) IC 741-ன் ஊசிமுனை (PIN) அமைப்பின் மேற்புறத் தோற்றம் படம் 9.57ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



*படம் 9.57 **OP-AMP** வெளியீடு அமைப்பு*

வெட்டுக்குறிக்கு (Notch) இடதுபுறத்தில் மேலே உள்ளது ஊசி எண் 1 ஆகும். எண் 2 கொண்டது ஒத்த கட்டத்தில் புரட்டு உள்ளீடு முனை மற்றும் எண் 3 என்பது புரட்டலற்ற உள்ளீடு முனை. ஊசி எண் 6 என்பது வெளியீடு முனை. புரட்டு உள்ளீடிற்கு அளிக்கப்படும் dc மின்னழுத்தம் அல்லது a.c சைகை 180^{o} கட்ட வேறுபாட்டுடன் வெளியீடாக அமையும். புரட்டலற்ற உள்ளீடிற்கு அளிக்கப்படும் dc மின்னழுத்தம் அல்லது ac சைகை, வெளியீடில் ஒத்த கட்டத்தில் அமையும். ஊசி எண்கள் 7 மற்றும் 4 மின் திறன் இணைப்பு முனைகள். முனை 1 மற்றும் 5 சுழிநிலை சரிசெய்யும் அமைப்புகள் ஆகும். உள்ளீடு முனைகளை சரியான சம நிலையில் வைப்பதற்காக சமமான மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படும்போது வெளியீடு மின்னழுத்தத்தை சுழியாக அமைக்க இந்தச் சுழிநிலை அமைப்புகள் செயல்படுகின்றன. ஊசி எண் 8 க்கு எந்த இணைப்பும் இல்லை.

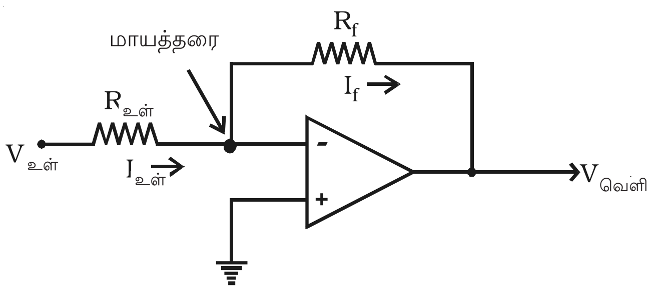
*9.19.2 அடிப்படை **OP-AMP** சுற்றுகள்*

இந்தப் பகுதி அடிப்படை OP-AMP சுற்றுகளின் அதாவது, (i) புரட்டும் மற்றும் (ii) புரட்டலற்ற பெருக்கிகளின் கொள்கைகளை விளக்குவதாக அமைகிறது.

(i) புரட்டும் பெருக்கி (The inverting amplifier)

அடிப்படை OP-AMP-ஐப் பயன்படுத்தி அமைக்கப்படும் புரட்டும் பெருக்கியின் படம் 9.58ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

உள்ளீடு மின்னழுத்தம் $V_{உள்}$, உள்ளீடு மின்தடையாக்கி $R_{உள்}$ வழியாக புரட்டு உள்ளீடுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. புரட்டலற்ற உள்ளீடு தரையிணைப்பு பெற்றுள்ளது. பின்னூட்ட மின்தடையாக்கி R_f, வெளியீட்டிற்கும் புரட்டு உள்ளீடிற்கும் இடையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.58 புரட்டும் பெருக்கி

OP-AMP-ன் உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு மிக அதிகம் எனப்படுவதால், உள்ளீடு முனையில் உள்நோக்கி அல்லது வெளிநோக்கி மின்னோட்டம் செல்ல இயலாது. எனவே, மின்னோட்டம் $I_{உள்}$, மின்தடை R_f வழியே பாய வேண்டும். இந்தப் பின்னூட்ட மின்னோட்டம் I_f என குறிப்பிடப்படுகிறது. $R_{உள்}$ மற்றும் R_f தொடரிணைப்பில் அமைவதால் $I_{உள்} = I_f$ ஆக அமையும். புரட்டும் மற்றும் புரட்டலற்ற உள்ளீடுக்கு இடையே மின்னழுத்தம் 0V-க்குச் சமமாக வேண்டிய அவசியம் ஏற்படுகிறது. எனவே, புரட்டும் உள்ளீடு முனையும் 0 volt ஆக அமையும். இக்காரணத்தால் புரட்டும் உள்ளீடு, மாயத்தரை (virtual ground) அடைந்ததாகக் கருதப்படுகிறது. வெளியீடு மின்னழுத்தம் $V_{வெளி}$ ஆனது R_f வழியாக கிடைக்கிறது.

அதனை கீழ்க்கண்டவாறு குறிப்பிடலாம்.

$$I_f = -\frac{V_{வெளி}}{R_f}$$

$I_{உள்} = I_f$ என்பதால்,

$$\frac{V_{உள்}}{R_{உள்}} = \frac{-V_{வெளி}}{R_f}$$

சமன்பாட்டை மாற்றி அமைக்கும்போது

$$\frac{-V_{வெளி}}{V_{உள்}} = \frac{R_f}{R_{உள்}}$$ எனக் கிடைக்கும்.

∴ புரட்டுப் பெருக்கியின் மின்னழுத்தப் பெருக்கம்

$$A_v = \frac{-R_f}{R_{உள்}}$$

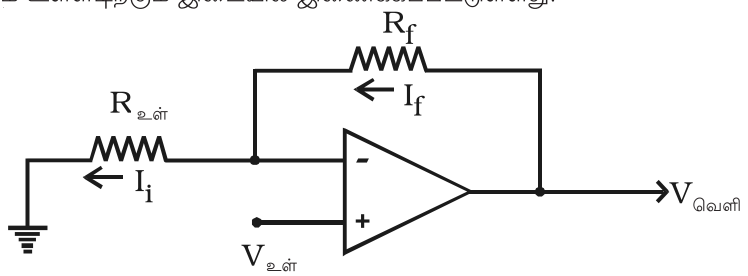
R_f மற்றும் $R_{உள்}$–க்கு இடையேயான தகவு, பெருக்கியின் பெருக்கமாகும். இறுதியாக, கணக்கிடப்படும் வெளியீடு மின்னழுத்தம்

$$V_{வெளி} = \frac{-R_f}{R_{உள்}} \times V_{உள்}$$

வெளியீடு மின்னழுத்தம் உள்ளீடு மின்னழுத்தத்துடன் கட்ட வேறுபாட்டில் அமைகிறது.

(ii) புரட்டலற்ற பெருக்கி (The non-inverting amplifier)

அடிப்படை OP-AMP-ஐப் பயன்படுத்தி அமைக்கப்படும் புரட்டலற்ற பெருக்கி, படம் 9.59ல்காட்டப்பட்டுள்ளது. உள்ளீடு சைகை $V_{உள்}$, புரட்டலற்ற உள்ளீடு முனைக்கு அளிக்கப்படுகிறது. புரட்டும் உள்ளீடுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்தடையாக்கி $R_{உள்}$ தரையிணைப்புச் செய்யப்பட்டுள்ளது. பின்னூட்ட மின்தடையாக்கி R_f வெளியீடிற்கும், புரட்டும் உள்ளீடிற்கும் இடையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.59 புரட்டலற்ற பெருக்கி

புரட்டும் உள்ளீடிற்குத் தேவையான பின்னூட்ட மின்னழுத்தத்தை (V_A) உருவாக்குவதற்காக மின்தடையாக்கிகள் R_f மற்றும் $R_{உள்}$-ம் ஒரு மின் தடைத் தகவு வலையமைப்பை ஏற்படுத்துகின்றன. பின்னூட்ட மின்னழுத்தம் (V_A) மின்தடையாக்கி $R_{உள்}$ க்கு குறுக்கே உருவாகிறது. புரட்டும் உள்ளீடின் மின்னழுத்தமும் புரட்டலற்ற உள்ளீடின் மின்னழுத்தமும் சமமாக அமைவதால் (மாயத்தரை விளக்கத்திற்கேற்ப) $V_{உள்} = V_A$.

$V_A = V_{உள்}$, என்பதால் பெருக்கியின் பெருக்கம்

$$A_v = \frac{V_{வெளி}}{V_A}$$

ஆனால் V_A மதிப்பு, $R_{உள்}$ மற்றும் R_f க்கு இடையே உள்ள மின்தடைத் தகவைப் பொருத்து கிடைப்பதால்

$$V_A = \frac{R_{உள்}}{R_f + R_{உள்}} V_{வெளி}$$

(அல்லது) $$\frac{V_{வெளி}}{V_A} = \frac{R_f + R_{உள்}}{R_{உள்}}$$

$$\frac{V_{வெளி}}{V_A} = 1 + \frac{R_f}{R_{உள்}}$$

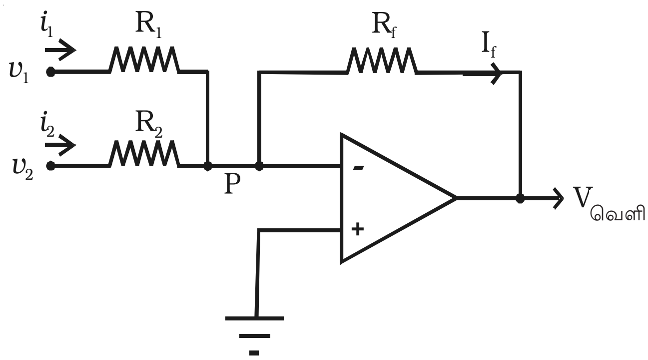
$$\therefore \qquad A_v = 1 + \frac{R_f}{R_{உள்}}$$

இறுதியாக வெளியீடு மின்னழுத்தம் $V_{வெளி} = \left(1 + \frac{R_f}{R_{உள்}}\right) V_{உள்}$ என கணக்கிடப்படுகிறது. உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு மின்னழுத்தங்கள் ஒரே கட்டத்தில் அமைவதைக் காணலாம்.

9.19.3 கூட்டும் பெருக்கி **(Summing amplifier)**

கூட்டும் பெருக்கியின் வெளியீடு மின்னழுத்தம், உள்ளீடு மின்னழுத்தங்களின் குறியியல் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாகும்.

இரண்டு உள்ளீடு மின்னழுத்தங்களைக் கூட்டுவதற்குப் பயன்படும் புரட்டும் பெருக்கியின் படம் 9.60ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.60 கூட்டும் பெருக்கி

v_1 மற்றும் v_2 என்ற இரு உள்ளீடு மின்னழுத்தங்கள், மின்தடையாக்கிகள் R_1 மற்றும் R_2 வழியே பெருக்கியின் கூட்டும் சந்திக்கு (P) அளிக்கப்படுகின்றன. R_f என்பது பின்னூட்ட மின் தடையாக்கி ஆகும். P என்ற புள்ளியில்.

$i_1 + i_2 = i_f$

P என்ற புள்ளியில் மின்னழுத்தம் 0 என்பதால்

$$\frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2} = -\frac{v_{வெளி}}{R_f}$$

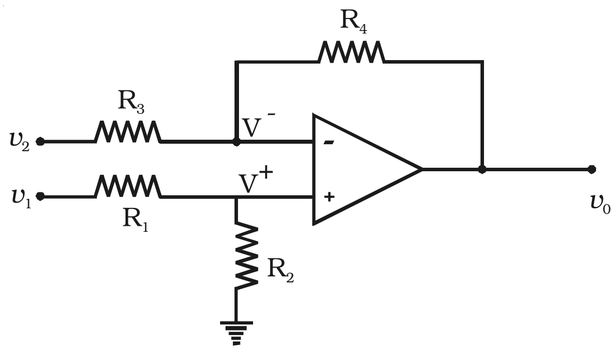
ஆகவே, வெளியீடு மின்னழுத்தம்

$$v_{வெளி} = -\left(\frac{R_f}{R_1}v_1 + \frac{R_f}{R_2}v_2\right)$$

$R_1 = R_2 = R_f = R$, எனில் $v_{வெளி} = -(v_1 + v_2)$

எனவே, வெளியீடு மின்னழுத்தம், உள்ளீடு மின்னழுத்தங்களின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும். மேலும் இந்தச் சுற்று கூட்டுப் பெருக்கியாகச் செயல்படுகிறது. எதிர் குறியானது OP-AMP புரட்டும் முறையில் பயன்படுத்தப்படுகிறது என்பதைக் குறிக்கிறது.

*9.19.4 வேறுபாட்டுப் பெருக்கி **(Difference amplifier)***



படம் 9.61 வேறுபாட்டுப் பெருக்கி

வேறுபாட்டுப் பெருக்கியின் படம் 9.61ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி வெளியீடு பெறப்படுகிறது. v_1 காரணமாக மட்டும் ஏற்படும் வெளியீடு மின்னழுத்தம் v_{01} கணக்கிடப்பட, v_2 தரையிடப்பட்டதாகக் கருதுவோம்.

$$V^+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2}v_1$$

மற்றும் $v_{01} = \frac{R_3 + R_4}{R_3}V^+ = \left(\frac{R_3 + R_4}{R_3}\right)\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)v_1$

இப்போது v_1 தரையிடப்பட்டதாகக் கருதுவோம். v_2 வினால் மட்டுமே ஏற்படும் வெளியீடு மின்னழுத்தம் V_{02}

$$v_{O2} = -\frac{R_4}{R_3}v_2$$

எனவே, இரு உள்ளீடுகளும் உள்ள போது, வெளியீடு

$$v_o = v_{01} + v_{02}$$

$$= \left(\frac{R_3 + R_4}{R_3}\right)\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)v_1 - \left(\frac{R_4}{R_3}\right)v_2$$

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$ எனில்

$v_o = v_1 - v_2$ ஆகும்.

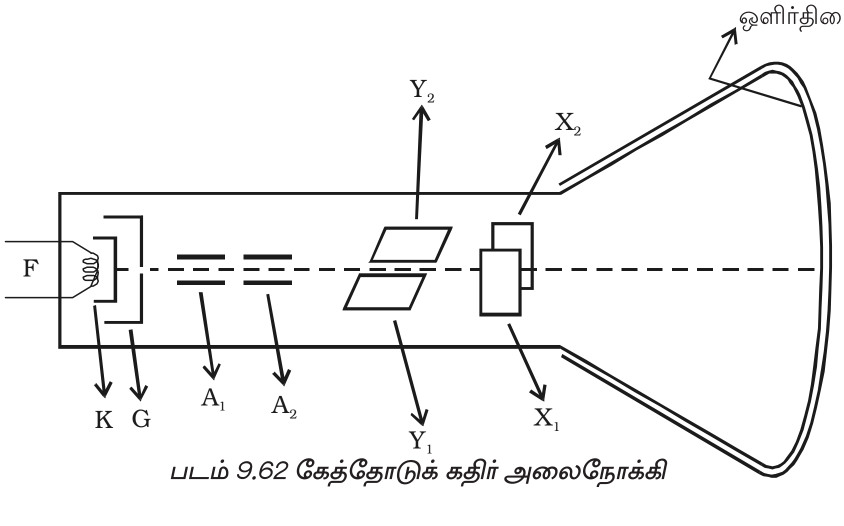
அனைத்து புற மின்தடையாக்கிகளும் சமமாக அமையும்போது, மின்னழுத்த வேறுபாட்டுப் பெருக்கி, மின்னழுத்தக் கழிப்பானாகச் (Voltage subtractor) செயல்படும்.

9.20 எலக்ட்ரானியல் அளவிடும் கருவிகள் (Electronic measuring instruments)

ஒரு எலக்ட்ரானியல் சுற்றிலுள்ள செயல்திறன் மிக்க உறுப்புகளும் செயல்திறனற்ற உறுப்புகளும் சரியாகவும், நம்பகத் தன்மையுடனும் உள்ளனவா என சோதனை செய்த பிறகு மின் இணைப்புகள் கொடுக்கப்பட வேண்டும். எலக்ட்ரானியல் சுற்றுகளின் செயல்திறனும் சோதனையிடப்படுவது அவசியமாகிறது. எலக்ட்ரானியல் அளவிடும் கருவிகள் இதற்குப் பயன்படுகின்றன. மின்னோட்டம், மின்தடை, மின்னழுத்தம், மின்தேக்குத்திறன் போன்றவற்றை அளவிடுதலின் மூலம் சோதித்து அறியப்படுகிறது. சில எலக்ட்ரானியல் அளவிடும் கருவிகளான கேத்தோடுக் கதிர் அலைநோக்கி, பல்பயன் மீட்டர் (multimeter) போன்றவற்றின் அமைப்பு மற்றும் வேலை செய்யும் விதம் இனிவரும் பகுதியில் விவாதிக்கப்படுகின்றன.

9.20.1 கேத்தோடுக் கதிர் அலைநோக்கி (Cathode Ray oscilloscope - CRO)

இது மிகவும் பயனுள்ள எலக்ட்ரானியல் கருவியாகும். எந்த ஒரு எலக்ட்ரானியல் சுற்றிலும் உள்ள மின்னழுத்தம் மற்றும் அதிர்வெண் போன்ற மின் அளவுகளை நேரடியாகப் பார்க்கக் கூடிய ஒரு அமைப்பாகும். கேத்தோடுக் கதிர்கள் மின்புலத்தாலும் காந்தப்புலத்தாலும் விலகலடையும் என்ற பண்பின் அடிப்படையில் இவை செயல்படு கின்றன. மேலும், ஒளித்தெறிப்புகளை ஒளிர்திரையில் ஏற்படுத்துகின்றன (படம் 9.62).



படம் 9.62 கேத்தோடுக் கதிர் அலைநோக்கி

CRO மூன்று பிரிவுகளைக் கொண்டது. (i) எலக்ட்ரான் துப்பாக்கி (Electron Gun) (ii) விலக்கும் அமைப்பு (iii) ஒளிர் திரை (Fluorescent screen) இவை, முழுவதும் வெற்றிடமாக்கப்பட்டுள்ள கண்ணாடிக் குழாயில் வைக்கப்பட்டுள்ளன.

(i) எலக்ட்ரான் துப்பாக்கி

இந்த எலக்ட்ரான் துப்பாக்கி ஒரு கேத்தோடு K, .ஒரு கட்டுப்படுத்தும் கிரிடு (grid) G மற்றும் A_1, A_2 என்ற இரு ஆனோடுகளைக் கொண்டுள்ளது. நேரடியாக வெப்பப்படுத்தப்படாத கேத்தோடு K-ல் இருந்து வரும் எலக்ட்ரான்கள் உருளை வடிவ கிரிடு G-ல் உள்ள துளை வழியாக ஆனோடை நோக்கி வெளிவருகின்றன. கேத்தோடைப் பொருத்து G-ல் எதிர் மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளதால் எலக்ட்ரான்கள் கொத்தாக (Bunch) இணைந்து, எலக்ட்ரான் கற்றையாக மாறி G வழியே வெளிவரும். இந்த எலக்ட்ரான் கற்றைகள் ஆனோடுகள் A_1, A_2-வால் முடுக்கப்பட்டு ஒளிர் திரையில் விழுகின்றன.

(ii) விலக்கும் அமைப்பு (Deflection system)

இரு சோடித் தகடுகள் X_1, X_2 மற்றும் Y_1, Y_2 வின் உதவியுடன் திரையை நோக்கிச் சென்று கொண்டிருக்கும் எலக்ட்ரான் கற்றைகளை விலகலடையச் செய்ய முடியும். இந்தத் தகடுகள் ஆனோடு A_2விற்கு அடுத்து அமைக்கப்பட்டுள்ளன. Y_1, Y_2 தகடுகளை Y-தகடுகள் என்றும் X_1, X_2 தகடுகளை X-தகடுகள் என்றும் அழைக்கிறோம். எலக்ட்ரான் கற்றைகள் செல்கின்ற திசைக்கு கிடைத்தளமாக Y-தகடுகளும் செங்குத்தாக X-தகடுகளும் அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

ஒரு DC மின்னழுத்தத்தை Y-தகடுகளுக்கு அளிப்பதன் மூலம் எலக்ட்ரான் கற்றைகளை செங்குத்துத் திசையில் திருப்ப முடியும். அதே போன்று மின்னழுத்தத்தை X-தகடுகளுக்கு அளிப்பதன் மூலம் எலக்ட்ரான் கற்றைகளை கிடைத்தள திசையில் திருப்பலாம்.

(iii) ஒளிர்திரை (Fluorescent screen)

கண்ணாடிக் குழாயானது ஒளிர் பூச்சு கொண்ட பொருளால் பூசப்பட்டுள்ளது. கற்றையானது திரையின் மீது படும்போது ஒளிர்புள்ளி உருவாவதைக் காணலாம். திரையில் மோதும் எலக்ட்ரான்கள், கண்ணாடிக் குழாயின் உட்புறம் பூசப்பட்டுள்ள கிராபைட் மூலமாக மீண்டும் திறன்மூலத்தை (Power supply) வந்தடைகின்றன. இந்தப்பூச்சு ஒருகம்பி வழியாக ஆனோடு A_2 உடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

பயன்கள்

(i) a.c மற்றும் d.c மின்னழுத்தங்களை அளந்தறிய CRO பயன்படுகிறது.

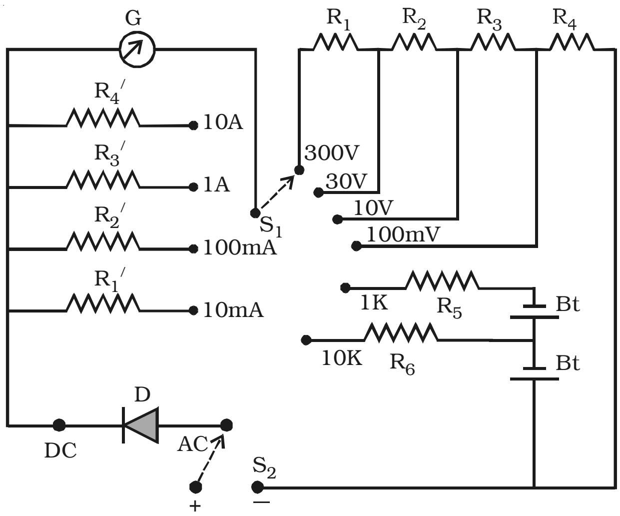
(ii) மாறுதிசை மின்னழுத்தங்களின் அலை வடிவங்களைப் பற்றி அறிய CRO பயன்படுகிறது.

(iii) a.c. மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிட CRO பயன்படுகிறது.

(iv) இதயவியல் (cardiology) மருத்துவத்தில் இதயத்தின் துடிப்பினைப் பற்றி அறிய CRO பயன்படுகிறது.

9.20.2 பல்பயன் மீட்டர் (Multi meter)

பல்பயன் மீட்டர் என்பது மின்னழுத்தம். மின்னோட்டம், மின்தடை போன்றவற்றை அளக்க உதவும் ஒரு எலக்ட்ரானியல் கருவியாகும். இதை AVO மீட்டர் (ampere, voltage, ohm) என்றும் கூறலாம். பல்பயன் மீட்டரின் உள் சுற்றுப் படம் 9.63-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது ஒரு இயங்கு சுருள் கால்வனாமீட்டரைக் கொண்டுள்ளது. தகுந்த சுற்றுகளை கால்வனாமீட்டருடன் இணைப்பதன் மூலம் மின்னழுத்தம், மின்னோட்டம் மற்றும் மின்தடையை அளக்க முடியும். கால்வனா மீட்டரின் மின் தடை, G (= 100 Ω) எனும்போது 1 mA மின்னோட்டத்திற்கு முழு அளவு கோல் விலக்கத்தைக் காட்டுவதாகக் கொள்வோம்.



படம் 9.63 பல்பயன் மீட்டர்

a. *வோல்ட் மீட்டராகப் பயன்படுத்துதல்*

தகுந்த மதிப்பு கொண்ட உயர்மின்தடையொன்றை தொடரிணைப்பில் இணைப்பதன் மூலம் இயங்கு சுருள் கால்வனா மீட்டர், வோல்ட் மீட்டராக மாறுகிறது என்பதை அறிவோம். கால்வனா மீட்டருடன் 900 Ω மின்தடையை தொடரிணைப்பில் இணைப்பதால் வோல்ட் மீட்டரின் வீச்சு $10^{-3} \times 1000 = 1$ V ஆகிறது. 9900 Ω மின்தடையை தொடரிணைப்பில் இணைப்பதன் மூலம் அதே வோல்ட் மீட்டரைக் கொண்டு 10 V வரை மின்னழுத்தத்தை அளக்க முடியும். இவ்வாறாக வெவ்வேறு வீச்சுகளை அளவிட, வெவ்வேறு மதிப்புகள் கொண்ட உயர் மின்தடைகள் சாவியமைப்பின் மூலம் கால்வனா மீட்டருடன் இணைக்கப்படுகின்றன.

b. *அம்மீட்டராகப் பயன்படுத்துதல்*

தகுந்த மதிப்புடைய குறைவான மின்தடைகளை இணைத்தடமாக (shunt) இணைத்தால் கால்வனா மீட்டர் அம்மீட்டராக மாறுகிறது என்பதை அறிவோம்.

எடுத்துக்காட்டாக, $100/999\Omega$ அல்லது ஏறக்குறைய 0.1Ω மின்தடையை இணைத்தடமாக அமைப்பதன் மூலம் கால்வனா மீட்டரை 0.1 A வீச்சில் அளக்கக் கூடிய அம்மீட்டராகவும், $100/9999\Omega$ அல்லது ஏறக்குறைய 0.01Ω மின்தடையை இணைத்தடமாக அமைப்பதன் மூலம் 10A வீச்சு வரை அளக்கக் கூடிய அம்மீட்டராகவும் மாற்றலாம். இவ்வாறு பல வீச்சு அம்மீட்டரை அமைக்கலாம்.

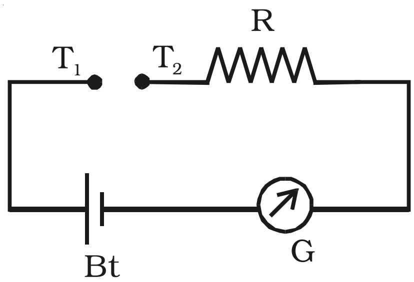
c. ஓம் மீட்டராகப் பயன்படுத்துதல்

தகுந்த மின்தடையை ஒரு மின்கலத்துடன் தொடரிணைப்பில் இணைப்பதன் மூலம் கால்வனா மீட்டரை ஓம் மீட்டராக மாற்றி அமைக்க முடியும் (படம் 9.64) 1V மின்கலத்தைத் தொடரிணைப்பில் இணைத்து, கால்வனாமீட்டரின் மின்தடையையும் சேர்த்து மின்சுற்றின் மொத்த மின்தடை 1000Ω எனில், கால்வனாமீட்டர் முழு அளவுகோல் விலக்கத்தைக் காட்டும்.

மின்தடையை அளவிடல்

மின்தடை அளவுகோலில் 1mA மின்னோட்டத்திற்கு நேராக $0\,\Omega$ என்ற அளவீடு குறிக்கப்பட்டிருக்கும்.

T_1 மற்றும் T_2 முனைகளுக்கிடையே தெரியாத மின்தடை இணைக்கப்படும் போது, கால்வனாமீட்டர் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் 0.5 mA ஆகக் குறைந்தால் தெரியாத மின்தடை $1000\ \Omega$ ஆகும். எனவே 0.5 mA அளவீடுக்கு நேராக $1\ k\ \Omega$ என குறிக்கப்பட்டிருக்கும். இதே போன்று T_1 மற்றும் T_2-க்கு இடையே மற்றொரு தெரியாத மின்தடை இணைக்கப்பட்டால் கால்வனா மீட்டர் மின்னோட்டம் 0.25 mA எனில், அந்த மின்தடை $3000\,\Omega$ ஆகும். எனவே 0.25 mA அளவீடுக்கு நேராக $3\ k\,\Omega$ என குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும்.



படம் 9.64 மின்தடையை அளவிடல்

வழக்கமாக, சரி செய்யப்படக்கூடிய குறைவான மதிப்பு கொண்ட மின்தடை ஒன்று தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இக்காரணத்தால் மின்கலத்தின் மின்னியக்குவிசை சற்றே குறைந்தாலும், சுழி அளவீட்டிற்குச் சரி செய்ய முடியும்.

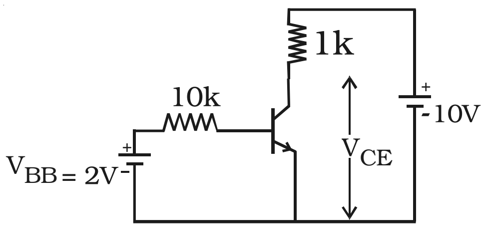
ஒரு மின் திருத்தியை தொடரிணைப்பில் இணைத்து சாவியை ac-க்கு திருப்பி அமைத்தால், ac மின்னழுத்தத்தையும் மின்னோட்டத்தையும் அளவிட முடியும். சாவியை இயக்கி dc அமைப்பில் வைத்தால் மின்திருத்தி அமைப்பு விலக்கப்பட்டு dc மின்னோட்டத்தையும் மின்னழுத்தத்தையும் அளவிட முடியும்.

தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

9.1 படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள சுற்றில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள ஒரு சிலிக்கன் டிரான்சிஸ்டரின் மின்னோட்டப் பெருக்கம் $\beta = 50$. (i) I_B (ii) I_E (iii) I_C மற்றும் (iv) V_{CE} யின் மதிப்புகளைக் கணக்கிடுக. (சிலிக்கனின் மின்னழுத்த அரண் = 0.69 V)

தகவல் : $V_{BB} = 2$ V, $V_{CC} = 10$ V; $\beta = 50$; $R_B = 10\ k\Omega$; $R_C = 1\ k\Omega$

சிலிக்கனின் மின்னழுத்த அரண் = 0.69 V



தீர்வு : $V_{BB} = I_B R_B + V_{BE}$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{2 - 0.69}{10 \times 10^3}$$

$$= 131\ \mu A$$

மின்னோட்டப் பெருக்கம், $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

$I_C = I_B\ \beta = 131 \times 10^{-6} \times 50 = 6.5$ mA

உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் $I_E = I_C + I_B$

$= 6.5$ mA $+ 131\ \mu A$

$= 6.5$ mA $+ 0.131$ mA

$= 6.631$ mA

$V_{CC} = V_{CE} + I_C R_C$

$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

$= 10 - (6.5 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^3)$

$= 3.5$ V

9.2 CE சுற்றில் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு டிரான்சிஸ்டரின் மின்னோட்டப் பெருக்கம் $\alpha = 0.97$ ஆகும். $3\ k\Omega$ வெளியீடு புற மின்தடைக்கு (R_C) இடையே உள்ள மின்னழுத்தக் குறைவு 6V. சுற்றின் அடிவாய் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : ஏற்பான் புறமின் தடைக்கு (R_C) இடையேயான மின்னழுத்தம் = 6 V;

$\alpha = 0.97$; $R_C = 3\ k\Omega$; $I_B = ?$

தீர்வு : ஏற்பான் மின்தடைக்கு (R_C) இடையேயான மின்னழுத்தம் = $I_C R_C = 6V$

$$I_C = \frac{6}{R_C} = \frac{6}{3 \times 10^3} = 2mA$$

மின்னோட்டப் பெருக்கம், $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.97}{1-0.97} = 32.33$

$\therefore I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{2\times10^{-3}}{32.33} = 61.86\ \mu A$

9.3 ஒரு பெருக்கிக்கு எதிர் பின்னூட்டம் கொடுக்கப்படும் பொழுது அதன் பெருக்க எண் 50-லிருந்து 25 எனக் குறைகிறது. அதன் பின்னூட்டத் தகவினைக் காண்க.

தகவல் : $A = 50$; $A_f = 25$

தீர்வு : பின்னூட்டத்திற்குப் பிறகு மின்னழுத்தப் பெருக்கம்.

$$A_f = \frac{A}{1+A\beta}$$

$$25 = \frac{50}{1+50\beta}$$

எனவே, பின்னூட்டத் தகவு $\beta = 0.02$

9.4 பின்வரும் பூலியன் சமன்பாட்டை நிறுவுக: (A+B) (A+C) = A+BC

தீர்வு : பங்கீட்டு விதியை இடது புறமுள்ள சமன்பாட்டில் பயன்படுத்த

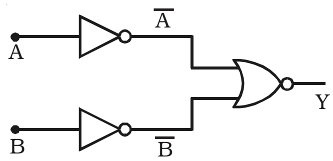
$$(A+B)(A+C) = AA + AC + BA + BC$$

$$= A + AC + AB + BC = A(1+C+B) + BC = A + BC$$

$$[\because 1 + C + B = 1]$$

∴ இடதுபுறம் = வலதுபுறம். எனவே சமன்பாடு நிரூபிக்கப்பட்டது.

9.5 இரு NOT கேட்டுகளின் வெளியீடுகள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் NOR கேட்டுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இதற்குச் சமமான கூட்டமைப்பு என்ன?



தீர்வு : லாஜிக் சுற்றின்படி வெளியீடு $y = \overline{\overline{A} + \overline{B}}$

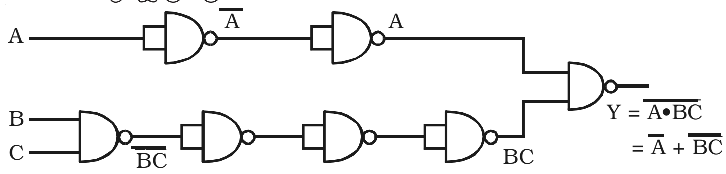
டீ–மார்கன் முதல் விதியின்படி

$y = \overline{\overline{A}} \cdot \overline{\overline{B}} = AB$ எனக் கிடைக்கும்

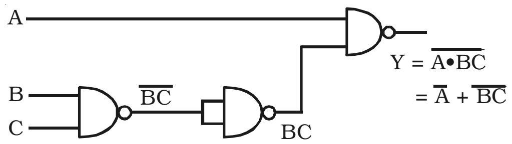
எனவே, கொடுக்கப்பட்ட லாஜிக் சுற்று AND கேட்டின் செயல்பாட்டைக் குறிக்கிறது.

9.6 NAND கேட்டுகளை மட்டுமே பயன்படுத்தி $Y = \overline{A} + \overline{BC}$ என்ற சமன்பாட்டிற்கு லாஜிக் சுற்று வரைக.

தீர்வு : சமன்பாட்டின் ஒவ்வொரு உறுப்பிற்கும் உரிய அடிப்படைகேட்டுகள் NAND கேட்டுகள் மூலம் மாற்றப்படுகின்றன. எனவே $Y = \overline{A} + \overline{BC}$ என்ற சமன்பாட்டிற்கு NAND கேட்டினைக் கொண்டு உருவாக்கப்பட்ட லாஜிக் சுற்று கீழ்கண்டவாறு இருக்கும்.

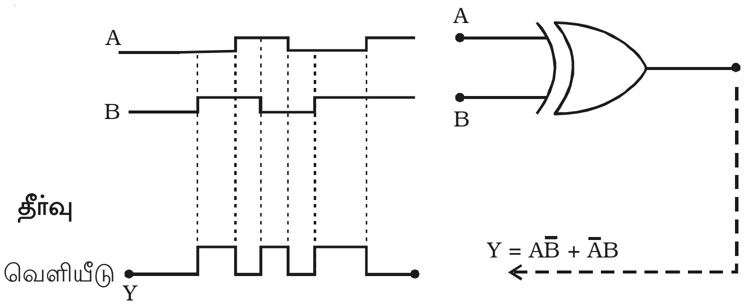


$\because \overline{\overline{A}} = A,$ மேலே கொடுக்கப்பட்ட லாஜிக் சுற்று சுருக்கப்பட்ட நிலையில்



9.7 கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள சுற்றில் A மற்றும் B–யில் உள்ளீடு அலை வடிவம் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்தச் சுற்றுக்கான வெளியீடு அலை வடிவம் காண்க.

தீர்வு



9.8 ஒரு இலட்சிய செயல்பாட்டுப் பெருக்கியின் படம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. அதற்குக் கொடுக்கப்படும் ஒவ்வொரு உள்ளீடு சைகைக்கும் கிடைக்கும் வெளியீடு காண்க.

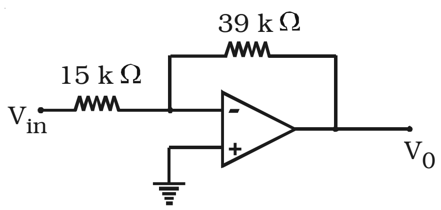
a) V_{in} = 120 mv dc

b) V_{in} = 0.5 sin ωt

c) V_{in} = –2.5 V dc

d) V_{in} = 4 – sin ωt.V

e) V_{in} = 0.8 sin (ωt + 75°) V



தகவல் : $R_f = 39\ k\Omega$; $R_1 = 15\ k\Omega$

தீர்வு :

பெருக்கியின் பெருக்கம் $A_v = -\dfrac{R_f}{R_{in}} = \dfrac{-39\times10^3}{15\times10^3} = -2.6$

a) செயல்பாட்டுப் பெருக்கியின் வெளியீடு $(V_o) = -\dfrac{R_f}{R_{in}} \times V_{in}$

$= -2.6 \times 120 \times 10^{-3} = -0.312V$

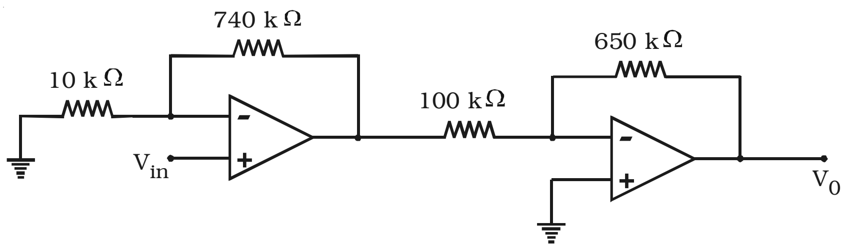
b) $V_o = -\ 2.6 \times (0.5 \sin \omega t) = -1.3 \sin \omega t$ ac

c) $V_o = -\ 2.6 \times (-2.5\ V) = +\ 6.5\ V$ d.c.

d) $V_o = -\ 2.6\ (4 - \sin \omega t\ .V) = -10.4 + 2.6 \sin \omega t\ V$

e) $Vo = -\ 2.6\ [(0.8 \sin (\omega t + 75^o)V] = -\ 2.08 \sin (\omega t + 75^o)V$

9.9 கீழ்கண்டச் சுற்றின் வெளியீடு காண்.



தகவல் : $R_f = 740\ k\Omega$; $R_f' = 650\ k\Omega$; $R_1 = 10\ k\Omega$;
$R_1' = 100\ k\Omega$

தீர்வு :

V_I என்பது முதல் பெருக்கியின் வெளியீடு மின்னழுத்தம், எனில்

$$V_1 = \left(1+\frac{R_f}{R_1}\right)V_{in} = \left(1+\frac{740\times10^3}{10\times10^3}\right)V_{in} = 75\ V_{in}$$

$$\therefore\ V_o = -\left(\frac{R_f'}{R_{in}}\right)V_1 = -\left(\frac{650\times10^3}{100\times10^3}\right)\ 75\ V_{in} = -\ 487.5\ V_{in}$$

தன் மதிப்பீடு

(இந்த தன் மதிப்பீட்டு பகுதியில், கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும் கணக்குகளும் மாதிரிகளே. இவற்றைப்போன்று, பாடப் பகுதியின் எந்த ஒரு வினாவையும் அல்லது கணக்கினையும் வடிவமைக்கலாம். மாணவ, மாணவியர் தன் மதிப்பீட்டுப் பகுதியிலிருந்து மட்டுமல்லாமல், பாடப் பொருளிலிருந்தும் வடிவமைக்கப்படக் கூடிய வினாக்களுக்கும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்)

9.1 ஒரு தனிமத்தின் வேதி மற்றும் மின்பண்புகளுக்குக் காரணமான அத் தனிமத்தின் அணுவிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் எவை?

(a) இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள் *(b)* சுழலும் எலக்ட்ரான்கள்

(c) அதிகப்படியான எலக்ட்ரான்கள் *(d)* செயல்திறன் எலக்ட்ரான்கள்

9.2 N–வகை குறைகடத்தியில் உள்ளவை

(a) இயக்கமில்லா எதிர்மின் அயனிகள்

(b) சிறுபான்மை ஊர்திகள் அல்ல

(c) இயக்கமில்லா நேர் மின் அயனிகள்

(d) மின்துளைகள் பெரும்பான்மை ஊர்திகள்

9.3 *PN* சந்தி டையோடில் உருவாகும் திருப்புச் சார்பு தெவிட்டு மின்னோட்டத்திற்குக் காரணமாக அமைவது

(a) பெரும்பான்மை ஊர்திகள் *(b)* சிறுபான்மை ஊர்திகள்

(c) ஏற்பான் அயனிகள் *(d)* கொடையாளி அயனிகள்

9.4 முன்னோக்குச் சார்பு சிறப்பு வரையில் டையோடு செயல்படுவது

(a) ஒரு உயர் மின்தடையாக *(b)* ஒரு மின் தேக்கியாக

(c) ஒரு நிறுத்து *(OFF)* சுவிட்சாக *(d)* ஒரு இயக்கு *(ON)* சுவிட்சாக

9.5 சரிவு முறிவு *(avalanche breakdown)* முதன்மையாக சார்ந்துள்ள நிகழ்வு

(a) மோதல் *(b)* அயனியாக்கம்

(c) மாசூட்டல் *(d)* மறு ஒன்றிணைப்பு

9.6 ஒளி உமிழ்வு டையோடில் உமிழப்படும் ஒளியின் நிறம் எதனைச் சார்ந்தது?

(a) அதன் பின்னோக்குச் சார்பு

(b) முன்னோக்கு மின்னோட்ட அளவு

(c) அதன் முன்னோக்குச் சார்பு

(d) குறைக்கடத்தி பொருளின் வகை

9.7 ஒரு டிரான்சிஸ்டரின் உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்திக்கு முன்னோக்குச் சார்பும் ஏற்பான் – அடிவாய் சந்திக்குப் பின்னோக்குச் சார்பும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. அடிவாய் மின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது எனில், அதன்

(a) V_{CE} அதிகரிக்கும் *(b)* I_C குறையும்

(c) I_C அதிகரிக்கும் *(d)* V_{CC} அதிகரிக்கும்

9.8 டிரான்சிஸ்டருக்கு உரிய முறையில் சார்பு மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படாத நிலையில்

(a) உமிழ்ப்பானில் அதிக மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது.

(b) வெளியீடு சைகையில் உருக்குலைவு (*distortion)* ஏற்படுகிறது.

(c) ஏற்பான் முனை அதிக வெப்பமடைகிறது.

(d) வெளியீட்டுக் கோடு (*load line)* தவறான நிலையில் அமைகிறது.

9.9 ஒரு அலையியற்றி என்பது

(a) பின்னூட்டம் உள்ள ஒரு பெருக்கி

(b) *ac*–யை *dc* ஆற்றலாக மாற்றும் அமைப்பு

(c) வேறொன்றும் அல்ல, பெருக்கியே ஆகும்

(d) பின்னூட்டம் இல்லாத ஒரு பெருக்கி

9.10 கால்பிட் அலையியற்றிச் சுற்றில்

(a) மின்தேக்கி பின்னூட்டம் பயன்படுத்தப்படுகிறது

(b) முனை பெற்ற சுருள் *(tapped coil)* பயன்படுத்தப்படுகிறது

(c) இசையுறு *LC* சுற்று பயன்படுத்தப்படவில்லை

(d) மின் தேக்கி பயன்படுத்தப்படவில்லை

9.11 இலட்சிய செயல்பாட்டுப் பெருக்கியின் உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு முடிவிலாதது. ஆகையால்,

(a) அதன் உள்ளீடு மின்னோட்டம் சுழி

(b) அதன் வெளியீடு மின்தடை அதிகம்.

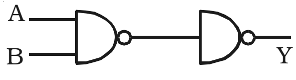
(c) அதன் வெளியீட்டு மின்னழுத்தம் வெளியீட்டு புற மின்தடையை சார்ந்திராமல் இருக்கும்

(d) அது, மின்னோட்டக் கட்டுப்பாட்டுச் சாதனமாக மாறும்.

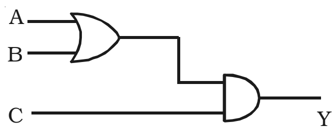
9.12 கொடுக்கப்பட்ட அமைப்பின் லாஜிக் செயல்பாட்டுக்குரிய கேட்

(a) AND *(b) OR*

(c) NAND *(d) EXOR*



9.13 கொடுக்கப்பட்ட சுற்றின் வெளியீடு (Y) மதிப்பு 1 எனில் அதன் உள்ளீடுகள் *ABC*



(a) 0 1 0 *(b) 1 0 0*

(c) 1 0 1 *(d) 1 1 0*

9.14 பூலியன் அல்ஜிப்ரா விதிகளின்படி *(A + AB)* என்ற சமன்பாடு எதற்குச் சமம்?

(a) A *(b) AB*

(c) B *(d)* $\overline{A}$

9.15 $\overline{ABC}$ என்ற பூலியன் சமன்பாட்டின் எளிமையாக்கம்

(a) $AB + \overline{C}$ *(b)* $\overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}$

(c) $AB + BC + CA$ *(d)* $\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}$

9.16 இணைதிறன் பட்டை, கடத்துப் பட்டை மற்றும் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி ஆகியவற்றை ஆற்றல் மட்டப் படத்தின் உதவியுடன் விவரி.

9.17 ஆற்றல் பட்டை அமைப்பைக் கொண்டு காப்பான்கள், குறை கடத்திகள் மற்றும் கடத்திகளைப் பற்றி விளக்குக.

9.18. உள்ளார்ந்த மற்றும் புறவியலான குறைக்கடத்திகள் பற்றி நீ அறிந்தவை யாவை?

9.19 திருத்துதல் (Rectification) என்றால் என்ன?

9.20 ஒரு டையோடு அரை அலைத்திருத்தியாக செயல்படும் விதத்தினை விளக்குக.

9.21 சமனச் சுற்றுத் திருத்தி (Bridge Rectifier) செயல்படுதலை விவரி.

9.22 செனர் முறிவுநிலை என்றால் என்ன?

9.23 செனர் டையோடின் அமைப்பை விவரி.

9.24 தகுந்த சுற்றுப்படத்துடன் செனர் டையோடு மின்னழுத்தச் சீரமைப்பானாக எவ்வாறு பயன்படுகிறது என்று விவரி.

9.25 PNP மற்றும் NPN டிரான்சிஸ்டர்களின் செயல்பாடுகளை விளக்குக.

9.26 டிரான்சிஸ்டரின் α-விற்கும் β-விற்கும் உள்ள தொடர்பை நிறுவுக.

9.27 CE முறையில் அமைக்கப்பட்ட டிரான்சிஸ்டரின் நிலைச் சிறப்பு வரைகளை கண்டறியும் ஆய்வினை விவரி. டிரான்சிஸ்டர் பண்பளவுகள் (Parameters) எவ்வாறு கண்டறியப்படுகின்றன என்று விளக்குக.

9.28 ஒரு டிரான்சிஸ்டர், மின்னோட்டப் பெருக்கக் கருவி என அழைக்கப்படக் காரணம் என்ன?

9.29 டிரான்சிஸ்டரின் பெருக்கும் செயல்பாட்டில், CB அமைப்பைவிட CE அமைப்பை அதிகமாகப் பயன்படுத்துவதேன்?

9.30 டிரான்சிஸ்டர் ஒன்று பெருக்கியாக செயல்படுவதை விளக்குக.

9.31 பெருக்கியின் பட்டை அகலம் என்றால் என்ன?

9.32 பின்னூட்டம் என்றால் என்ன? அதன் இரு வகைகள் யாவை?

9.33 எதிர் பின்னோட்டம் கொடுக்கப்பட்ட பெருக்கியின் மின்னழுத்தப் பெருக்கத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.

9.34 எதிர்ப்பின்னூட்டத்தால் விளையும் நற்பயன்கள் யாவை?

9.35 அலையியற்றிக்கான பர்கௌசன் (Barkhausen Criteria) நிபந்தனைகளைக் கூறுக.

9.36 கால்பிட் அலையியற்றியின் சுற்றுப்படம் வரைந்து அது செயல்படுதலை விவரி?

9.37 OR மற்றும் NAND கேட்டுகளின் செயல்பாடுகளை எழுதுக.

9.38 பொது கேட் என்றால் என்ன? ஏன் அவ்வாறு அழைக்கப்படுகின்றன?

9.39 EXOR கேட் என்பதென்ன? இதன் பூலியன் சமன்பாட்டைத் தருக.

9.40 டீ-மார்கன் தேற்றங்களைக் கூறி நிறுவுக.

9.41 தொகுப்புச் சுற்று என்றால் என்ன?

9.42 தொடர்மின் (Analog) மற்றும் இலக்க சைகைகளை பின்வருவனவற்றிலிருந்து குறிப்பிடுக.

(i) சதுர அலை (ii) சைன் அலை (sine wave)

9.43 நேர்போக்குத் தொகுப்புச் சுற்று மற்றும் இலக்க தொகுப்புச் சுற்று - வேறுபடுத்துக.

9.44 செயல்பாட்டுப் பெருக்கி (operational amplifier) பற்றி விவரி. அது (i) புரட்டு செயல்பாட்டு பெருக்கியாகவும் (ii) புரட்டலற்ற செயல்பாட்டு பெருக்கியாகவும் எவ்வாறு செயல்படுகிறது?

9.45 ஒரு செயல்பாட்டு பெருக்கியில் (OP. AMP) மாயத்தரை (virtual ground) என்பது பற்றி விளக்குக.

9.46 செயல்பாட்டுப் பெருக்கியின் முக்கியப் பண்பளவுகளைக் கூறுக.

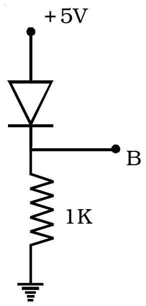
9.47 செயல்பாட்டுப் பெருக்கி, கூட்டல் பெருக்கியாக எவ்வாறு பயன்படுகிறது?

9.48 ஒரு செயல்பாட்டுப் பெருக்கி எவ்வாறு வேறுபாட்டுப் பெருக்கியாக செயல்படுகிறது என்பதை விவரி.

9.49 பல்பயன் மீட்டர் (multimeter) எவ்வாறு ஓம் மீட்டராக செயல்படுகிறது என்பதை விளக்குக.

கணக்குகள்

9.50 ஒரு டிரான்சிஸ்டரின் அடிவாய் மின்னோட்டம் $50\ \mu A$ மற்றும் ஏற்பான் மின்னோட்டம் $25\ mA$. α மற்றும் β வின் மதிப்புகளை கணக்கிடுக.

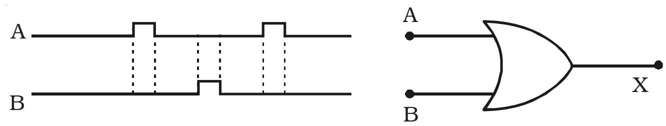


9.51 படத்தில் B என்ற புள்ளியில் மின்னழுத்தத்தினைக் கணக்கிடுக. (சிலிக்கன் டையோடு பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது)

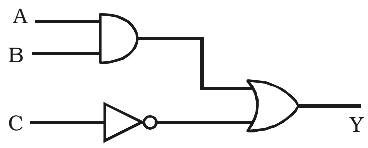
9.52 பின்னூட்டம் கொடுக்கப்படாத நிலையில் பெருக்கியின் மின்னழுத்தப் பெருக்கம் 100. வெளியீடு மின்னழுத்தத்திலிருந்து 5% எதிர் பின்னூட்டமாக உள்ளீட்டிற்கு அளித்தால், கிடைக்கும் மின்னழுத்தப் பெருக்கம் என்ன?

9.53 கால்பிட் அலையியற்றியின் $C_1 = 0.01\ \mu F$, $C_2 = 0.03\ \mu F$ மற்றும் $L = 100\ mH$. அலைவுகளின் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடுக.

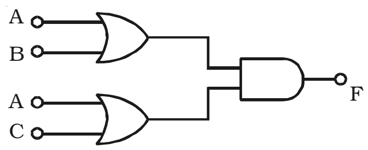
9.54 படத்தில் காட்டியுள்ளதுபோல் இரண்டு அலை வடிவங்கள் OR கேட்டிற்கு உள்ளீடாக அளிக்கப்படுகின்றன. வெளியீடாகக் கிடைக்கும் அலை வடிவம் எப்படி அமையும்?



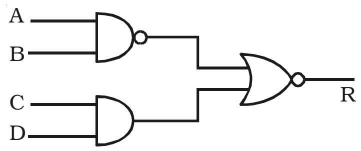
9.55 படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள லாஜிக் சுற்றிற்கான பூலியன் சமன்பாடு யாது? A= 1, B= 1 மற்றும் C = 1 எனக் கொண்டு வெளியீட்டைக் கணக்கிடுக.



9.56 கொடுக்கப்பட்டுள்ள லாஜிக் சுற்றின் வெளியீடு F-ஐக் காண்க.



9.57 கொடுக்கப்பட்டுள்ள லாஜிக் படத்தின் பூலியன் சமன்பாட்டைத் தருக.



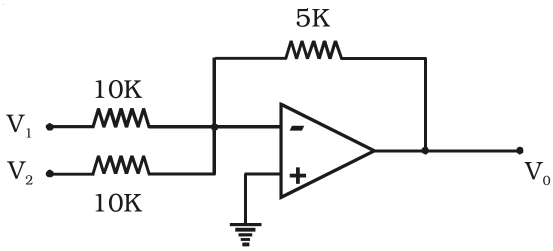
9.58 பூலியன் அல்ஜிப்ரா விதிகளையும், தேற்றங்களையும் பயன்படுத்தி பின்வரும் லாஜிக் சமன்பாட்டை நிறுவுக.

$ABC + A\overline{B}C + AB\overline{C} = A(B+C)$

9.59 பூலியன் அல்ஜிப்ரா விதிகளையும் தேற்றங்களையும் பயன்படுத்தி கொடுக்கப்பட்ட லாஜிக் சமன்பாட்டை எளிமைப்படுத்துக.

$Y = A.\overline{B} + AB + BC + CA$

9.60 கொடுக்கப்பட்ட சுற்றின் வெளியீடு என்ன?



விடைகள்

9.1 *(a)*	***9.2*** *(c)*	***9.3*** *(b)*	***9.4*** *(d)*	***9.5*** *(a)*
9.6 *(d)*	***9.7*** *(c)*	***9.8*** *(b)*	***9.9*** *(a)*	***9.10*** *(a)*
9.11 *(a)*	***9.12*** *(a)*	***9.13*** *(c)*	***9.14*** *(a)*	***9.15*** *(d)*

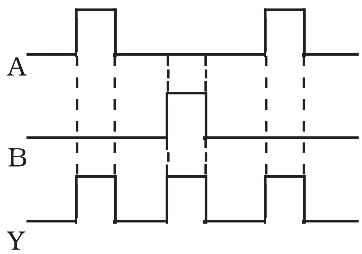
9.50 *500 ; 0.998*

9.51 *+ 4.31 V*

9.52 *16.66*

9.53 *5815 Hz*

9.54



9.55 $AB + \vec{C}$ *; 1*

9.56 $F = A + (B.C)$

9.57 $R = AB\,(\overline{C} + \overline{D})$

9.59 $A + BC$

9.60 $V_o = -\frac{1}{2}\,(V_1 + V_2)$

10. தகவல் தொடர்பு அமைப்புகள்

நிகழ்கிற சகாப்தம், செய்தி மற்றும் தகவல் தொடர்பில் ஒரு புரட்சியை ஏற்படுத்தியுள்ள சகாப்தமாகும். எலக்ட்ரானியலில் தகவல் தொடர்பு என்பது மின்னணு முறையில் தகவல்களை அனுப்புதல், பெறுதல் மற்றும் செப்பமற்ற தகவல்களைப் பயனுள்ள செய்திகளாக உருமாற்றுதலை செயற்பாங்கு அடையச் செய்தலைக் குறிக்கும். 1840களில் தகவல் தொடர்பானது தந்தி அனுப்பும் முறையில் தொடங்கியது. சில பத்தாண்டுகளுக்குப் பிறகு தொலைபேசி முறை கொண்டு வரப்பட்டது. அதனைத் தொடர்ந்து இருபதாம் நூற்றாண்டில் எலக்ட்ரானியல் வால்வுகளின் (வெற்றிடக் குழாய்களின்) கண்டுபிடிப்பினால் ரேடியோ தகவல் தொடர்பை ஏற்படுத்த இயன்றது. அதன் பின்னர் டிரான்சிஸ்டர்கள், தொகுப்புச் சுற்றுகள் மற்றும் பல குறைக் கடத்தி சாதனங்களின் கண்டுபிடிப்பு மற்றும் பயன்பாட்டின் காரணமாக ரேடியோ தகவல் தொடர்பு முறை அதிக அளவில் பயன்படுத்தப்பட்டதுடன் சிறந்த முறையில் திருத்தி அமைக்கப்பட்டது.

மிக சமீப காலத்தில் செயற்கைக் கோள்கள் மற்றும் ஒளி இழை (fiber optics) ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் தகவல் தொடர்பானது கணிணி மற்றும் இதர தரவு தகவல் தொடர்புக்கு (Data communication) அதி முக்கியத்துவம் அளித்து விரிவுபடுத்தப்பட்டுள்ளது. ரேடார் (Radar), ரேடியோ தொலை அளவி (Telemetry) மற்றும் செயற்கைக் கோள் இணைப்புகள் (Satellite links) போன்றவை, கடற்பயணம் (Navigation), பாதுகாப்பு (Defence) மற்றும் அறிவியல் ஆராய்ச்சி போன்ற துறைகளில் மிக முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன. தகவல் தொடர்பு நோக்கத்திற்காக மின்காந்த நிறமாலையில் உள்ள ரேடியோ அலைகள் மற்றும் மைக்ரோ அலைகள் மட்டுமே பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றன.

10.1 மின்காந்த அலைகள் பரவல்

மின்காந்த அலைகள் பரவும் விதமானது, அலைகளின் தன்மைகள் மற்றும் சூழ்நிலை (Environment) ஆகியவற்றைச் சார்ந்துள்ளது. புவியும் அதன் வளிமண்டலமும் மாற்றாமல் இருக்கும்வரை, ரேடியோ அலைகள், சாதாரணமாக நேர்க்கோட்டில் மட்டுமே பயணம் செய்யும். தகவல் தொடர்புக்கு பயன்படும் மின்காந்த நிறமாலையின் நெடுக்கங்கள் (Ranges) அட்டவணை 10.1ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அலைகளின் அதிர்வெண்களைப் பொருத்து பரப்பும் விண்ணலைக் கம்பியிலிருந்து (antenna - ஆண்டென்னா) ஏற்பு விண்ணலைக் கம்பிக்கு ரேடியோ அலைகள் மூன்று வழிகளில் அனுப்பப்படுகின்றன. அவையாவன :

(i) தரை (மேற்பரப்பு) அலை பரவல். (Ground or surface wave propagation)

(ii) வெளி (space) அலை பரவல். (Space wave propagation)

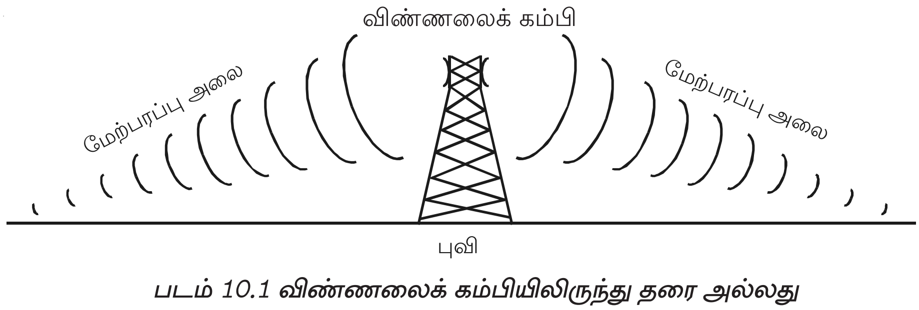
(iii) வான் அலை அல்லது அயனி மண்டல அலை பரவல். (Sky wave or ionospheric propagation)

அட்டவணை 10.1 தகவல் தொடர்புக்குப் பயன்படும் மின்காந்த அலைகளின் நெடுக்கங்கள் (தேர்வுக்கு உரியதன்று)

பெயர்	அதிர்வெண்	அலைநீளம்
மிகமிகத் தாழ்ந்த அதிர்வெண்கள் (ELF)	30-300 Hz	10^7 – 10^6 m
குரல் (Voice) அதிர்வெண்கள் (VF)	300-3000 Hz	10^6 – 10^5 m
மிகத் தாழ்ந்த அதிர்வெண்கள் (VLF)	3-30 kHz	10^5 – 10^4 m
தாழ்ந்த அதிர்வெண்கள் (LF)	30-300 kHz	10^4 – 10^3 m
நடுத்தர அதிர்வெண்கள் (MF)	300 kHz – 3 MHz	10^3 – 10^2 m
உயர் அதிர்வெண்கள் (HF)	3 – 30 MHz	10^2 – 10 m
மீ உயர் அதிர்வெண்கள் (VHF)	30 – 300 MHz	10 – 1 m
மீமீ உயர் அதிர்வெண்கள் (UHF)	300 MHz – 3 GHz	1 – 10^{-1} m
மீமீமீ உயர் அதிர்வெண்கள்(SHF)	3 – 30 GHz	10^{-1} – 10^{-2} m
உச்ச உயர் அதிர்வெண்கள்(EHF)	30 – 300 GHz	10^{-2} – 10^{-3} m

10.1.1 தரை (மேற்பரப்பு) அலை பரவல்

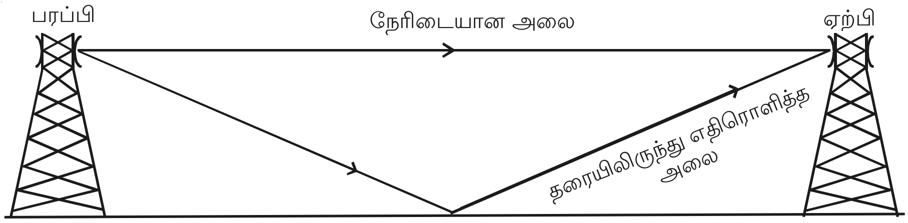
தரை அல்லது மேற்பரப்பு அலைகள் என்பன படம் 10.1ல் காட்டியுள்ளவாறு புவியின் மேற்பரப்பில் பயணம் செய்யும் ரேடியோ அலைகள் ஆகும். பரப்பும் (Transmitting) மற்றும் ஏற்கும் (receiving) விண்ணலைக் கம்பிகள் தரைக்கு மிக அருகில் உள்ளபோது தரை அலை பரவல் நடைபெறும். நடுத்தர மற்றும் நீண்ட அலை சைகைகள் பரவுதலின் போது மட்டுமே தரை அலை பரவல் முறை முதன்மையான முக்கியத்துவம் பெறுகிறது. பகற்பொழுதில் ஏற்கப்படும் அனைத்து நடுத்தர அதிர்வெண் சைகைகளும் தரை அலைப் பரவலை பயன்படுத்துகின்றன.



படம் 10.1 விண்ணலைக் கம்பியிலிருந்து தரை அல்லது மேற்பரப்பு அலை பரவுதல்

10.1.2 வெளிஅலை பரவல்

புவியின் அடிவளி மண்டலத்தின் (troposphere) வழியே பரப்பப்படும் ரேடியோ அலைகள் வெளி அலைகள் (space waves) எனப்படுகின்றன. அடிவளி மண்டலம் என்பது புவிப்பரப்பிலிருந்து 15 km உயரம் வரை பரவியுள்ள வளிமண்டலப் பகுதியாகும். வெளி அலைகள், வழக்கமாக, படம் 10.2 இல் காட்டியுள்ளவாறு இரண்டு உள்ளடங்கிய பகுதிகளைக் கொண்டுள்ளன.



படம் 10.2 வெளிஅலை பரவல்

(i) பரப்பியிலிருந்து நேரடியாக ஏற்பி முனையை அடையும் பகுதி.

(ii) புவிப் பரப்பினால் எதிரொளிக்கப்பட்டு பின்னர் ஏற்பியை அடையும் பகுதி.

குறிப்பாக, 30 MHz க்கும் அதிகமான அதிர்வெண்கள் கொண்ட அலைகளைப் பரப்புவதற்கு ''வெளி அலை'' பரவல் முறை பொருத்தமானதாக உள்ளது.

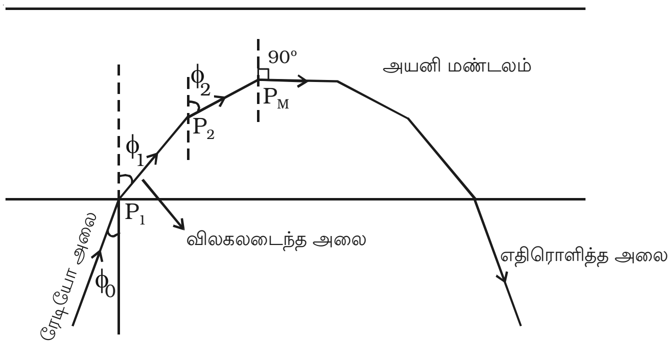
10.1.3 வான் அலை அல்லது அயனி மண்டல அலை பரவல்

வளி மண்டலத்தின் மேற்பகுதியில் அயனி மண்டலம் உள்ளது. சூரியனிலிருந்து வரும் புற ஊதாக் கதிர்கள், காஸ்மிக் கதிர்கள் போன்ற கதிர்வீச்சு, ஆற்றலை அதிக அளவில் உட்கவர்ந்து கொள்வதால் இப்பகுதி வெப்பப்படுத்தப்பட்டு அயனியாக்கமடைகிறது. அயனியாக்கப்பட்ட இப்பகுதி கட்டற்ற எலக்ட்ரான்கள், நேர் மற்றும் எதிர்மின் அயனிகள் ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ளது.

விண்ணலைக் கம்பியிலிருந்து தரையுடன் அதிக கோணத்தில் பரப்பப்படும் சிற்றலை வரிசையில் உள்ள ரேடியோ அலைகள், வளிமண்டலத்தின் ஊடே சென்று மேற்புற வளிமண்டலப் பகுதியான அயனியாக்கப்பட்ட பகுதியுடன் எதிர்படுகிறது (encounters). உகந்த சூழ்நிலையில், ரேடியோ அலைகள் அயனியாக்கப்பட்ட பகுதியுடன் வெவ்வேறு இடங்களில் விலகல் அடைவதால் அவை கீழ்நோக்கி வளைக்கப்பட்டு புவியில் தொலைவில் உள்ள இடத்தை அடைகின்றன. இது போன்ற ரேடியோ அலை ''வான் அலை'' என்றழைக்கப்படுகிறது. இந்த அலை பரவல் ''வான் அலை பரவல்'' அல்லது ''அயனி மண்டல அலை பரவல்'' எனப்படுகிறது. வான் அலை பரவல் மூலமாக நீண்ட தொலைவு ரேடியோ தகவல் தொடர்பை ஏற்படுத்த இயலுகிறது.

அயனி மண்டலத்தால் மின்காந்த அலைகள் எதிரொளிக்கப்படுதல்

அயனிமண்டலத்தினுள் நுழையும் மின்காந்த அலைகள் அயனி மண்டலத்தால் எதிரொளிக்கப்படுகின்றன. உண்மையில், இதில் நடைபெறும் செயல் விலகலே (refraction) ஆகும். அயனி மண்டலத்தின் வெவ்வேறு ஏடுகளின் ஒளிவிலகல் எண்கள் மாறிலியாக இருப்பதில்லை. இது, எலக்ட்ரான் அடர்த்தி மற்றும் படுகின்ற அலையின் அதிர்வெண் ஆகியவற்றைப் பொருத்து மாறுபடுகிறது. அயனியாக்க அடர்த்தி அதிகரிப்பதால், குறிப்பிட்ட அடுக்கினை, குறிப்பிட்டதொரு கோணத்தில் அலை நெருங்கும்போது, அவ்வடுக்கின் ஒளிவிலகல் எண் குறைகிறது. எனவே படம் 10.3ல் காட்டியுள்ளவாறு அலையானது படிப்படியாக குத்துக் கோட்டிலிருந்து மென்மேலும் வளைந்து விலகிச் செல்கிறது. எலக்ட்ரான் அடர்த்தி அதிகமாக உள்ளபோது விலகல் அடையும் கோணம் 90^o ஆக மாறும். அதன் பிறகு அலையானது புவியை நோக்கிச் செல்லும்.

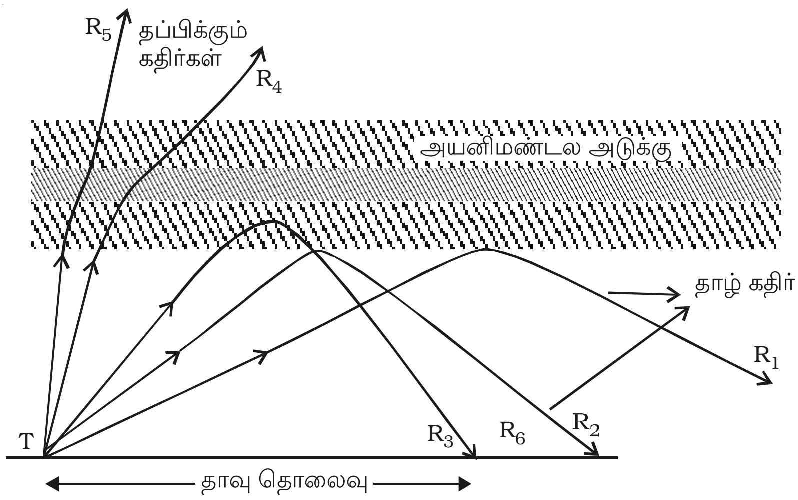


படம் 10.3 அயனிமண்டலத்தில் ரேடியோ அலையின் விலகல்

தாவு தொலைவு (Skip distance) மற்றும் தாவு மண்டலம் (Skip zone)

வான் அலை பரவுவதில், ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணுக்கு பரப்பும் புள்ளியிலிருந்து ஏற்கும் புள்ளி வரை பரப்பின் (surface) வழியே உள்ள குறைந்தபட்சத் தொலைவு, தாவு தொலைவு(skip distance) எனப்படும்.

படம் 10.4ல் காட்டியுள்ளவாறு R_1 என்ற கதிரின் படுகோணம் அதிகமாக இருக்குமானால் தரையை நோக்கி வரும் வான் அலை, பரப்பியிலிருந்து அதிக தொலைவில் உள்ள புள்ளியை அடையும். படுகோணத்தின் மதிப்பு சிறிது சிறிதாகக் குறைக்கப்படுமானால் தரைக்குத் திரும்பும் அலைகள் பரப்பிக்கு அருகருகே உள்ள புள்ளிகளை அடையும். இவை R_2 மற்றும் R_3 என்ற கதிர்களால் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. படுகோணத்தின் மதிப்பு குறிப்பிடத்தக்க அளவில், R_3 என்ற கதிரின் படுகோணத்தை விட குறைவாக இருக்குமாறு செய்தால் புவிக்கு திரும்ப அனுப்பப்பட வேண்டிய அலை குத்துக்கோட்டுக்கு மிக நெருக்கமாக அமையும். படுகோணத்தின் மதிப்பு மேலும் குறைக்கப்படுமானால், R_4 மற்றும் R_5 என்ற கதிர்களால் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு, ரேடியோ அலைகள் அயனி மண்டல அடுக்கை ஊடுருவிச் சென்று விடும்.



படம் 10.4 வெவ்வேறு படுகோணங்களில் ரேடியோ அலைகள்

ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோணத்திற்கு பரப்பும் புள்ளியிலிருந்து ஏற்கும் புள்ளி வரை உள்ள தொலைவு மிகக் குறைவாக இருக்கும். R_3 என்ற கதிருக்கு இருப்பது போன்று பரப்பிக்கும், கதிர் தரையைத் தொடும் புள்ளிக்கும் இடையே உள்ள சிறுமத் தொலைவு 'தாவு தொலைவு' எனப்படுகிறது.

பரப்பியிலிருந்து விலகிச் செல்லச் செல்ல தரை அலையின் முக்கியத்துவம் மென்மேலும் குறையும். ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியில் தரை அலை மூலமான ஏற்பு (reception) இருக்காது. இந்தப் புள்ளி தாவு தொலைவிற்குள் ஏதேனும் ஒரு இடத்தில் இருக்கும். தரை அலை ஏற்பு இல்லாத புள்ளிக்கும், வான் அலை முதலாவதாக எந்தப் புள்ளியில் ஏற்கப்படுகிறதோ அந்தப் புள்ளிக்கும் இடைப்பட்ட பகுதி ''தாவு மண்டலம்'' (Skip zone) எனப்படும். இந்த தாவு மண்டலத்தினுள் அலை ஏற்பு இருக்காது.

10.2 பண்பேற்றம் (Modulation)

ரேடியோ ஒலிபரப்பில் இசை, பேச்சு போன்ற செவியுணர்வு அதிர்வெண் சைகைகளை ஒலிபரப்பு நிலையங்களிலிருந்து நீண்ட தொலைவுகளில் உள்ள ரேடியோ ஏற்பிகளுக்கு அனுப்ப வேண்டியுள்ளது. நுண்ணொலி வாங்கியின் (microphone – மைக்ரோஃபோன்) உதவியால், இசை, பேச்சு போன்றவை செவியுணர் சைகைகளாக மாற்றப்படுகின்றன. அலையின் ஆற்றல், அதிர்வெண்ணைப் பொருத்து அதிகரிக்கும். எனவே செவியுணர் அதிர்வெண் (20 - 20000 Hz) அலைகள் அதிக ஆற்றலைப் பெற்றிருப்பது இல்லை. ஆகவே, இவற்றை நீண்ட தொலைவுகளுக்கு அனுப்ப இயலாது. 20 kHz ஐ விட அதிக அதிர்வெண் கொண்ட மின்னாற்றல் கதிர் வீச்சை மட்டுமே அதிக தொலைவிற்கு அனுப்புவது நடைமுறைச் சாத்தியமாகும். குறைந்த திறனைக் கொண்டு அதிக அதிர்வெண் கொண்ட சைகைகளை ஆயிரக்கணக்கான கிலோ மீட்டர் தொலைவுக்கு அனுப்ப இயலும்.

எனவே, செவியுணர் அதிர்வெண் சைகைகளை சரியாகப் பரப்ப வேண்டுமெனில் அவற்றை ''ஊர்தி அலைகள்'' என அழைக்கப்படும் உயர் அதிர்வெண் ரேடியோ அலைகள் மீது சுமத்த வேண்டும். இதனால் கிடைக்கும் தொகுபயன் அலை'பண்பேற்றம் பெற்ற அலை' எனவும், இச்செயல்முறை 'பண்பேற்றம்' **(modulation)** எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. பண்பேற்றம் பெற்ற உயர் அதிர்வெண் அலைகள் (ரேடியோ அலைகள்), விண்ணலைக் கம்பியின் மூலம் வெளிக்கு **(space)** அனுப்பப்படுகின்றன. ஏற்பி முனையில் பண்பேற்றப்பட்ட அலைகளிலிருந்து பண்பிறக்க முறையில் **(de-modulation)** செவியுணர் அதிர்வெண் அலைகள் பிரித்தெடுக்கப்படுகின்றன. பின்னர் செவியுணர் அதிர்வெண் அலைகள் பெருக்கப்பட்டு ஒலிப்பான் **(speaker)** மூலம் ஒலிமீட்பு செய்யப்படுகிறது.

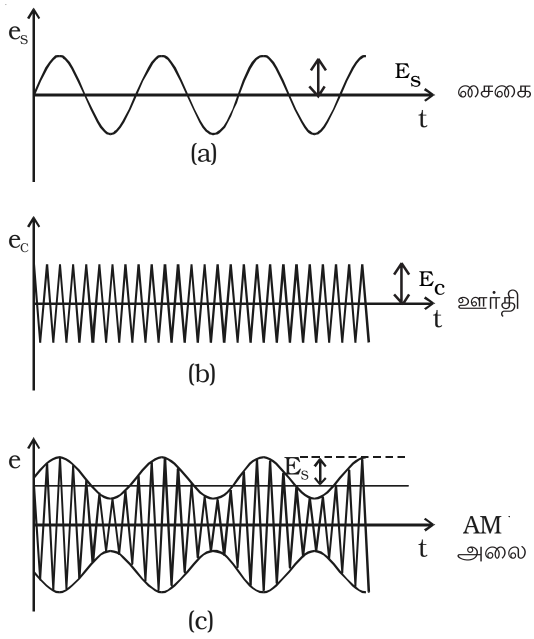
செவியுணர் சைகைகளைச் சுமந்து செல்ல அதிக அதிர்வெண் கொண்ட ரேடியோ அலைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. செவியுணர் சைகைகளை ஊர்தி அலைகளின்மீது சுமத்துவதால் ஊர்தி அலையின் வீச்சு, அதிர்வெண் அல்லது கட்டம் ஆகிய ஏதாவது ஒரு சிறப்பியல்பு, செவியுணர் சைகையின் செறிவுக்கு ஏற்றவாறு மாற்றப்படுகிறது. ஊர்தி அலையின் வீச்சு அல்லது அதிர்வெண் அல்லது கட்டம், செவியுணர் சைகையின் செறிவுக்கு ஏற்றவாறு மாற்றப்படும் செயல்முறை அலைப்பண்பேற்றம் என அழைக்கப்படுகிறது. அலைப் பண்பேற்ற முறைகளான **(i)** வீச்சுப் பண்பேற்றம் **(AM)** **(ii)** அதிர்வெண் பண்பேற்றம் **(FM)** **(iii)** கட்டப் பண்பேற்றம் **(PM)** ஆகியவை கீழே விளக்கப்பட்டுள்ளன.

10.2.1 வீச்சுப் பண்பேற்றம்

உயர் அதிர்வெண் கொண்ட ஊர்தி அலைகளின் வீச்சு, சைகையின் செறிவுக்கு ஏற்றவாறு மாற்றப்படும் செயல்முறை வீச்சுப் பண்பேற்றம் எனப்படும்.

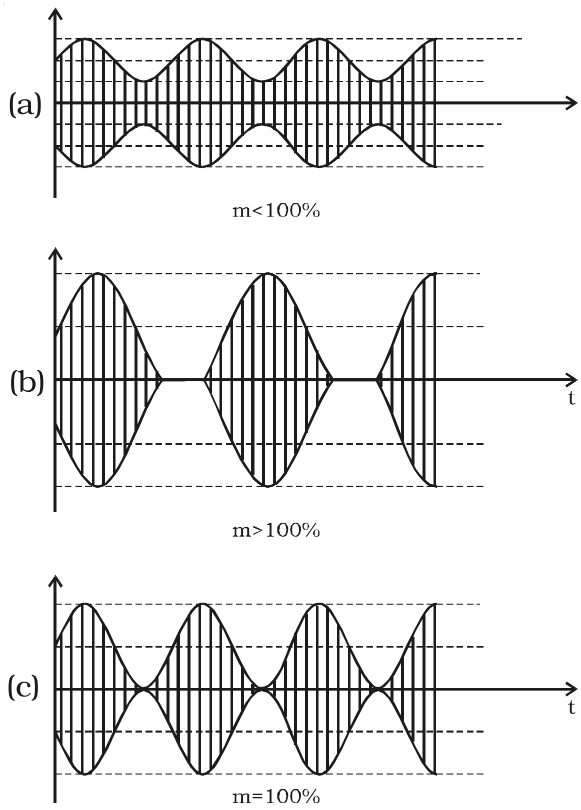
வீச்சுப் பண்பேற்றத்தில் ஊர்தி அலையின் வீச்சு மட்டுமே மாற்றப்படுகிறது. ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் மற்றும் கட்டம் மாறாமல் இருக்கும். படம் 10.5 வீச்சுப் பண்பேற்றத்தின் அடிப்படைக் கொள்கையை காட்டுகிறது.

f_s என்ற அதிர்வெண் கொண்ட செவியுணர் அதிர்வெண் சைகையின் அலை வடிவம் படம் 10.5aல் காட்டப்பட்டுள்ளது. படம் **10.5b**



படம் 10.5 வீச்சுப் பண்பேற்றம்

வீச்சு மாறாத f_c என்ற உயர் அதிர்வெண் உடைய ஊர்தி அலையின் வடிவத்தைக் காட்டுகிறது. படம் 10.5c வீச்சுப் பண்பேற்றம் பெற்ற அலையின் வடிவத்தைக் காட்டுகிறது. இதில் ஊர்தி அலையின் நேர் மற்றும் எதிர் அரை பாகங்களின் வீச்சுகள் சைகையைப் பொருத்து மாற்றப் பட்டுள்ளன. எனவே வீச்சுப் பண்பேற்ற அலையானது செவியுணர் சைகை அலையின் அதிர்வெண்ணைக் கொண்டுள் ளது என அறிகிறோம்.



படம் 10.6 வெவ்வேறு பண்பேற்ற எண்களில் வீச்சுப் பண்பேற்ற அலைகள்

பண்பேற்ற எண்

வீச்சுப் பண்பேற்றத்தில் பண்பேற்ற எண் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. எந்த அளவுக்கு ஊர்தி அலையின் அலைவீச்சு, செவியுணர் சைகையால் மாற்றப்படுகிறது என்பதை பண்பேற்ற எண் காட்டுகிறது. பண்பேற்றத்திற்குப் பின் ஊர்தி அலையின் வீச்சில் ஏற்பட்ட மாற்றத்திற்கும் பண்பேற்றத்திற்கு முன் ஊர்தி அலையின் வீச்சுக்கும் உள்ள தகவு பண்பேற்ற எண் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

பண்பேற்ற எண்,

$$m = \frac{\text{அலைப்பண்பேற்றத்திற்குப் பின் ஊர்தி அலையின் வீச்சு மாற்றம்}}{\text{அலைப் பண்பேற்றத்திற்கு முன் ஊர்தி அலையின்அலை வீச்சு}}$$

$$m = \frac{\text{சைகை அலையின் வீச்சு}}{\text{ஊர்தி அலையின் வீச்சு}}$$

பரப்பப்படும் பண்பேற்றம் செய்யப்பட்ட அலையின் வலிமை மற்றும் அதன் தரம் ஆகியவற்றை பண்பேற்ற எண் நிர்ணயிக்கிறது. அலைப்பண்பேற்ற எண் $m < 1$ என இருந்தால் ஊர்தி அலையின் வீச்சின் மாறுபாடு குறைவாக இருக்கும். இதன்

விளைவாக படம் 10.6a ல் உள்ளவாறு பரப்பப்படும் சைகை வலிமைமிக்கதாக இருக்காது. பண்பேற்ற எண் m > 1என இருந்தால் படம் 10.6b யில் காட்டியுள்ளவாறு பரப்பப்படும் அலையில் உருக்குலைவு ஏற்படும். எனவே, சைகை அலையை முழுமையாக திரும்பப் பெற முடியாது. ஆற்றல் மிக்க பண்பேற்றம் நிகழ, பண்பேற்ற வீதம் 100%க்கு மேல் எப்போதும் இருக்கக் கூடாது.

அலைவீச்சுப் பண்பேற்றத்தின் பகுப்பாய்வு

ஊர்தி அலையை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$e_c = E_c \cos \omega_c t \qquad \dots (1)$$

இதில் e_c, E_c மற்றும்ω_c என்பன முறையே எந்த ஒரு கணத்திலும் ஊர்தி அலையின் மின்னழுத்தம், வீச்சு மற்றும் கோண அதிர்வெண் ஆகியவற்றைக் குறிக்கும்.

வீச்சுப் பண்பேற்றத்தில் ஊர்தி அலையின் வீச்சான E_c, செவியுறு சைகைளின் செறிவுக்கு ஏற்றவாறு படம் 10.5 ல் காட்டியுள்ளவாறு மாற்றப்படுகிறது. பண்பேறும் சைகையை கீழ்க்கண்டவாறு குறிப்பிடலாம்.

$$e_s = E_s \cos\omega_s t \qquad \dots (2)$$

இதில் e_s, E_s மற்றும் ω_s என்பன முறையே எந்தவொரு கணத்திலும் சைகை அலையின் மின்னழுத்தம், வீச்சு மற்றும் கோண அதிர்வெண்ணைக் குறிக்கும்.

சமன்பாடு (1)ல் உள்ள E_c மதிப்பை சைகையின் வீச்சு E_s க்கு ஏற்ப மாற்றுவதன் மூலம் வீச்சுப் பண்பேற்ற அலையைப் பெறலாம். எனவே வீச்சுப் பண்பேற்ற அலையை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$e = (E_c + E_s \cos\omega_s t)\cos\omega_c t$$

$$e = E_c \left[1+\left(\frac{E_s}{E_c}\right)\cos\omega_s t\right] \cos\omega_c t = E_c\left[1+m\cos\omega_s t\right]\cos\omega_c t$$

இதில் m என்பது பண்பேற்ற எண் ஆகும். இது $\frac{E_s}{E_c}$ க்குச் சமமாகும்.

$$\therefore\ e = E_c\cos\omega_c t + mE_c\cos\omega_c t \,.\, \cos\omega_s t \qquad \dots(3)$$

$$= E_c \cos\omega_c t + \frac{mE_c}{2}\left[2\cos\omega_c t\ \cos\omega_s t\right]$$

$$= E_c \cos\omega_c t + \frac{mE_c}{2}\left[\cos(\omega_c + \omega_s)t + \cos(\omega_c - \omega_s)t\right]$$

$$= E_c \cos\omega_c t + \frac{mE_c}{2}\cos(\omega_c + \omega_s)t + \frac{mE_c}{2}\cos(\omega_c - \omega_s)t \qquad \dots(4)$$

இச்சமன்பாடு, பண்பேற்றம் பெற்ற அலையானது மூன்று கூறுகளைக் கொண்டுள்ளதைக் காட்டுகிறது.

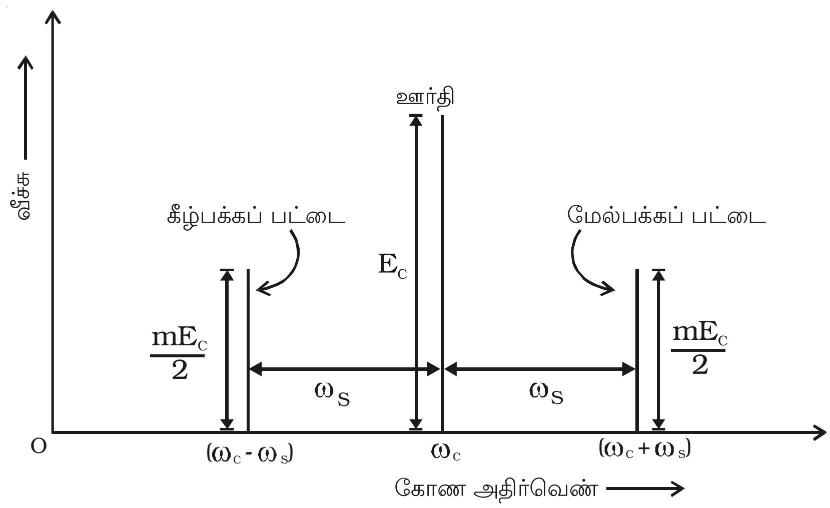
(i) $E_c \cos \omega_c t$: இந்தக் கூறு ஊர்தி அலையைப் போன்றதாகும்.

(ii) $\frac{mE_c}{2} \cos(\omega_c + \omega_s)t$: இது ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண்ணைக் காட்டிலும் அதிக அதிர்வெண் கொண்டது. இது மேல்பக்கப் பட்டை (Upper Side Band - USB) எனப்படுகிறது.

(iii) $\frac{mE_c}{2} \cos(\omega_c - \omega_s)t$: இது ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண்ணைக் காட்டிலும் குறைந்த அதிர்வெண் கொண்டது. இது கீழ்பக்கப் பட்டை (Lower Side Band - LSB) எனப்படுகிறது.

அதிர்வெண் நிறமாலை (Frequency spectrum)

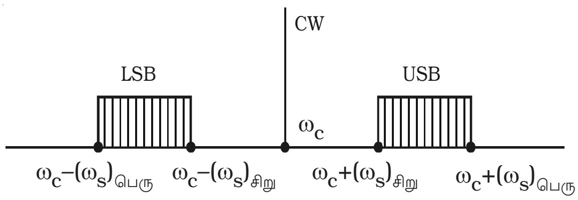
கீழ்ப்பக்கப்பட்டை மற்றும் மேல்பக்கப் பட்டை ஆகிய இரண்டும் அதிர்வெண் நிறமாலையில் ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண்ணின் இருமருங்கிலும் ω_s என்ற அதிர்வெண் வேறுபாட்டில் படம் 10.7ல் காட்டியுள்ளவாறு அமைந்துள்ளன. மேல் மற்றும் கீழ்பக்கப் பட்டைகளின் வீச்சுகளின் எண் மதிப்புகள் ஊர்தி அலை வீச்சின் E_c மதிப்பில் $\frac{m}{2}$ மடங்காக இருக்கும். பண்பேற்ற எண் m ன் மதிப்பு ஒன்று என இருக்குமானால் ஒவ்வொரு பக்கப் பட்டையின் வீச்சும் ஊர்தி அலையின் வீச்சில் பாதியாக இருக்கும்.



படம் 10.7 அதிர்வெண் நிறமாலை

பட்டை அகலம் ***(Bandwidth)***

வீச்சுப் பண்பேற்ற அலையில் பட்டை அகலம், $(\omega_c - \omega_s)$ முதல் $(\omega_c + \omega_s)$ வரை இருக்கும். அதாவது சைகை அலையின் அதிர்வெண்ணின் இரு மடங்காக இருக்கும். முன்னால் உள்ள பகுதியில் பண்பேறும் அலை ஒரே ஒரு அதிர்வெண் கூறை மட்டும் கொண்டிருக்கும் என எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. இருந்தாலும் ஒலி பரப்பு நிலையத்தில், பண்பேறும் அலை 300 – 3000 Hz அதிர்வெண் நெடுக்கம் கொண்ட மனிதக் குரல் அல்லது இசையாகும். இந்த அலைகள் ஒவ்வொன்றும் அவற்றிற்கே உரிய பட்டைகளைக் கொண்டிருக்கும். உண்மையில் மேல்பக்கப் பட்டையானது, சைகையின் கூறுகள் மற்றும் ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண்ணின் கூடுதலையும், கீழ்பக்கப் பட்டையானது, வேறுபாட்டையும் கொண்டிருக்கும் (படம் 10.8).



படம் 10.8 அலைவரிசையின் அகலம்

அலைவரிசையின் அகலம், கடைக்கோடியில் உள்ள அதிர்வெண்களின் வேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும். அதாவது மேல்பக்கப் பட்டையின் பெரும அதிர்வெண்ணிற்கும், கீழ்பக்கப் பட்டையின் சிறும அதிர்வெண்ணிற்கும் உள்ள வேறுபாட்டிற்குச் சமமாக இருக்கும்.

அலைவரிசையின் அகலம் (channel width) = 2 × பண்பேறும் சைகையின் பெரும அதிர்வெண்

$$= 2 \times (f_s)_{(\text{பெருமம்})}$$

நன்மைகள்

(i) எளிதில் பரப்பவும் ஏற்கவும் இயலும்.

(ii) குறைவான பட்டை அகலம் போதுமானது

(iii) குறைந்த விலை

வரம்புகள்

(i) இரைச்சலுடன் கூடிய ஏற்பு : வீச்சுப் பண்பேற்றம் செய்யப்பட்ட அலையில், ஊர்தி அலையின் வீச்சு மாற்றமாக, சைகை உள்ளது. நடைமுறையில் இயற்கையாலும், மனிதர்களாலும் ஏற்படுத்தப்படும் இரைச்சல்கள், மின்வீச்சு இடர்பாடுகளாக உள்ளன. ஒரு ரேடியோ ஏற்பி, சைகை அலையையும், இரைச்சல்களையும தனித்துப் பார்க்கும் வல்லமை அற்றதால் பொதுவாக வீச்சுப் பண்பேற்ற முறையில் ஏற்கப்படும் நிகழ்ச்சிகள் இரைச்சலுடன் கூடியதாகவே இருக்கும்.

(ii) குறைந்த செயல்திறன் : வீச்சுப் பண்பேற்றத்தில் பயன்தரக் கூடிய திறன், பக்கப் பட்டைகளில் மட்டுமே உள்ளது. ஏனெனில், பக்கப் பட்டைகளில் மட்டுமே

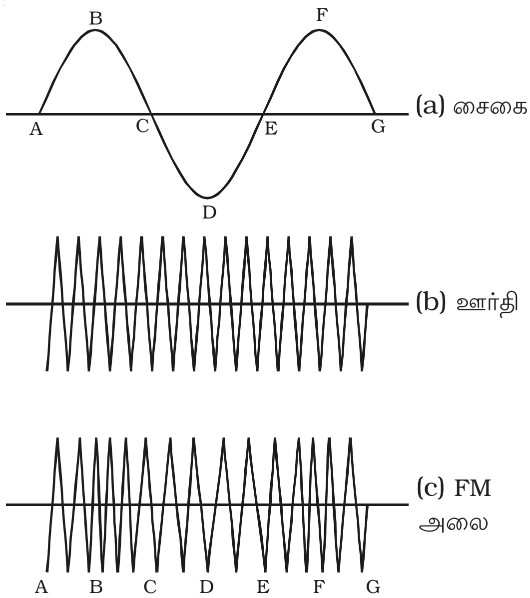
சைகைகள் உள்ளன. வீச்சுப் பண்பேற்ற அலையின் பக்கப் பட்டையின் ஆற்றல் குறைவு. எனவே வீச்சுப் பண்பேற்றம் குறைந்த செயல்திறன் கொண்டதாக உள்ளது.

(iii) குறைந்த செயல் தொலைவு : வீச்சுப் பண்பேற்றத்தின் குறைந்த செயல்திறன் காரணமாக செயல்படும் அலை பரப்பிகள் குறைந்த செயல்படும் தொலைவினைப் (small operating range) பெற்றிருக்கும். அதாவது செய்திகளை நீண்ட தொலைவுகளுக்கு அனுப்ப இயலாது.

10.2.2 அதிர்வெண் பண்பேற்றம்

ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண், சைகையின் செறிவுக்கு இணங்க மாற்றப்படும் செயல்முறை 'அதிர்வெண் பண்பேற்றம்' எனப்படுகிறது. அதிர்வெண் பண்பேற்றத்தில் ஊர்தி அலையின் வீச்சும் கட்டமும் மாறாமல் இருக்கும். ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் மட்டும் சைகையின் செறிவுக்கு இணங்க மாற்றப்படுகிறது.

ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் மாற்றம் சைகையின் கண நேரவீச்சை சார்ந்திருக்கும். (படம் 10.9a). A, C, E மற்றும் G என்ற புள்ளிகளில் சைகை மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பு சுழியாக இருக்கும்போது ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண்கள் மாற்றப்படுவதில்லை.



படம் 10.9 அதிர்வெண் பண்பேற்றம்

சைகை, நேர் உச்ச (positive peak) மதிப்புகளை B மற்றும் F-ல் நெருங்கும் போது ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் பெரும மதிப்பிற்கு அதிகரிக்கிறது. இது படம் 10.9c ல் நெருக்கமாக அமைந்த அலை சுழற்சிகளாக (cycles) காட்டப் பட்டுள்ளது. ஆனால் சைகையின் எதிர் உச்ச (negative peak) மதிப்புகளின் போது (D யில்) ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் சிறுமத்திற்கு குறைக்கப்படுகிறது. இது படம் 10.9c ல் அகன்ற இடைவெளியுடன் கூடிய அலை சுழற்சிகளாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. உரத்த சைகையானது (louder signal) ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண்ணில் அதிக மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும். இது, வலு குறைந்த சைகைகளுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்போது அதிகரித்த கொத்துகளாகவும் அதிக அளவில் பரவியுள்ள அலைகளாகவும் காட்டப்படும்.

உள்ளீடு சைகை இல்லாத நிலையில் FM ஒலிபரப்பியின் அதிர்வெண், ஓய்வு நிலை அதிர்வெண் (resting frequency) அல்லது மைய அதிர்வெண் (centre fre-

quency) f_o எனப்படுகிறது. இதுவே அந்த ஒலிபரப்பிற்கு ஒதுக்கப்பட்ட அதிர்வெண் ஆகும். சைகை செலுத்தப்படும் பொழுது ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண், ஓய்வு நிலை அதிர்வெண் f_o லிருந்து மேலும் கீழுமாக விலகும்.

ஓய்வு நிலை அதிர்வெண்ணுக்கு மேல் அல்லது கீழ் ஏற்படும் அதிர்வெண் மாற்றம் **(shift)** அதிர்வெண் விலக்கம் Δf எனப்படும். குறைந்தபட்ச அதிர்வெண்ணிலிருந்து அதிகபட்ச அதிர்வெண் வரையிலான மொத்த அதிர்வெண் மாறுபாடு, ஊர்தி அலையின் அலைவு **(carrier swing - CS)** எனப்படுகிறது.

ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் அலைவு = $2 \times$ அதிர்வெண் விலக்கம்

$$= 2 \times \Delta f$$

FM ஒலிபரப்பில், பெரும ஒலிச் செறிவிற்காக, ஓய்வு அதிர்வெண்ணின் இருபுறங்களிலும் அதிகபட்ச அதிர்வெண் விலக்கம் 75 kHz ஆக கட்டுப்படுத்திக் கொள்வதென உலக அளவில் ஒப்புக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது.

நன்மைகள்

(i) இரைச்சலற்ற ஒலி ஏற்பைக் கொடுக்கும். இரைச்சல் என்பது வீச்சு மாற்றத்தால் உண்டாவது. எனவே FM ஏற்பி, இரைச்சலை நீக்கிவிடும்.

(ii) செயல்படும் தொலைவு மிகவும் அதிகம்.

(iii) ஒலிபரப்பியின் செயல்திறன் மிக அதிகம்.

குறைபாடுகள்

(i) அதிர்வெண் அலைப் பண்பேற்றத்திற்கு அகன்ற அதிர்வெண் பட்டை (அலைவரிசை -**channel)** தேவை.

(ii) FM ஒலிபரப்பில் அனுப்பும் மற்றும் ஏற்கும் சாதனங்கள் மிகவும் சிக்கலானவை.

10.2.3 கட்டப் பண்பேற்றம்

கட்டப் பண்பேற்றத்தில், ஊர்தி அலையின் கட்டம், பண்பேறும் சைகையின் வீச்சுக்கு இணங்க மாற்றப்படுகிறது. கட்டம் மாறும் வீதம் சைகையின் அதிர்வெண்ணைப் பொருத்தது. கட்டப் பண்பேற்றம் பெற்ற அலையின் வடிவம் FM அலையைப் போன்றதே ஆகும். FMஐ விட கட்டப் பண்பேற்றத்திற்கு குறைந்த அதிர்வெண் பட்டையே பயன்படுத்தப்படுகிறது. வேறு வகையில் கூற வேண்டுமானால், கட்டப் பண்பேற்றத்தில் கொடுக்கப்பட்ட அதிர்வெண் பட்டையில் அதிக செய்திகளை **(information)** அனுப்ப முடியும். எனவே, கொடுக்கப்பட்ட அதிர்வெண் பட்டையில் கட்டப் பண்பேற்றம், மிக உயர்ந்த பரப்பும் வேகத்திற்கு **(transmission speed)** வழிவகுக்கிறது. கட்டப் பண்பேற்றத்திலும் ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண்ணில் அதிர்வெண் மாற்றம் நிகழ்கிறது. இந்த அதிர்வெண் மாற்றம் **(i)** பண்பேறும் சைகை அலையின் வீச்சு **(ii)** சைகையின் அதிர்வெண் ஆகியவற்றைச் சார்ந்துள்ளது. கட்டப் பண்பேற்றத்தின் மிகப் பெரிய நற்பயன், PM சைகையிலிருந்து உருவாக்கப்படும் FM

சைகை மிக்க நிலைத்தன்மை (stable) உடையது என்பதாகும். மேலும், மைய அதிர்வெண் அல்லது ஓய்வு நிலை அதிர்வெண் மிக அதிகமான நிலைப்புத் தன்மை கொண்டது.

10.3 விண்ணலைக் கம்பிகள் (Antennas)

வானொலி, தொலைக்காட்சி, ரேடார் மற்றும் செல்லிடப்பேசி (mobile phones) அமைப்புகளில், மின்காந்த அலையானது பரப்பியிலிருந்து ஏற்பிக்கு, வெளியில் (space) பயணம் செல்கிறது. பரப்பியையும் ஏற்பியையும் வெளி இணைப்புடன் (Space link) பிணைக்க இருமுனைகளிலும் விண்ணலைக் கம்பிகள் தேவைப்படுகின்றன.

மாற்றம் செய்யும் கருவியான நீண்ட கடத்தி (கம்பி மற்றும் தண்டு வடிவம்) விண்ணலைக் கம்பி எனப்படும். பரப்பும் விண்ணலைக் கம்பியானது மின்னியல் சைகையை மின்காந்த ஆற்றலாகவும் ஏற்பி மின்னலைக் கம்பியானது மின்காந்த ஆற்றலை மின்னியல் சைகையாகவும் மாற்றுகின்றன.

திசைநெறிப்படுத்தும் திறன் (Directivity) என்பது விண்ணலைக் கம்பியின் மிக முக்கியமான பண்பளவாகும். மின்காந்த அலைகளைப் பரப்பும்போது, குறிப்பிட்ட திசைகளில் ஒருமுனைப்படுத்தி பரப்பும் திறன் அல்லது குறிப்பிட்ட திசைகளில் இருந்து வரும் மின்காந்த அலைகளை மட்டுமே பெரும அளவில் ஏற்கும் திறன், விண்ணலைக் கம்பியின் திசைநெறிப்படுத்தும் திறன் ஆகும்.

10.4 ரேடியோ ஒலிபரப்பு மற்றும் ஏற்பு

10.4.1 ரேடியோ ஒலிபரப்பு

பண்பேற்றத்திற்குப் பிறகு அலைபரப்பிகள் என்று அழைக்கப்படும் எலக்ட்ரானியல் சுற்றுகளின் உதவியால் ரேடியோ அலைகள் நீண்ட தொலைவுகளுக்குப் பரப்பப்படுகின்றன. மிக எளிய வடிவிலான அலைபரப்பி, விண்ணலைக் கம்பியுடன் இணைக்கப்பட்ட உயர் அதிர்வெண் கொண்ட அலைகளை உருவாக்கும் அலை இயற்றியைக் கொண்டிருக்கும்.

இனிவரும் பகுதியில் வீச்சு மற்றும் அதிர்வெண் பண்பேற்றப்பட்ட அலை பரப்பிகள் செயல்படும் விதங்களை அறியலாம்.

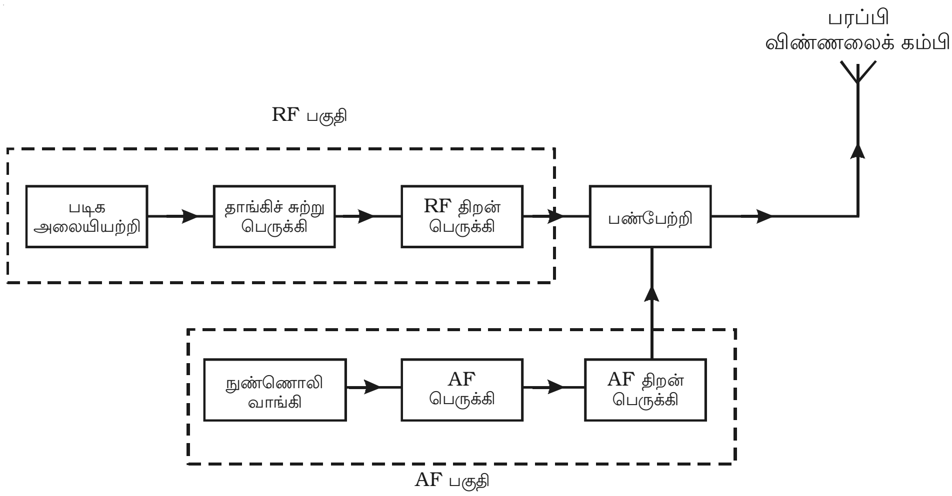
வீச்சுப் பண்பேற்ற (AM) அலைபரப்பி

வீச்சுப் பண்பேற்ற ரேடியோ அலைபரப்பியின் கட்ட விளக்கப்படம் படம் 10.10ல் காட்டப்பட்டு உள்ளது. இது இரண்டு பகுதிகளைக் கொண்டுள்ளது. **(i)** செவியுணர் அதிர்வெண் (AF) பகுதி **(ii)** ரேடியோ அதிர்வெண் (RF) பகுதி.

***AF** பகுதி*

அலைபரப்பியின் AF பகுதி பண்பேறும் சைகை அலைகளை உருவாக்குகிறது. நுண்ணொலிவாங்கி (microphone), ஒலி ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றுகிறது.

நுண்ணொலிவாங்கியிலிருந்து கிடைக்கும் மின்னாற்றல், மிகக் குறைவாக இருக்கும். எனவே தேவையான ஈட்டத்தினைப் பெற பெருக்கிகள் மூலம் இந்த ஆற்றல்



படம் 10.10 வீச்சுப் பண்பேற்ற ரேடியோ பரப்பியின் கட்டப் படம்

பெருக்கப்படுகிறது. AF பெருக்கியின் வெளியீடு, AF திறன் பெருக்கியின் உள்ளீட்டில் உள்ளீடாக அளிக்கப்படுகிறது. திறன் பெருக்கி, செவியுணர் அதிர்வெண் அலைகளுக்குத் தேவையான திறனை ஏற்படுத்தித் தருகிறது. AF திறன் பெருக்கியின் வெளியீடு, பண்பேற்றிக்குத் தரப்படுகிறது. பண்பேற்றி என்பது டிரான்ஸ்சிஸ்டர் மற்றும் செயல்திறன் அற்ற உறுப்புகளைக் கொண்ட பண்பேற்றத்தை செயல்முறைப்படுத்தும் ஒரு எலக்ட்ரானியல் மின்சுற்று ஆகும்.

RF பகுதி

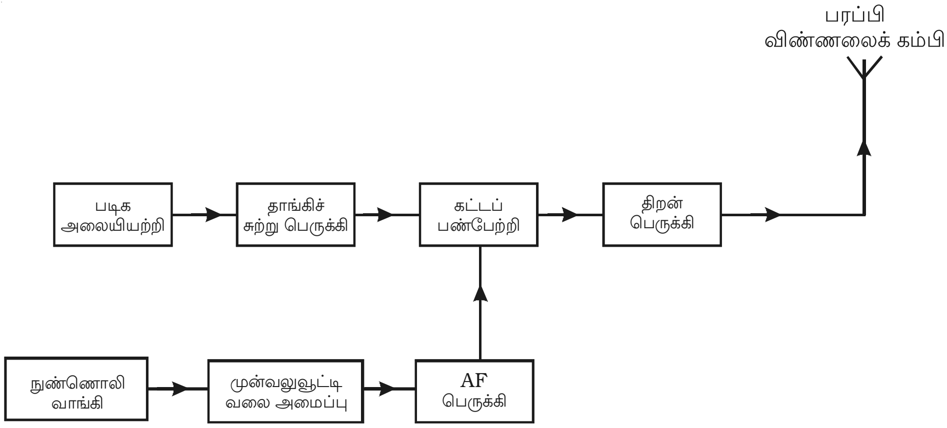
RF பகுதியில் படிக அலை இயற்றியின் மூலமாக உயர் அதிர்வெண் கொண்ட ஊர்தி அலைகள் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. படிக அலை இயற்றி தரும் வெளியீட்டின் திறன், RF திறன் பெருக்கியின் மூலம் பெருக்கப்படுகிறது. ★தாங்கிச் சுற்று (Buffer) RF திறன் பெருக்கியை அலை இயற்றியிலிருந்து பிரிக்கிறது. இந்த அமைப்பு படிக அலை இயற்றியின் அதிர்வெண்ணை நிலைப்படுத்துகிறது. இந்தப் பண்பேற்றியில் RF அலைகளும் பண்பேறும் AF சைகைகளும் கலக்கப்பட்டு வீச்சுப் பண்பேற்றம் பெற்ற அலை உருவாக்கப்படுகிறது. இந்தப்பகுதியின் வெளியீடு பரப்புகைக்காக விண்ணலைக் கம்பிக்கு அளிக்கப்படுகிறது.

*அதிர்வெண் பண்பேற்ற (**FM**) அலைபரப்பி*

அதிர்வெண் பண்பேற்றம் பெற்ற அமைப்புகள் வழக்கமாக 40 MHzஐ விட அதிகமான அதிர்வெண்ணில் இயக்கப்படுகின்றன. அதிர்வெண் அலைப் பண்பேற்ற

★குறிப்பு : ஒரு எலக்ட்ரானியல் மின்சுற்றின் இரண்டு நிலைகளுக்கு (stages) இடையே பிரிப்பை ஏற்படுத்த உதவும் எலக்ட்ரானியல் சுற்று 'தாங்கிச் சுற்று'' எனப்படுகிறது. இது இரண்டு நிலைகளுக்கும் இடையே மின்னெதிர்ப்பு மாற்றத்தையும் தடுக்கிறது.

ஒலி பரப்புகள், தொலைக்காட்சியில் ஒலியை அனுப்புதல், செல்லிட ரேடியோ **(mobile radio)** போன்றவற்றில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. கட்டப் பண்பேற்றத்தைப் பயன்படுத்தும் **FM** அலைபரப்பி செயல்படும் விதத்தை விளக்கும் கட்டப்படம் படம் 10.11ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. கட்டப் பண்பேற்றமானது அதிர்வெண் பண்பேற்றம் பெற்றதாக இருக்கும்.



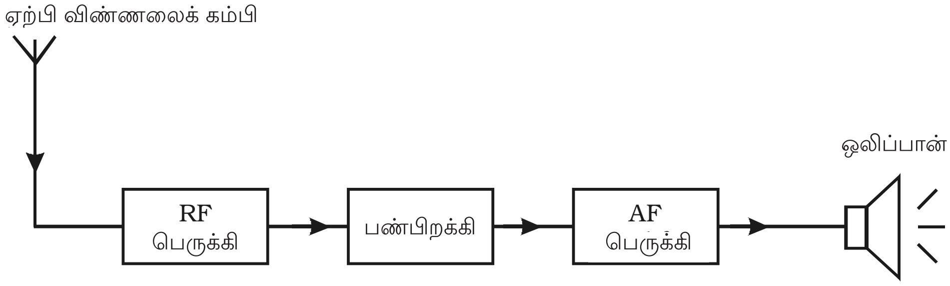
படம் 10.11 அதிர்வெண் பண்பேற்றப் பரப்பி

இது ஊர்தி அலைகளை உற்பத்தி செய்யும் படிக அலை இயற்றியைக் கொண்டுள்ளது. இதன் வெளியீடு கட்ட அலைப் பண்பேற்றிக்கு அளிக்கப்படுகிறது. தாங்கிச் சுற்று **(buffer)** என்பது ஒரு தாழ் அதிர்வெண் பெருக்கியாகும். இது கட்ட அலை பண்பேற்றியிலிருந்து படிக அலை இயற்றியை பிரிக்கிறது.

பண்பேறும் சைகை அலை நுண்ணொலிவாங்கியில் உருவாக்கப்பட்டு, வலுவூட்டி **(pre emphasis)** வலை அமைப்பிற்கு இந்த AF சைகை ஊட்டப்படுகிறது. நுண்ணொலிவாங்கி ஒலி அலைகளை அதற்கு இணையான மின்னலைகளாக மாற்றும் பொழுது ஆற்றலானது வேறுபட்ட அதிர்வெண்களுக்கு சமமாக பங்கிடப்படுவதில்லை. இது போன்ற பண்பேறும் சைகைகளினால் கட்டப் பண்பேற்றம் செய்யப்படுமானால் அதிர்வெண் மாற்றம் Δf சரியான விகிதத்தில் இருக்காது. ஏனென்றால் Δf ம் அலையின் ஆற்றலைச் சார்ந்துள்ளது. இதன் விளைவாக பண்பேற்றம் பெற்ற அலையில் குறுக்கீடுகள் நிகழும். இதைத் தவிர்ப்பதற்காக முதலில் பண்பேறும் அலையில் உள்ள அனைத்து அதிர்வெண்களும் சமமான ஆற்றலைப் பெறுமாறு செய்ய வேண்டும். இதற்காக வலுவூட்டி **(Pre-emphasis)** வலை அமைப்பு பயன்படுகிறது. வலுவூட்டி வலை அமைப்பின் வெளியீடு, பெருக்கப்பட்டு கட்டப் பண்பேற்றத்திற்காக அனுப்பப்படுகிறது. பண்பேற்றப்பட்ட வெளியீடு, திறன் பெருக்கிகள் மூலம் திறன் பெருக்கம் செய்யப்பட்டு அலை பரப்பி விண்ணலைக் கம்பிக்கு பரப்புகைக்காக அளிக்கப்படுகிறது.

10.4.2 ரேடியோ ஏற்பு ***(Radio reception)***

ஒரு ரேடியோ ஏற்பியானது அனைத்து சைகைகளிலிருந்து தேவையான சைகையை பிரித்தெடுத்தல், அதனைப் பெருக்குதல் மற்றும் இறுதியாக தேவைப்படும் விதத்தில் அதனை ஏற்படுத்துதல் ஆகிய செயல்பாடுகளைக் கொண்டது.



படம் 10.12 எளிய ரேடியோ ஏற்பியின் கட்டப்படம்

ஒரு எளிய (அல்லது) நேரடி ரேடியோ ஏற்பி ***(A simple (or) straight radio receiver)***

ஒரு எளிய ரேடியோ ஏற்பி செயல்படுவதை விளக்கும் கட்ட விளக்கப்படம், படம் 10.12ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வேறுபட்ட ரேடியோ ஒலிபரப்பு (வானொலி) நிலையங்களிலிருந்து வரும் ரேடியோ அலைகளை அலைவாங்கி விண்ணலைக் கம்பி பெற்றுக் கொள்கிறது. இசைவு பெற்ற இணைச் சுற்றைப் பயன்படுத்தும் ரேடியோ அதிர்வெண் பெருக்கி, தேவையான ரேடியோ அலையை தேர்ந்தெடுக்கிறது. இசைவு செய்யப்பட்ட RF பெருக்கி தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட ரேடியோ அலைகளை பெருக்குகிறது. பெருக்கப்பட்ட ரேடியோ அலைகள் PN டையோடு பண்பிறக்கிச் சுற்றுக்கு தரப்படுகிறது. இந்தச் சுற்று ரேடியோ அலைகளிலிருந்து செவியுணர் சைகைகளை பிரித்தெடுக்கிறது. பண்பிறக்கியின் வெளியீட்டில் கிடைக்கும் செவியுணர் சைகையானது ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அடுக்குகளைக் கொண்ட செவியுணர் அதிர்வெண் பெருக்கியால் பெருக்கப்படுகிறது. பெருக்கப்பட்ட செவியுணர் சைகையானது ஒலிமீட்புக்காக ஒலிப்பானுக்கு (Loud speaker) கொடுக்கப்படுகிறது.

குறைபாடுகள்

எளிய ரேடியோ ஏற்பி கீழ்க்கண்ட குறைகளை உடையது.

(i) குறைந்த உணர்திறன்✸

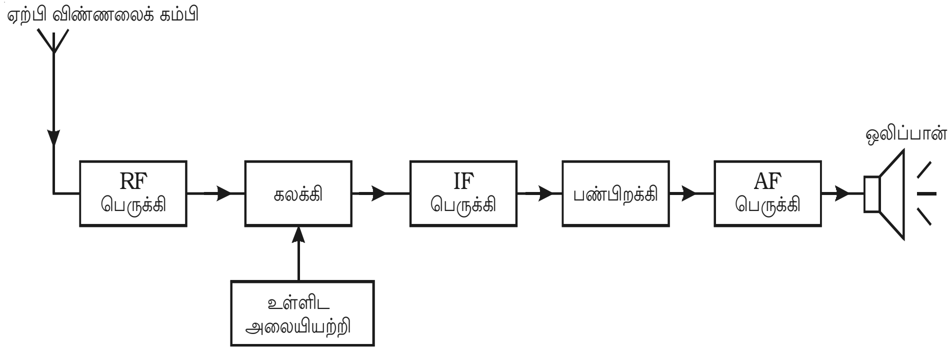
(ii) குறைந்த தெரிவு திறன்✸✸

✸உணர்திறன் : வலிமை குன்றிய சைகையைப் பெருக்கும் திறன்

✸✸தெரிவு திறன் : குறிப்பிட்ட, தேவையான சைகையை மட்டும் தெரிவு செய்தல்; தேவையற்றதை நிராகரித்தல்.

*கலக்கிப் பிரிக்கும் **AM** ஏற்பி **(Superheterodyne AM receiver)***

நேரடி ஏற்பியில் உள்ள குறைபாடுகள், கலக்கிப் பிரிக்கும் ரேடியோ ஏற்பியின் மூலம் நீக்கப்படுகின்றன. நவீன ஏற்பிகள் அனைத்தும் கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பிச் சுற்றை பயன்படுத்துகின்றன. கலக்கிப் பிரிக்கும் AM ஏற்பியின் அமைப்பு செயல் விளக்க கட்டப்படம், படம் 10.13ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



*படம் 10.13 கலக்கிப் பிரிக்கும் **AM** ஏற்பி*

*(i) **RF** பெருக்கி*

RF பெருக்கி இசைவு செய்யப்பட்ட இணைச்சுற்றைப் பயன்படுத்துகிறது. பல்வேறு ரேடியோ ஒலிபரப்பு நிலையங்களிலிருந்து வரும் ரேடியோ அலைகள் அலைவாங்கி விண்ணலைக் கம்பியால் இடைமறிக்கப்பட்டு இப்பகுதியுடன் இணைக்கப்படுகின்றன. இப்பகுதி தேவையான ரேடியோ அலையைத் தேர்ந்தெடுத்து, அந்த அலையின் வலிமையைத் தேவையான அளவிற்கு உயர்த்துகிறது.

***(ii)** கலக்கி மற்றும் உள்ளிட அலை இயற்றி*

RF பெருக்கியினால் பெருக்கப்பட்ட வெளியீடு, கலக்கி என்ற பகுதிக்கு தரப்படுகிறது. அங்கு உள்ளிட அலையியற்றியின் வெளியீட்டுடன் கலக்கப்படுகிறது. இந்த இரண்டு அதிர்வெண்களும் ஒன்றுடன் ஒன்று இணைந்து விம்மல் முறையில் இடைநிலை அதிர்வெண்ணை (IF) உருவாக்குகின்றன. இடைநிலை அதிர்வெண்ணானது அலையியற்றியின் அதிர்வெண் மற்றும் ரேடியோ அலையின் அதிர்வெண் ஆகியவற்றின் வேறுபாடாக இருக்கும். இந்தப் பகுதியின் வெளியீடு எப்போதும் 455 kHz மதிப்புடைய இடைநிலை அதிர்வெண்ணுக்குச் சமமாக இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டாக 600 kHz ஒலிபரப்பு நிலையத்தை இசைவு செய்ய வேண்டுமெனில் உள்ளிட அலைஇயற்றி 1055 kHz அதிர்வெண்ணை உற்பத்தி செய்யும். அதன் விளைவாக கலக்கியின் வெளியீட்டு அதிர்வெண் 455 kHz ஆகும். இந்த நிலையான இடைநிலை அதிர்வெண்ணை அடைவதன் மூலம், இது போன்ற ஏற்பிகளில் உள்ள பெருக்கிச் சுற்றுகளை, பெரும நிலைப்புத் தன்மை, தெரிவு திறன் மற்றும் உணர்திறனுடன் செயல்படச் செய்ய முடியும்.

(iii) இடைநிலை அதிர்வெண் பெருக்கி **(IF amplifier)**

கலக்கிச் சுற்றின் வெளியீடு, இசைவு செய்யப்பட்ட IF பெருக்கிக்கு அளிக்கப்படுகிறது. இந்தப் பெருக்கி ஒரே ஒரு அதிர்வெண்ணுக்கு (அதாவது 455 KHz) இசைவு செய்யப்படுகிறது. மேற்கண்ட ஒரே ஒரு அதிர்வெண் கொண்ட அலைகள் மட்டுமே இதில் பெருக்கப்படுகின்றன.

(iv) பண்பிறக்கி

IF பெருக்கியின் வெளியீடு, அலைப் பண்பிறக்கியின் உள்ளீட்டுடன் இணைக்கப்படுகிறது. செவியுணர் சைகைகள், IF வெளியீட்டிலிருந்து பிரிக்கப்படுகிறது. குறைந்த உருக்குலைவு (distortion) மற்றும் அதிக செவியுணர் முற்றிசைவு (fidelity) போன்ற பண்புகள் காரணமாக டையோடு பண்பிறக்கிச் சுற்றுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. (முற்றிசைவு என்பது உள்ளதை உள்ளவாறே மீண்டும் ஏற்படுத்துதல் ஆகும்)

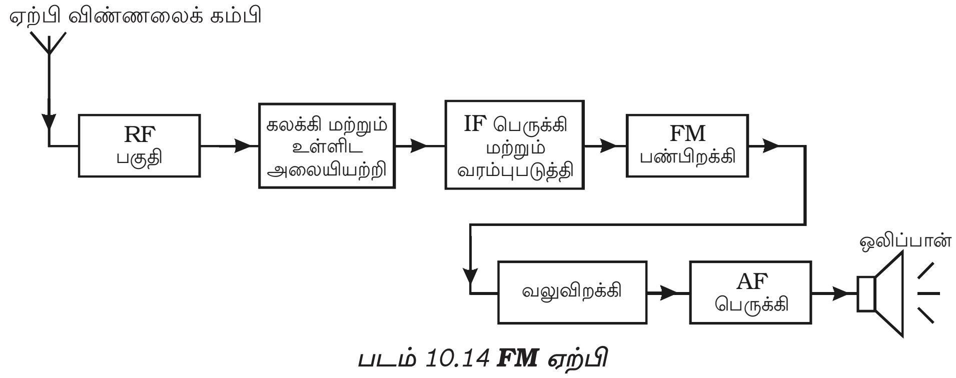
(v) AF பெருக்கி

பண்பிறக்கம் செய்யப்பட்ட AF சைகை இயல்பாகவே வலுவற்றதாக இருக்கும். எனவே AF பெருக்கியின் மூலம் இது மேலும் பெருக்கப்படுகிறது. பின்னர் AF பெருக்கியின் சைகை வெளியீடு ஒலிப்பானுக்கு அளிக்கப்படுகிறது. ஒலிபரப்பு நிலையத்திலிருந்து வரும் உண்மையான ஒலிக்கு ஏற்றவாறு ஒலிப்பான் செவியுணர் சைகைகளை ஒலி அலைகளாக மாற்றுகிறது.

*கலக்கிப் பிரிக்கும் **FM** ஏற்பி*

AM ஏற்பியைப் போன்றே FM ஏற்பியும், ஒரு கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பியாகும். FM ஏற்பியின் செயல்விளக்க கட்டப்படம், படம் 10.14ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

RFபகுதியானது உள்ளே வருகின்ற பண்பேற்றப்பட்ட அலைகளில் ஒன்றைத் தேர்ந்தெடுத்துப் பெருக்குகிறது. பின்னர் பெருக்கப்பட்ட அலை, கலக்கி மற்றும் அலையியற்றி சேர்ந்து அமைந்துள்ள பகுதிக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. இங்கு பண்பேற்றம் பெற்ற சைகையின் அதிர்வெண் இடைநிலை அதிர்வெண்ணாக



*படம் 10.14 **FM** ஏற்பி*

மாற்றப்படுகிறது. **FM** ஏற்பிகளுக்கு இடைநிலை அதிர்வெண் **10.7 MHz** ஆகும். இடைநிலை அதிர்வெண் அலைகள் **IF** பெருக்கியினால் பெருக்கப்பட்டு பின்னர் வரம்புபடுத்தும் சுற்றைப் **(limiter)**✱ பயன்படுத்தி இதன் வீச்சு மாறிலியாக இருக்குமாறு பராமரிக்கப்படுகிறது. இந்தப் பகுதியின் வெளியீடு, **FM** பண்பிறக்கிக்கு செலுத்தப்படுகிறது. **FM** பண்பிறக்கி பண்பேற்றம் பெற்ற அலையைப் பண்பிறக்கம் செய்கிறது. **FM** பண்பிறக்கியிலிருந்து வரும் **AF** சைகை வலுவிறக்கி **(de-emphasis)** வலை அமைப்பு வழியாக அனுப்பப்படுவதால் பல்வேறு அதிர்வெண்களும் தங்களுக்குரிய உண்மையான திறன் பங்கீட்டைப் பெறுகின்றன. பின்னர் இது **AF** பெருக்கத்தைப் பெற்ற பின்னர் இறுதியாக ஒலிப்பானுக்குத் தரப்படுகிறது.

10.5 தொலைக்காட்சி **(Television)**

எலக்ட்ரானியல் படைத்துள்ள வியத்தகு சாதனங்களுள் தொலைக்காட்சியும் ஒன்று. ''தொலைக்காட்சி'' என்ற சொல்லுக்குரிய சரியான பொருள் ''தொலைவிலிருந்து பார்த்தல்''. முக்கியமாக, ஒலி பரப்புதலில் பயன்படும் அதே தத்துவம் தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்பிலும் பயன்படுகின்றது. ஒலி பரப்புதலில் ஒலி அலைகள் அவற்றுக்கு இணையான மின்னலைகளாக நுண்ணொலிவாங்கியால் மாற்றப்பட்டு பின்னர் பண்பேற்றப்பட்டு பரப்பப்படுகின்றன. படங்களைப் பரப்புதலில் ஒருகாட்சியிலுள்ள பொலிவு மற்றும் கருமைப் புள்ளிகள் முறையாக வரிக் கண்ணோட்டமிடப்பட்டு **(scanned)** அவற்றுக்கு இணையான மின்னலைகளாக மாற்றப்படுகின்றன. படத்திற்குரிய சைகைகள் பண்பேற்றப்பட்டு பரப்பப்படுகின்றன. ஏற்பு முனையில் படத்திற்குரிய சைகைகள் பண்பேற்றப்பட்ட அலையிலிருந்து பிரிக்கப்படுகின்றன. இவைகள் உண்மையான காட்சியில் உள்ள பொலிவு மற்றும் கருமைப் புள்ளிகளைப் போன்ற புள்ளிகளை, காட்சிக் குழாய் எனப்படும் கேத்தோடு கதிர் குழாயின் ஒளிர் **(fluorescent)** திரை மீது ஏற்படுத்துமாறு செய்யப்படுகின்றன. தொலைக்காட்சி ஏற்பியில் முழுமையான படம் மற்றும் ஒலி ஆகிய இரண்டையும் தொலைக்காட்சி ஏற்பியில் மீட்பு செய்ய, காட்சிகளுடன் தொடர்புடைய ஒலியும் ஒருங்கே அனுப்பப்படுகிறது. இயங்கும் படங்களை உருவாக்குவது தேவையான இறுதி முடிவு என்றாலும் தொலைக்காட்சி என்பது அடிப்படையில் அசைவற்ற படங்களை உருவாக்கும் அமைப்பாகவே உள்ளது. காட்சிகள் இயங்குவது போன்ற தோற்றத்தை உருவாக்க ஒரு வினாடி நேரத்தில் பல படங்கள் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக தொடர் வரிசையாகவும், விரைவாகவும் காட்டப்படுகின்றன. எனவே தொலைக்காட்சி அமைப்பின் முதல் தேவை சாதாரண அசைவற்ற படங்களை அனுப்புவதும் பெறுவதுமே ஆகும். சாதாரணமாக ஒலி சைகைகள் அதிர்வெண் பண்பேற்ற முறையிலும் படத்திற்கான சைகைகள் வீச்சுப் பண்பேற்ற முறையிலும் அனுப்பப்படுகின்றன.

✱ வரம்புபடுத்தும் சுற்று என்பது, சைகை மின்னழுத்தத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட பெரும மதிப்பைக் கடந்து செல்லாமல் தடுக்கும் கருவியாகும். FM ஏற்பிகளில் பயன்படும் இந்த வரம்புபடுத்தி, சைகை வீச்சின் மாற்றங்களை மட்டுப்படுத்துகிறது.

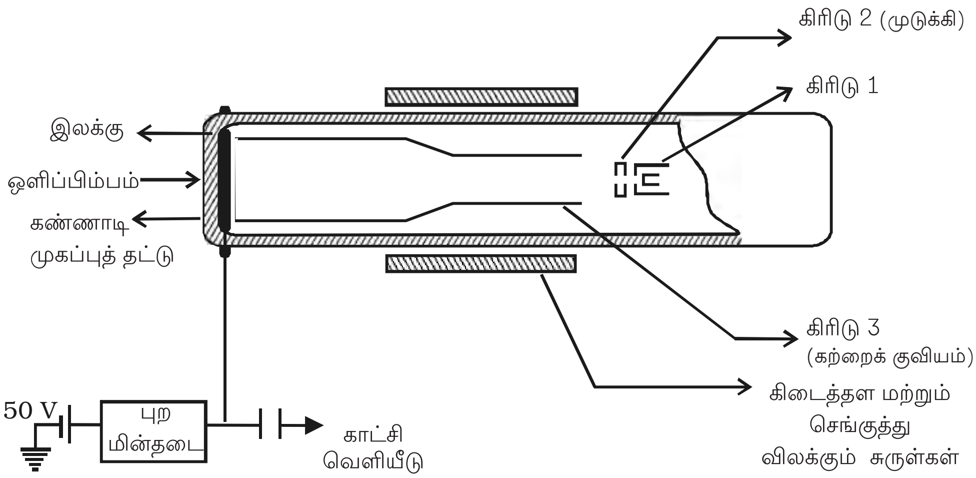
10.5.1 வீடிகான் நிழற்படக் கருவி குழாய் (Vidicon camera tube)

வீடிகான் என்பது ஒளி ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றக்கூடிய தொலைக்காட்சி நிழற்படக் குழாய் கருவியாகும். இலக்கு பொருளின் மீது ஒளி விழும்போது அதன் மின்தடை குறைகிறது என்ற ஒளிமின் கடத்தல் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் வீடிகான் செயல்படுகிறது.

அமைப்பு:

வீடிகான் என்பது, ஒளியியல் ரீதியாக தட்டையாக இருக்கும் முகப்புத் தட்டினை உள்ளடக்கிய கண்ணாடி உறையால் ஆனது (படம் 10.15). முகப்புத் தட்டின் உட்புறத்தில், ஒளி உணர்திறன் உடைய இலக்குத் தகடு இருக்கிறது. இந்த இலக்கத் தகடு இரு அடுக்குகளைக் கொண்டது. முகப்புத் தட்டினை நோக்கிய முன்புறத்தில் வெள்ளீயம் ஆக்சைடால் ஆன மெல்லிய பூச்சு உள்ளது. இப்பூச்சு, ஒளி ஊடுருவும் தன்மையுடையது, ஆனால் மின் கடத்தும் தன்மையைக் கொண்டது. இலக்குத் தகட்டின் மறுபுறத்தில், ஒளி உணர்திறன் உடைய, குறைக்கடத்தியான ஆன்டிமணி-ட்ரை சல்பைடு பூசப்பட்ட அடுக்கு உள்ளது. வெள்ளீ ஆக்சைடாலான அடுக்கு 50V மின் வழங்கியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

கிரிடு-1 என்பது கேதோடையும் கட்டுப்படுத்தும் கிரிடையும் உள்ளடக்கிய எலக்ட்ரான் துப்பாக்கியாகும். உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்களை கிரிடு-2 முடுக்கி விடுகிறது. முடுக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்களை, ஒளிமின் கடத்தும் அடுக்கின்மீது கிரிடு-3 குவியப்படுத்துகிறது. இலக்கினை வரிக்கண்ணோட்டம் செய்யப் பயன்படும் எலக்ட்ரான் கற்றையை, குழாயைச் சுற்றியுள்ள கிடைத்தள மற்றும் செங்குத்து விலக்கச் சுருள்கள் விலக்கமடையச் செய்கின்றன.



படம் 10.15 வீடிகான் நிழற்படக் கருவிக் குழாய்

செயல்பாடு

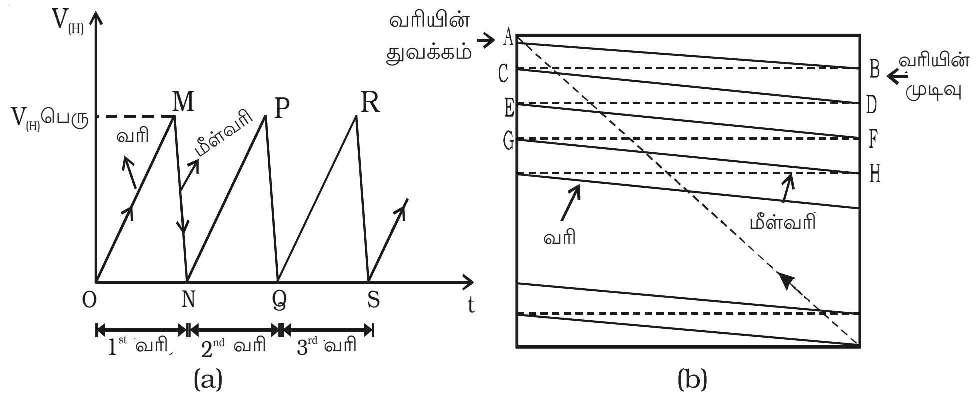
காட்சியிலிருந்து வரும் ஒளி, இலக்கின் மீது குவியப்படுத்தப்படுகிறது. முகப்புத் தட்டு மற்றும் வெள்ளீய ஆக்சைடின் வழியே செல்லும் ஒளியானது ஒளிமின் கடத்து அடுக்கின் மீது படுகிறது. காட்சியில் உள்ள ஒளிச்செறிவின் மாறுபாட்டிற்கேற்ப, ஒளிமின் கடத்து அடுக்கின் மின்தடை மாறுகிறது. ஆண்டிமணி-ட்ரை-சல்பைடிலிருந்து வெளியேறும் எலக்ட்ரான்கள், நேர்மின்னழுத்தம் பெற்ற வெள்ளீய ஆக்சைடை அடைகின்றன. ஆகவே, ஒளி மின்கடத்து அடுக்கில் உள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியும் நேர்மின்னூட்டத்தைப் பெறுகின்றன. எனவே, படுகின்ற, ஒளி பிம்பத்திற்கு ஈடான மின்னூட்ட பிம்பம் ஒன்று உருவாகிறது. எலக்ட்ரான் துப்பாக்கியிலிருந்து வரும் எலக்ட்ரான் கற்றை மின்னூட்டப் பிம்பத்தின் மீது படுவதால், மின்னழுத்தக் குறைவு ஏற்படுகிறது. இதன் காரணமாக, மாறும் மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது. இந்த மின்னோட்டம் நிழற்படக் கருவி குழாயின் வெளியீட்டு காட்சி சைகையை உருவாக்கும்.

10.5.2 வரிக்கண்ணோட்டமிடுதல் மற்றும் இசைவு செய்தல்

ஒரு அசைவற்ற படம் என்பது, அடிப்படையில் பல கருமை **(dark)** மற்றும் ஒளி **(light)** பரப்புகளின் ஒருங்கமைப்பு ஆகும். ஒவ்வொரு சிறிய ஒளிப்பகுதியும் அல்லது கருமைச் சாயல் பகுதியும் **(shade)** படக்கூறு எனப்படும். காட்சியில் உள்ள அனைத்துப் படக்கூறுகளும் பார்வைக்குரிய தகவல்களைக் கொண்டுள்ளன. அவைகள் பரப்பப்பட்டு, உண்மைக் காட்சியில் உள்ள அதே அளவிலான ஒளி அல்லது கருமைச் சாயல் பகுதிகளை அவற்றின் சரியான நிலைகளில் மீண்டும் தோற்றுவித்தால் படம் மீண்டும் உருவாக்கப்படும்.

படத்தில் உள்ள அனைத்துப் படக் கூறுகளையும் காட்சிக்குரிய சைகைகளாக மாற்ற, எலக்ட்ரான் கற்றையைக் கொண்டு ஒரு சமயத்தில் ஒரு படக்கூறு என்றவாறு வரிசையாக வரிக்கண்ணோட்டமிடப்படுகிறது. எழுதப்பட்ட ஒரு பக்கத்தைப் படிக்கும்போது, ஒரு வரியில் உள்ள அனைத்துச் சொற்களையும், ஒரு பக்கத்தில் உள்ள அனைத்து வரிகளையும் படிப்பதைப் போன்ற முறையிலேயே, வரிக்கண்ணோட்டம் நடைபெறுகிறது. எனவே, எலக்ட்ரான் கற்றையின் புள்ளி, செவ்வக வடிவப் பரப்பு முழுவதிலும் நகர்ந்து செல்லும் முறை வரிக்கண்ணோட்டம் எனப்படுகிறது. தொலைக்காட்சி நிழற்படக் கருவிக் குழாய் அல்லது தொலைக்காட்சி ஏற்பியின் படக்குழாயின் திரையில் இந்த செவ்வக வடிவப் பரப்பு, இலக்குப் பரப்பாக இருக்கும்.

காட்சியானது கிடைத்தள மற்றும் செங்குத்துத் திசைகளில் ஒரே சமயத்தில் விரைவாக வரிக்கண்ணோட்டமிடப்படுகிறது. இது போதுமான எண்ணிக்கையிலான முழுப் படங்களை அல்லது சட்டங்களை ஒரு வினாடி நேரத்தில் ஏற்படுத்தித் தரும். அதனால் காட்சிகள் தொடர்ந்து இயங்குவது போன்ற ஒரு தோற்றத்தை உருவாக்கும். பெரும்பாலான தொலைக்காட்சி அமைப்புகளில் சட்டங்கள் திரும்ப உருவாக்கப்படும் வீதம் (வரிக் கண்ணோட்ட அதிர்வெண்) விநாடிக்கு 25 ஆகும்.



படம் 10.16 எளிய வரிக்கண்ணோட்டமிடுதல்

படக்கூறுகளை வரிக்கண்ணோட்டமிட இரம்பப் பல் மின்னழுத்தத்தைப் பயன்படுத்தலாம். ஒற்றைச் சந்தி டிரான்சிஸ்டர் மற்றும் R-C வலை அமைப்பைப் பயன்படுத்தி இரம்பப்பல் மின்னழுத்தம் உருவாக்கப்படுகிறது. இரம்பப் பல் மின்னழுத்தங்கள் தொலைக்காட்சி நிழற்படக் கருவியின் கிடைத்தள மற்றும் செங்குத்து விலக்கத் தகடுகளுக்கு கொடுக்கப்படுகின்றன. வரி இசைவுப் பொருத்தத் துடிப்பு என அழைக்கப்படும் இரம்பப் பல் மின்னழுத்தம், கிடைத்தள விலக்கத் தகடுகளுக்கு அளிக்கப்படும்போது மின்னழுத்தம் OM காரணமாக படம் 10.16a மற்றும் bல் காட்டியுள்ளவாறு A என்ற இடத்தில் உள்ள எலக்ட்ரான் கற்றை AB என்ற சரிவுக் கோட்டின் வழியே நகர்ந்து B என்ற புள்ளியை அடையும். மின்னழுத்த வேறுபாடு MN காரணமாக B–யிலிருந்து வரிக்கண்ணோட்டமிடும் புள்ளி BC வழியாக நகரும். வரிக்கண்ணோட்டமிடும் புள்ளி திரும்பி வரும்போது (அதாவது, கிடைத்தளத்தின் வலது முனையிலிருந்து அடுத்த வரியின் தொடக்கம் வரை எலக்ட்ரான் கற்றை நகரும் போது) எந்த ஒரு படக்கூறும் வரிக் கண்ணோட்டத்திற்கு உட்படக் கூடாது என்பதற்காக 'மறைப்புத் துடிப்பு' (blanking pulse) எனப்படுகின்ற உயர் எதிர் மின்னழுத்தம், எலக்ட்ரான் துப்பாக்கியின் கட்டுப்படுத்தும் கிரிடுக்கு அளிக்கப்படுகிறது. இது எலக்ட்ரான் துப்பாக்கியிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவதைத் தடுக்கிறது. அதன்பிறகு எலக்ட்ரான் கற்றை அடுத்த வரியை வரிக்கண்ணோட்டமிடத் துவங்கும். முழுப்படமும் வரிக்கண்ணோட்டமிடப்படும் வரை இந்தச் செயல்முறை திரும்பத்திரும்ப நிகழும்.

வலது பக்கத்தில் உள்ள கீழ் மூலையை அடைந்தவுடன் வரிக் கண்ணோட்டமிடும் புள்ளி, மேல் பக்கத்தில் உள்ள இடது மூலையை விரைவாகச் சென்றடையும். இதற்காக சட்ட இசைவுப் பொருத்தத் துடிப்பு என அழைக்கப்படும் இரம்பப்பல் மின்னழுத்தம் செங்குத்து விலக்கத் தகடுகளுக்கு அளிக்கப்படுகிறது. எனவே, படத்தை வரிக்கண்ணோட்டமிட மூன்று இசைவு பொருத்தத் துடிப்புகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இந்த இசைவு பொருத்தத் துடிப்புகள், தொலைக்காட்சி

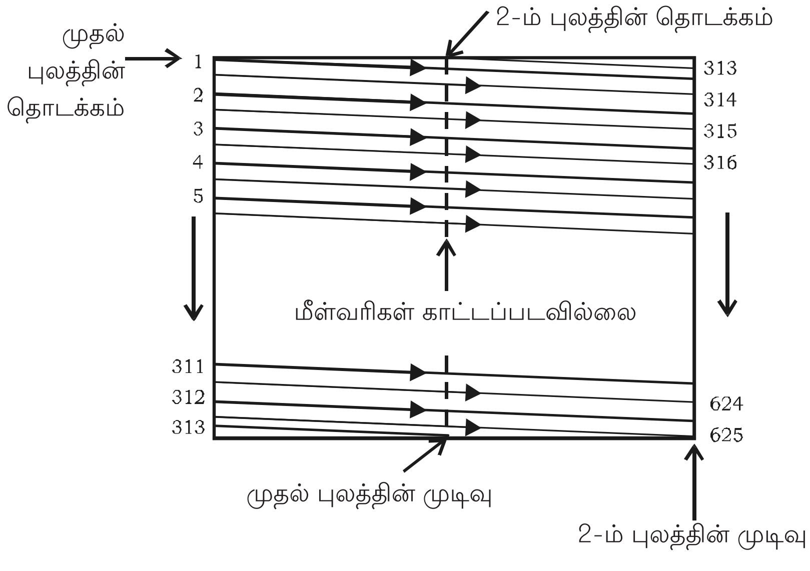
நிழற்படக் கருவியின் வெளியீட்டுடன் சேர்ந்து மீமீ உயர் அதிர்வெண் (**ultra high frequency**) ஊர்தி அலை மீது பண்பேற்றம் செய்யப்பட்டு பரப்பப்படுகிறது. படத்துடன் தொடர்பு கொண்ட ஒலி, அதிர்வெண் பண்பேற்றம் செய்யப்பட்டு அதே விண்ணலைக் கம்பி வழியாகப் பரப்பப்படுகிறது.

பின்னிய வரிக் கண்ணோட்டம் ***(Interlaced scanning)***

இந்தியாவில், தொலைக்காட்சிகளில் சட்டங்கள் திரும்பத் திரும்ப உருவாக்கப்படும் வீதம் விநாடிக்கு 25 சட்டங்கள் என படித்தரமாக்கப்பட்டுள்ளது (**Standardised).** இது, படக்காட்சி தொடர்ச்சியாக இயங்குவது போன்ற தோற்றத்தை உருவாக்கப் போதுமானதாகும். ஆனால் அடுத்தடுத்த சட்டங்களுக்கிடையே திரை காலியாக்கப்படும்போது, ஒரு படம் அல்லது சட்டத்தின் பொலிவு அடுத்த படம் அல்லது சட்டத்தின் பொலிவுடன் மென்மையாகக் கலப்பதற்குப் போதுமானதாக இல்லை. இதனால் திரையில் வெளிச்சத்தின் சிமிட்டல் (**flicker**) தோன்றும். திரையில் பொலிவு, கருமை என மாறி மாறித் தோன்றுவது காண்பவரை எரிச்சலடையச் செய்யும். இந்தச் சிமிட்டலைத் தவிர்க்க ஒவ்வொரு சட்டமும் இருமுறை வரிக்கண்ணோட்டமிடப்பட வேண்டும்.

இந்த வகையான வரிக் கண்ணோட்டத்தில் மொத்த வரிகளும் புலங்கள் என்றழைக்கப்படும் இரண்டு குழுக்களாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன.

முதல் புலத்தில் ஒற்றை எண்களாக உள்ள வரிகள் மட்டுமே வரிக் கண்ணோட்டமிடப்படுகின்றன. இரண்டாம் புலத்தில் இரட்டை எண்களாக உள்ள



படம் 10.17 பின்னிய வரிக்கண்ணோட்டத்தின் தத்துவம்

அனைத்து வரிகளும் வரிக்கண்ணோட்டமிடப்படும். முதல் புலத்தில் உள்ள வரிகளை வரிக்கண்ணோட்டமிடும்போது அடிப்பகுதியில் கடைசி வரியின் மையத்திலிருந்து செங்குத்து மீட்சித் துடிப்பு, வரிக்கண்ணோட்டமிடும் கற்றையை படத்தின் மேல்பகுதிக்கு திரும்பக் கொண்டு செல்லும். அதன்பிறகு, இக்கற்றை, மீதமுள்ள இரட்டை எண்களாக உள்ள வரிகளை வரிக்கண்ணோட்டமிடும். இவ்வகையான வரிக் கண்ணோட்டம் பின்னிய வரிக்கண்ணோட்டம் எனப்படும்.

625 வரிகளைக் கொண்ட தொலைக்காட்சி அமைப்பில் முழுமையான பின்னிய வரிக் கண்ணோட்டத்திற்கு ஒவ்வொரு சட்டம் அல்லது படத்தில் உள்ள 625 வரிகளையும் 312.5 வரிகளைக் கொண்ட இரு குழுக்களாகப் பிரித்து முழுப் படத்தையும் வரிக் கண்ணோட்டமிட ஒவ்வொரு புலத்தையும் (குழுவையும்) மாறி மாறி வரிக் கண்ணோட்டமிட வேண்டும். பின்னிய வரிக் கண்ணோட்டம் நடைபெறும் தத்துவம் படம் 10.17ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ஆகவே, பின்னிய வரிக்கண்ணோட்டத்தில், வரிக்கண்ணோட்ட வேகத்தை அதிகரிக்காமல், சிமிட்டல் விளைவு நீக்கப்படுகிறது. எனவே, பட்டை அகலத்தின் அலைவரிசையை அதிகப்படுத்த வேண்டிய அவசியம் இல்லை.

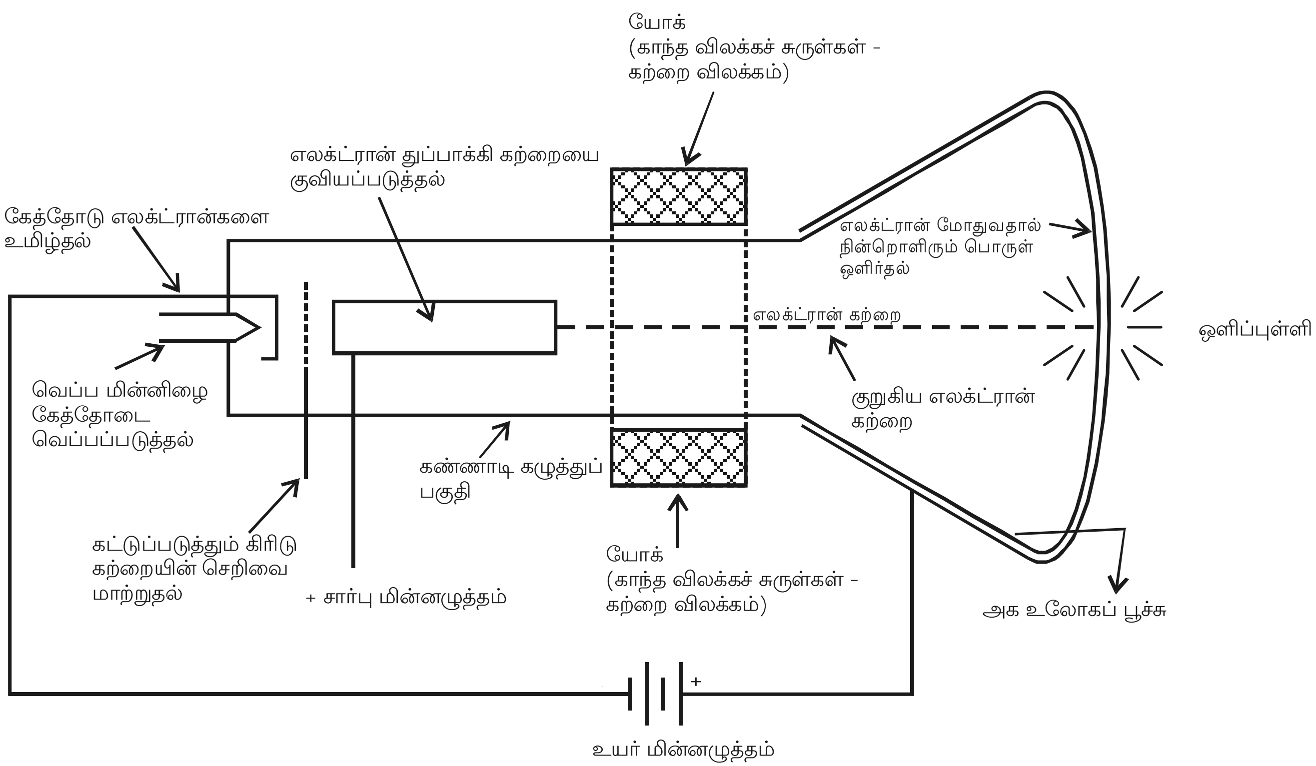
கிடைத்தள மற்றும் செங்குத்து வரிக்கண்ணோட்ட அதிர்வெண்கள்

எலக்டரான் கற்றையின் இயக்கம், இடமிருந்து வலமாக மற்றும் திரும்ப நகர்ந்து புதிய வரியை அதே திசையில் தொடங்குதல் கிடைத்தள வரிக்கண்ணோட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது. கிடைத்தள வரிக் கண்ணோட்ட அதிர்வெண் என்பது ஒரு விநாடியில் வரிக் கண்ணோட்டமிடப்படும் வரிகளின் எண்ணிக்கையாகும். 625 வரிகளைக் கொண்ட அமைப்பில் ஒரு விநாடியில் 25 சட்டங்கள் அனுப்பப்படுவதால் கிடைத்தள வரிக்கண்ணோட்டத்தின் அதிர்வெண் $625 \times 25 = 15{,}625$ Hz. இதன் காரணமாக ஒரு வரியை வரிக் கண்ணோட்டமிட ஆகும் காலம் $\frac{1}{15{,}625} = 64\ \mu s$.

செங்குத்து வரிக் கண்ணோட்டம் என்பது எலக்ட்ரான் கற்றைப் புள்ளியின் இயக்கம் செங்குத்து திசையில் இருப்பது ஆகும். ஒரு சட்டத்தில் இரண்டு புலங்கள் உளளன. அதனால் ஒரு வினாடிக்கு 50 புலங்கள் உருவாகும். செங்குத்துப்புலம் வரிக்கண்ணோட்டமிட ஆகும் காலம் $\frac{1}{50} = 20$ ms.

10.6 கருப்பு வெள்ளை படக் குழாய் **(Monochrome picture tube)**

படக் குழாய் என்பது கேத்தோடு கதிர் குழாயின் ஒரு சிறப்பு வகையாகும். இந்தக் குழாயின் முகப்புத் தட்டு, தொலைக்காட்சி ஏற்பியின் திரையாக செயல்படுகிறது. படக் குழாயின் வெவ்வேறு பாகங்கள் படம் 10.18 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. கேத்தோடு கதிர் குழாய் **(CRT)** மணி **(bell)** வடிவத்தில் உள்ள ஒரு கண்ணாடி உறையினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. எலக்ட்ரான்களை உமிழும் கேத்தோடு ஒரு மின்னிழையால்



படம் 10.18 கருப்பு - வெள்ளை படக்குழாய்

சூடேற்றப்படுகிறது. எலக்ட்ரான் துப்பாக்கி அமைப்பில் உள்ள உறுப்புகளுக்கு முன்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்தம் தரப்படுவதால் எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற எலக்ட்ரான்கள் கவரப்பட்டு முடுக்கம் பெறுகின்றன. எலக்ட்ரான் துப்பாக்கி, எலக்ட்ரான்களை ஒரு குறுகலான கற்றையாகவும் குவிக்கிறது.

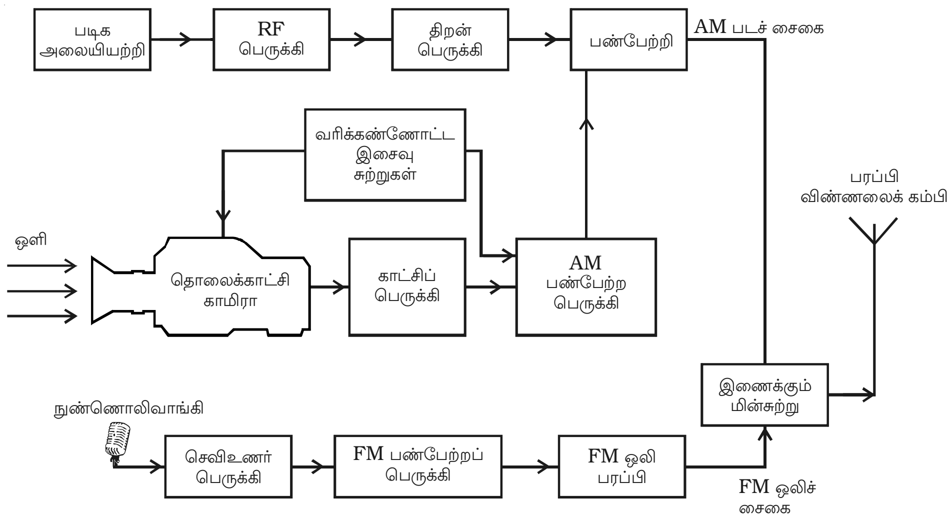
கேத்தோடைப் பொருத்து எதிர்மின்னழுத்தம் பெறும் கட்டுப்படுத்தும் கிரிடு, எலக்ட்ரான் கற்றையின் செறிவையும், அது உருவாக்கும் புள்ளியின் பொலிவையும் கட்டுப்படுத்துகிறது. அக்குவாடேக் **(aquadag)** என்றழைக்கப்படும் அக உலோகப் பூச்சுக்கு மிக உயர்ந்த மின்னழுத்தம் செலுத்தப்படுவதால், எலக்ட்ரான் கற்றை திரையை நோக்கி முடுக்கமடைகின்றது. படக் குழாயின் முகப்புப் பகுதியின் உட்புறத்தில் நின்றொளிரும் பொருளின் **(phosphor)** பூச்சு பூசப்பட்டுள்ளது. எலக்ட்ரான் கற்றை இந்தப் பூச்சின்மீது மோதும் பொழுது, இது ஒளிர்ந்து வெள்ளொளியை உருவாக்கும்.

படக் குழாயின் கழுத்துப் பகுதியைச் சுற்றிலும் விலக்கும் யோக் **(deflecting yoke)** என்று அழைக்கப்படும் காந்தமாக்கும் கம்பிச் சுருள்கள் **(magnetic coils)** சேர்ந்த அமைப்பு உள்ளது. வரிக் கண்ணோட்ட **(sweep)** மற்றும் இசைவு சுற்றுகள் உருவாக்கும் கிடைத்தள மற்றும் செங்குத்து மின்னோட்ட இரம்பப் பல் அலைகள், யோக் சுருளுக்கு தரப்படுகின்றன. இது குழாயினுள் காந்தப்புலத்தினை உருவாக்கி எலக்ட்ரான் கற்றையின் நிலையை கட்டுப்படுத்துகிறது **(influence).** எலக்ட்ரான்கள் நகரும்பொழுது மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியைச் சுற்றிலும் காந்தப்புலம் உருவாகும். CRT இல் யோக்கில் உள்ள விலக்குச் சுருள்களினால் உருவாக்கப்படும் காந்தப்புலத்தால் எலக்ட்ரான் கற்றை நகர்த்தப்படுகின்றது அல்லது விலக்கப்படுகின்றது. இவ்வாறாக படக் குழாயின் முகப்பில் எலக்ட்ரான் கற்றை அலைவுறுமாறு செய்யப்படுகின்றது.

காட்சியைத் தருவதற்காக, எலக்ட்ரான் கற்றை படக் குழாயின் முகப்பில் அலைவுறும்போது எலக்ட்ரான் கற்றையின் செறிவு, ஒளிர்வு **(luminance)** அல்லது Y சைகையினால் மாற்றப்படுகிறது. Y சைகையானது கேத்தோடு அல்லது கட்டுப்படுத்தும் கிரிடுக்கு (சில வகைகளில்) தரப்படுகின்றது. கட்டுப்படுத்தும் கிரிடு என்பது கேத்தோடைப் பொருத்து பின்னோக்கு சார்பு மின்னழுத்தம் தரப்படுகின்ற, எலக்ட்ரான் துப்பாக்கியில் உள்ள ஒரு உறுப்பாகும். கிரிடு மின்னழுத்தத்தை மாற்றுவதன் மூலம் எலக்ட்ரான் கற்றையை வலுமிக்கதாகவோ அல்லது வலு குறைந்ததாகவோ மாற்ற முடியும். அதனால், எலக்ட்ரான் கற்றை நின்றொளிர் பொருள் **(phosphor)** மீது மோதுவதால் உருவாகும் ஒளிச் செறிவை மாற்ற முடியும். வெண்மையிலிருந்து கருமை வரையிலான எந்த ஒரு சாம்பல் சாயலையும் (shade of grey) திரும்ப உருவாக்க இயலும்.

10.7 கருப்பு-வெள்ளை தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்பு **(Monochrome TV transmission)**

மிகவும் எளிமைப்படுத்தப்பட்ட கருப்பு-வெள்ளை தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்பின் கட்ட விளக்கப்படம் 10.19ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. கட்டப்படமானது, வீச்சு பண்பேற்ற



படம் 10.19 கருப்பு-வெள்ளை தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்பு கட்டப்படம்

அலை பரப்பி மற்றும் அதிர்வெண் பண்பேற்ற அலைபரப்பி என இரு பகுதிகளாக பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. வீச்சுப் பண்பேற்ற முறையானது காட்சிகளை பண்பேற்றம் செய்யவும், அதிர்வெண் பண்பேற்ற முறையானது ஒலி பண்பேற்றத்திற்கும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

இசைவு மற்றும் வரிக் கண்ணோட்டச் சுற்றுகள், தொலைக்காட்சியின் சரியான செயல்பாட்டிற்குத் தேவையான துடிப்புகளை ஏற்படுத்தித் தருகின்றன. காலத்தின் அடிப்படையிலான இந்த அமைப்பு (timing unit), அலை உற்பத்தி செய்யும் (wave producing) மற்றும் அலை வடிவமைக்கும் (wave shaping) பல சுற்றுகளைக் கொண்டிருக்கும். வேறுபட்ட வெளியீடு துடிப்புத் தொடர்களின் திரும்பத் திரும்ப நிகழும் வீதம் (repetition rate) அதிர்வெண் நிலைப்படுத்தப்பட்ட முதன்மை அலை இயற்றியினால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.

தொலைவிற்கு அனுப்பப்பட வேண்டிய பிம்பத்திற்குரிய நிழற்படக் கருவியின் வெளியீடு, பல காட்சிப் பெருக்கி அடுக்குகளினால் பெருக்கப்படுகிறது.

RF அலைவரிசையில் (RF channel) உருவாக்கப்படும் RF ஊர்தி அலையை பண்பேற்றம் செய்ய, இசைவுத் துடிப்புகள் மற்றும் மறைப்புத் துடிப்புகளுடன் சேர்த்து, பிம்பத்திற்குரிய சைகைகள், தேவையான மட்டத்திற்கு உயர்த்தப்படுகின்றன. ஒதுக்கப்பட்ட பட ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண், படிகக் கட்டுப்பாட்டு அலை இயற்றியினால் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. திறன் பெருக்கிக்கு செலுத்தப்படுவதற்கு முன் தொடர்ச்சியான அலை வெளியீடு அதிக அளவில் பெருக்கப்படுகிறது. பண்பேற்றியில் ஊர்தி அலையின் வீச்சு, பண்பேற்றும் பெருக்கியிலிருந்து பெறப்படும் பண்பேறும் அலைக்கு ஏற்ப மாற்றப்படுகிறது.

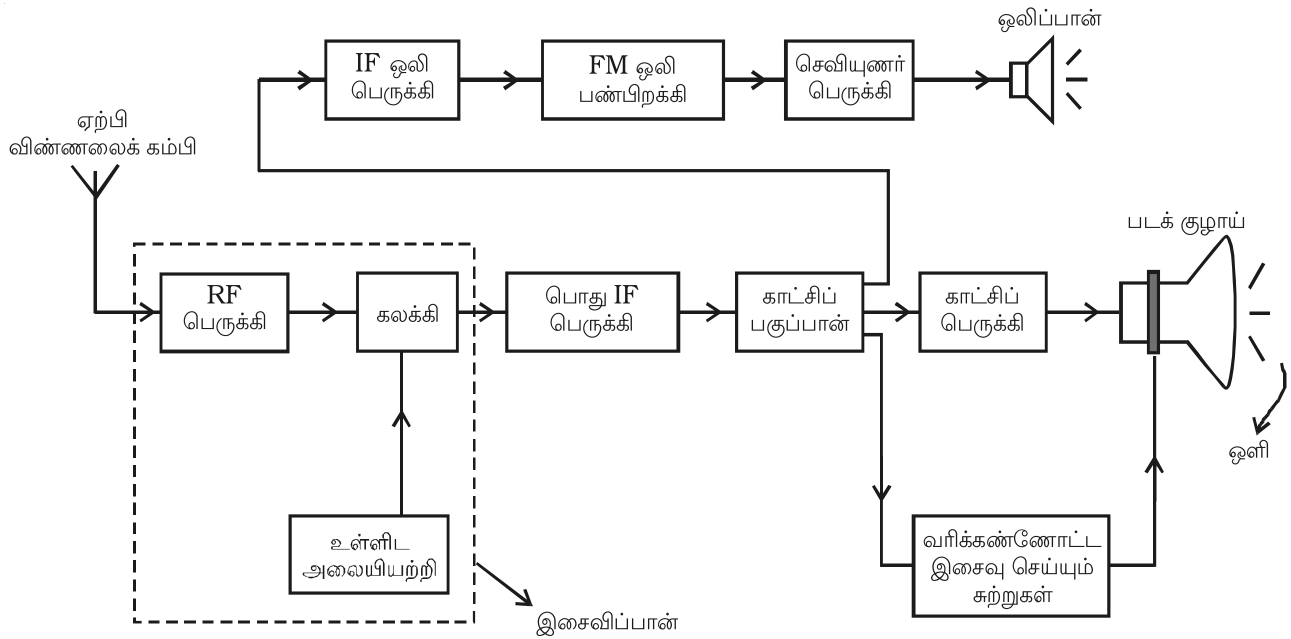
தொலைவுக்கு அனுப்பப்பட வேண்டிய படத்துடன் தொடர்புடைய ஒலியை, நுண்ணொலிவாங்கி தகுந்த விகிதத்தில் மின்னியல் சைகையாக மாற்றுகிறது. நுண்ணொலிவாங்கியிலிருந்து பெறப்படும் செவியுணர் சைகையானது ஒதுக்கப்பட்டுள்ள ஊர்தி அதிர்வெண்ணில் அதிர்வெண் பண்பேற்றம் செய்யப்படுகிறது. FM ஒலிபரப்பியின் வெளியீடு, இறுதியாக AM காட்சிப் பரப்பியின் வெளியீட்டுடன் மின் சுற்றின் உதவியால் இணைக்கப்பட்டு, பின்னர் மின்காந்த அலைவடிவில் ஆற்றல் கதிர்வீச்சை ஏற்படுத்தும் பொருட்டு ஒரு பொதுவான விண்ணலைக் கம்பிக்கு செலுத்தப்படுகிறது.

10.8 கருப்பு-வெள்ளை தொலைக்காட்சி ஏற்பி (Monochrome TV receiver)

எளிமைப்படுத்தப்பட்ட கருப்பு வெள்ளை தொலைக்காட்சி ஏற்பியின் கட்ட விளக்கப்படம் 10.20 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஏற்பு விண்ணலைக் கம்பி பரப்பப்பட்ட RF சைகைகளை இடைமறிக்கிறது. இசைவிப்பான் (tuner), தேவையான அலைவரிசை அதிர்வெண் பட்டையைத் தேர்ந்தெடுக்கிறது. RF பெருக்கிப் பகுதிக்குத் தேவையான RF படம் மற்றும் ஒலி சைகைகளை விண்ணலைக் கம்பி ஏற்படுத்தித் தருகிறது. பின்னர் RF பெருக்கிப் பகுதியானது கலப்பிச் சுற்று மற்றும் உள்ளிட அலை இயற்றியுடன் இணைக்கப்படுகிறது. கலக்கி மற்றும் உள்ளிட அலை இயற்றியின் உதவியால் RF செவியுணர் மற்றும் காட்சிக்குரிய சைகைகள் இடைநிலை அதிர்வெண்ணாக கலக்கிப்பெறப்படுகிறது. RF பெருக்கி, கலக்கி மற்றும் உள்ளிட அலை இயற்றி பகுதிகள் சேர்ந்த அமைப்பு RF இசைவிப்பான் (tuner) என அழைக்கப்படுகிறது. இசைவிப்பான் சுற்றின் வெளியீடு ஒரு பொதுவான IF பெருக்கியினால் பெருக்கப்படுகிறது. பகுப்பான் (detector) மூலம் காட்சிக்குரிய கூறுகளும் ஒலிக் கூறுகளும், தனித்தனியாக பிரிக்கப்படுகின்றன. FM அலைகளிலிருந்து ஒலிச் சைகைகள் பண்பிறக்கம் செய்யப்பட்டு, பெருக்கப்பட்ட பின்னர் ஒலிமீட்பு செய்வதற்காக ஒலிப்பானுக்குத் தரப்படுகிறது.

படச் சைகைகளை, இசைவு துடிப்புகளிலிருந்து பிரிப்பதற்கு காட்சிப் பகுதிகள், முதலில் பண்பிறக்கிக்குச் செலுத்தப்படுகின்றன. வரி இசைவு துடிப்பு மற்றும் சட்ட இசைவு துடிப்புகள், படக் குழாயின் கிடைத்தள மற்றும் செங்குத்து விலக்கத் தகடுகளுக்கு தரப்படுகின்றன. மறைப்புத் துடிப்பு எலக்ட்ரான் துப்பாக்கியின் கட்டுப்படுத்தும் கிரிடுக்குத் தரப்படுகிது. படச் சைகைகள் படக் குழாயில் உள்ள எலக்ட்ரான் துப்பாக்கியின் மின்னிழைக்கு செலுத்தப்படுகின்றன.

படத்தில் உள்ள படச் செறிவின் (Potential) மாறுபாடுகளுக்கு ஏற்றவாறு எலக்ட்ரான் துப்பாக்கியிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன. இவ்வாறாக படக் குழாயின் ஒளிர் திரையின் செறிவு, படத்தில் உள்ள படச் செறிவு மாறுபாட்டைப் பொருத்து அமையும். எனவே திரைமீது பட மீட்பு நிகழ்கிறது. அதாவது, படம் தெரிகிறது.



படம் 10.20 கருப்பு-வெள்ளை தொலைக்காட்சி ஏற்பி - கட்டப்படம்

10.9 ரேடார் **(RADAR)**

RADAR என்ற சொல் RAdio Detection And Ranging என்ற ஆங்கில சொற்றொடரின் சுருக்கம் **(acronym)** ஆகும். இது தொலைவில் உள்ள ஒரு இலக்குப் பொருளினைக் கண்டறியவும், அதன் நிலையை (இருப்பிடத்தை) அறிந்து கொள்ளவும் ரேடியோ அலைகளைப் பயன்படுத்தி செயல்படும் ஒரு அமைப்பாகும்.

10.9.1 ரேடாரின் தத்துவம்

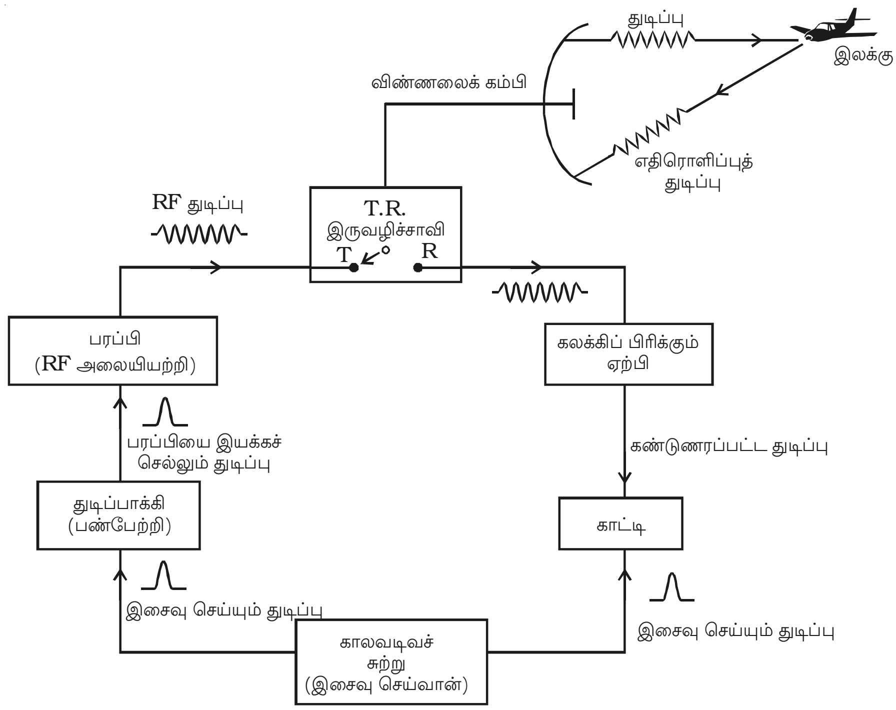
'ரேடியோ எதிரொளிப்பு' என்ற தத்துவத்தின் அடிப்படையில் ரேடார் செயல்படுகிறது. ரேடாரில் உள்ள அலை பரப்பி அதிக திறன் மிக்க மின்துடிப்புகளை வெளியில் **(space)** பரப்புகிறது. இந்த மின் துடிப்புகள் தொலைவில் உள்ள மலை, கப்பல், ஆகாய விமானம் போன்ற இலக்கு பொருள்களின் மீது மோதி அனைத்து திசைகளிலும் சிதறுகின்றன. பரப்பும் விண்ணலைக் கம்பி, சிதறலடைந்த ஆற்றலில் ஒரு பகுதியை ஏற்றுக் கொள்கிறது. பரப்பும் விண்ணலைக் கம்பி ஏற்பி விண்ணலைக் கம்பியாகவும் செயல்பட்டு துடிப்புகளை ஏற்கின்றது. மின்துடிப்பு, ஒளியின் திசைவேகத்தில் $(3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})$ செல்கிறது. அதாவது இந்த மின் துடிப்புகள், ஒவ்வொரு மைக்ரோ வினாடியிலும் 300 மீட்டர் தொலைவைக் கடக்கும். எனவே துடிப்புகள் இலக்கை அடைந்து பின்னர் பரப்பியை அடைய ஆகும் காலத்தை எளிதாகக் கணக்கிடுவதன் மூலம் இலக்குப் பொருளின் நெடுக்கம் அல்லது தொலைவைக் கணக்கிடலாம். இலக்குப் பொருளின் திசையை கண்டறிய ஒரு திசை நோக்கு விண்ணலைக்கம்பி **(directional antenna)** பயன்படுகிறது.

10.9.2 ரேடார் பரப்புகை மற்றும் ஏற்பு ***(Transmission and reception of radar)***

ஒரு எளிய ரேடார் அமைப்பின் கட்ட விளக்கப்படம் படம் 10.21 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த கட்டப்படம், ரேடார் அமைப்பில் பரப்புகை மற்றும் ஏற்புக்கான அமைப்புகள் இருப்பதைக் காட்டுகிறது.

பரப்பும் அமைப்பில் ஒரு அலை பரப்பி **(Transmitter)** மற்றும் துடிப்பாக்கி **(pulser)** இருக்கும். ஏற்கும் அமைப்பில் ஒரு ஏற்பியும், காட்டியும் **(indicator)** இருக்கும். பெரும்பாலான வகைகளில் பரப்புகைக்கும், ஏற்புக்கும் ஒரே விண்ணலைக் கம்பி பயன்படுத்தப்படுகிறது. TR (Transmitter Receiver Switch)சாவி அமைப்பை பயன்படுத்துவதனால் இது சாத்தியமாகிறது. இந்தச் சாவி அமைப்பு இரு வழிச் சாவி **(duplexer)** என அழைக்கப்படுகிறது. இது, பரப்புகையின் போது விண்ணலைக் கம்பியை பரப்பியுடனும், ஏற்பின் போது விண்ணலைக் கம்பியை ஏற்பியுடனும் இணைக்கிறது. மேலும் இந்தச் சாவி அமைப்பு, நுண்ணுணர்வு உடைய ஏற்பியை, அதிகத் திறனுடைய பரப்பியினால் ஏற்படக் கூடிய நாசமாக்கும் விளைவிலிருந்து பாதுகாக்க உதவுகிறது.

பரப்பியானது அதிகத் திறனுடைய துடிப்புகளை உருவாக்கும் உயர்திறன் மிக்க மேக்னட்ரான் அலை இயற்றி ஆகும். துடிப்பாக்கியிலிருந்து வரும் துடிப்பினைக்



படம் 10.21 ரேடார் அமைப்பின் கட்டப்படம்

கொண்டு, இந்தப் பரப்பியை இயக்கவோ **(on)** நிறுத்தவோ **(off)** செய்யலாம். இவ்வாறு, பரப்பியானது மிகக் குறுகிய காலத்தில் சீரான கால இடைவெளியில் நிகழும் துடிப்புகளை உருவாக்குகிறது. இந்தக் குறுகிய துடிப்புகள் விண்ணலைக் கம்பிக்கு செலுத்தப்படுகின்றன. விண்ணலைக் கம்பி அவற்றை வெளிக்கு **(space)** பரப்புகிறது. இதில் பயன்படுத்தப்படும் விண்ணலைக் கம்பி உயர்திசை அமைவு பெற்றதாகும். **(highly directional).**

பரப்பப்பட்ட துடிப்பு, இலக்குப் பொருளுடன் மோதுமானால் வலு குறைந்த எதிரொளிப்புச் சைகை, பரப்பிய அதே விண்ணலைக் கம்பிக்குத் திரும்பி வரும். ஆனால் இப்போது TR சாவி, விண்ணலைக் கம்பியை ஏற்பியுடன் இணைக்கும். எதிரொளிப்பு சைகை பெருக்கப்பட்டு பின்னர் கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பியினால் பண்பிறக்கப்படும். ஏற்பியின் உணர்திறன் மிக அதிகம். பண்பிறக்கப்பட்ட வெளியீடு, காட்டிக்கு **(Indicator)** கொடுக்கப்படுகிறது. காட்டியானது ஒரு கேத்தோடுக் கதிர் குழாய் ஆகும். அனுப்பப்பட்ட துடிப்பையும் கண்டுணரப்பட்ட எதிரொளிப்புத் துடிப்பையும் CRT-யானது, ஒரே கிடைமட்ட அடிவரியில் **(baseline)** காட்டும். காலவடிவச் **(Timer)** சுற்றினால் உருவாக்கப்பட்ட இசைவுறு துடிப்புகள், பரப்பும் மற்றும் ஏற்கும் அமைப்புகளுக்கு தரப்படுகின்றன. எனவே, ஒரே சமயத்தில் அனுப்பப் பட்ட மற்றும் திரும்பி வரும் துடிப்புகளை காட்டியானது **(indicator)** பதிவு செய்யும்.

திரும்பி வரும் எதிரொளிப்புத் துடிப்பு, அனுப்பப்படும் துடிப்பு தோன்றும் இடத்திலிருந்து விலகி அமையும். இந்த விலகல் அளவு, இலக்கின் நெடுக்கத்தைக் கொடுக்கும்.

ரேடாரின் பயன்கள்

(i) வான் மற்றும் கடல் வழிப் பயணங்கள் முற்றிலுமாக பாதுகாப்பானதாக மாற்றப்பட்டுள்ளன. உயரமாகப் பறக்கும் விமானங்கள் மற்றும் கடலில் உள்ள கப்பல்கள் அவை, தவிர்க்க வேண்டிய மலைகள், பனிப்பாறைகள், ஆறுகள், குளங்கள், கடற்கரைகள் போன்றவற்றைப் பற்றிய விவரங்களை ரேடார் மூலம் பெற முடியும்.

(ii) ஆகாய விமானங்கள் பாதுகாப்பாக தரையிறங்க ரேடார் அமைப்புகள் உதவுகின்றன. விமானிகள் விமான தளத்தை அடையும்போது ரேடார் அமைப்பிலிருந்து வரும் சைகைகளால் வழி நடத்தப்படுகிறார்கள். எனவே விமானியின் பார்வைப் புலம் எப்படி இருப்பினும், விமானங்கள் ஓடு பாதையின் வழியே பறந்து பாதுகாப்பாக தரையிறங்க முடிகிறது.

(iii) மழைத் துளிகள் தகுந்த ரேடார் சைகைகளை எதிரொளிக்கும். எனவே வானிலை ஆராய்ச்சியாளர்கள் மேகங்களின் தொலைவை அளப்பதன் மூலம் மிகுந்த துல்லியத் தன்மையுடன் வானிலை முன்னறிவிப்பு செய்ய இயலுகிறது.

(iv) ரேடார் துடிப்புகளைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் உலோகங்கள், எண்ணெய் மற்றும் தாதுப் பொருள்கள் புதைந்துள்ள இடங்களை அறிய முடியும்.

10.10 தொடர் சைகைத் தகவல் தொடர்பு மற்றும் இலக்க முறைத் தகவல் தொடர்பு (**Analog communication and digital communication)**

பரப்பப்படும் சைகைகளின் வகையைச் சார்ந்து, தகவல் தொடர்பு எலக்ட்ரானியல் (**i**) தொடர்சைகைத் தகவல் தொடர்பு மற்றும் (**ii**) இலக்க முறைத் தகவல் தொடர்பு என இருவகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

10.10.1 தொடர்சைகைத் தகவல் தொடர்பு

தொடர்சைகையான தகவல் தொடர்பில், தொடர்மின் சைகைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தொடர்சைகை என்பது தொடர்ச்சியாக மாறிக் கொண்டிருக்கும் மின்னழுத்தம் அல்லது மின்னோட்டமாகும். வழக்கமாக தொலைபேசி மற்றும் ரேடியோ அமைப்புகளில் செய்தி என்பது குரல் மூலம் அனுப்பப்படும் தகவல்களைக் கொண்டது. குரல்சைகை என்பது ஒரு தொடர் சைகையாகும். எடுத்துக்காட்டாக ஒரு தொலைபேசிச் சாதனம் குரல் சைகையை கையாளும்போது அதன் மின்னழுத்தம் 0 முதல் 1 வோல்ட் வரை மாறும் எனக்கொண்டால் எந்த ஒரு கணத்திலும் அனுப்பப்படும் மின்னழுத்தங்கள் $0.345\ V$, $0.1979\ V$ என்று எந்த ஒரு மதிப்பையும் பெறமுடியும். இது தொடர்சைகை தகவல் என அழைக்கப்படுகிறது. ஏனெனில் சைகையானது கொடுக்கப்பட்டுள்ள எல்லைக்குள் எந்த ஒரு மதிப்பையும் பெறும்.

தொடர்சைகைத் தகவல் தொடர்பின் குறைபாடுகள்

தொடர் சைகைத் தகவல் தொடர்பிலுள்ள மிகப்பெரிய தொழில் நுட்ப இடர்பாடு (problem) இரைச்சல் (**noise**) ஆகும். பண்பேற்றி, பரப்பி, தகவல் தொடர்பு இணைப்பு,

ஏற்பி அல்லது பண்பிறக்கி போன்ற அமைப்பின் எந்த ஒரு பகுதியிலிருந்தும் இரைச்சல் தோன்றலாம். அது சைகையின் தன்மையை மாற்றிவிடும். தொடர் சைகைத் தகவல் தொடர்பு அமைப்பு, பாழ்பட்ட (corrupted) சைகையை அடையாளம் காண்பதற்கான வாய்ப்புகளைக் கொடுப்பதிலலை.

10.10.2 இலக்க முறைத் தகவல் தொடர்பு (Digital Communication)

இலக்க முறையிலான தகவல் தொடர்பு அமைப்பு, தொடர் சைகைத் தகவல் தொடர்பு முறையினால் கொடுக்க இயலாத நற்பயன்களை, பயனாளருக்குக் கொடுக்கிறது. இலக்க முறைத் தகவல் தொடர்பு அமைப்பு, தொடர் சைகைத் தகவல் தொடர்பு முறையில் உள்ள இணைப்புகளையும் கொள்கைகளையும் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம்.

இலக்கமுறை அமைப்பு, பொதுவாக ஒரு இரும எண் முறையாகும். (Binary system) இரும எண் முறையில் இரண்டு சைகை மதிப்புகள் மட்டுமே இருக்கும். அவை அவ்வப்போது 0 மற்றும் 1 என அழைக்கப்படுகின்றன. ஆனால் இவை குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தங்களை மட்டுமே குறிக்கும்.

தரவு (data) என்ற சொல், இலக்க முறைத் தகவல் தொடர்பில் பொதுவாக பயன்படும் சொல் ஆகும். தரவு என்பது எந்த வடிவத்தில் வேண்டுமானாலும் இருக்கக்கூடிய தகவல் ஆகும். ஆனால் அவற்றை இலக்க முறைக்கு மாற்றியிருந்தால் மட்டுமே, இலக்கமுறைத் தகவல் தொடர்பில் பயன்படுத்த முடியும். தரவு பிட் **(bit)** என அளவிடப்படுகிறது **(bit** என்பது **binary digit** என்பதன் சுருக்கமாகும்).

இரும எண் முறையிலான சைகைகள் எளிதாக உருவாக்கப்படுகின்றன. மற்றும் இலக்கமுறைச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி அவற்றை செயல்முறைப்படுத்த முடியும். இந்த இலக்க முறைச் சுற்றுகள், தொகுப்புச் சுற்றுகள் (IC) வடிவில் கிடைக்கின்றன. மேலும் இலக்க முறைச் சுற்றுகள் இரும எண் முறையிலான தரவினை (data) எளிதாக, அதிக வேகத்தில் உருவாக்கவும் செயல்முறைப்படுத்தவும் முடியும்.

சிறப்புகள்

(i) அனுப்புகையின் தரம் உயர்வானதாக இருக்கும். இது அனுப்பும் மற்றும் ஏற்கும் முனைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவைச் சார்ந்திருப்பதில்லை.

(ii) அனுப்புகை அமைப்பின் திறனை அதிகப்படுத்த முடியும்

(iii) ஒளி இழைகளில் ஒளிக்கற்றை மற்றும் மைக்ரோ அலை அதிர்வெண்ணில் செயல்படும் அலைவழிப்படுத்திகள் **(wave guides)** போன்ற புதுவகையான பரப்பு வழிகளில் இலக்கமுறைத் தகவல் தொடர்பு முறை அதிகமாகப் பயன்படுகிறது.

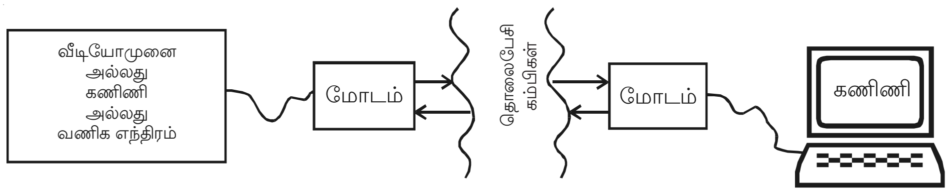
குறைபாடுகள்

(i) இலக்க முறைக்கு அகன்ற பட்டை அகலம் தேவை.

(ii) தொடர் சைகை முறையிலிருந்து இலக்க முறைக்கு மாற்றிக் கொள்வது மிகக் கடினம்.

10.10.3 மோடம் (**Modem**) அல்லது அதிர்விணக்க நீக்கி

Modulator மற்றும் Demodulator என்பதன் சுருக்கமே Modem ஆகும். பண்பேற்றம் மற்றும் பண்பிறக்கம் ஆகிய இரண்டு செயல்களும் இதில் நடைபெறுகிறது என்பதை இதன் பெயர் உணர்த்துகிறது. நீண்ட தொலைவிற்கு தொலைபேசிக் கம்பிகளின் மூலம் அனுப்புவதற்கு ஏதுவாக, இலக்க முறையிலான சைகைகளைத் தொடர் சைகைகளாக மாற்ற மோடம் பயன்படுகிறது.



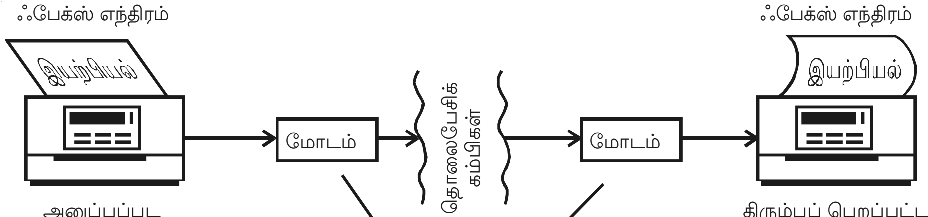
படம் 10.22 மோடம் பயன்படுதல்

அமைப்பின் ஏற்பு முனையில் தொடர்சைகைகளைப் பண்பிறக்கம் செய்து அவற்றுக்குச் சமமான இலக்க முறை சைகைகளாக மீண்டும் ஏற்படுத்த மோடம் பயன்படுகிறது. படம் 10.22 இல் காட்டியுள்ளவாறு தகவல் தொடர்புச் சுற்றின் இரு முனைகளிலும் மோடம் இணைக்கப்படுகிறது.

10.10.4 தொலை நகலி அல்லது ஃபேக்ஸ் (**Fax or Facsimile)**

தொலை நகலி அல்லது ஃபேக்ஸ் என்பது வரைதல் அல்லது எழுத்து தொடர்பான தகவல்களை கம்பி அல்லது ரேடியோ மூலம் அனுப்பும் ஒரு எலக்ட்ரானியல் அமைப்பு ஆகும். அச்சடிக்கப்பட்ட செய்திகளை வரிக் கண்ணோட்டமிட்டு எலக்ட்ரானியல் சைகைகளாக மாற்றி அனுப்புவதற்கு இது பயன்படுகிறது. இந்த எலக்ட்ரானியல் சைகைகள், பண்பேற்றம் செய்யப்பட்டு, தொலைபேசிக் கம்பிகள் வழியாக அனுப்பப்படுகின்றன. தொலைநகல் அனுப்புதலில் பண்பேற்றம் தொடர்பு உடையதால் ரேடியோ மூலமாகவும் இதனை அனுப்பலாம்.

தொலைநகலி அமைப்பின் உறுப்புகள் படம் 10.23 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தொலைநகலி, படங்களை அனுப்புவதற்கு பயன்படுத்தப்பட்டாலும் இது ஒரு



படம் 10.23 ஃபேக்ஸ் அமைப்பு

தொலைக்காட்சி அல்ல. ஏனெனில் இது ஒலிச் செய்திகள் அல்லது நேரடிக் காட்சிகள் மற்றும் இயக்கம் போன்றவற்றை அனுப்புவது இல்லை. இருந்தாலும் தொலைக்காட்சியில் பயன்படுத்தப்படும் அதே வரிக்கண்ணோட்ட தொழில் நுட்பமுறையை இது பயன்படுத்திக் கொள்கிறது. ஒரு அச்சடிக்கப்பட்ட ஆவணம் பல கிடைத்தள வரிக்கண்ணோட்ட வரிகளாக உடைக்கப்பட்டு, பரப்பப்பட்டு பின்னர் அதனை வரிசையாக மீண்டும் உருவாக்க வரிக் கண்ணோட்ட முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது.

*10.10.5 கம்பி மற்றும் கம்பிவடம் **(Wire and Cable)***

ஊடகம் என்பது தகவல் தொடர்பு அமைப்பின் இணைப்பு **(link)** அல்லது அலைவரிசை **(channel)** மின்காந்த ஆற்றலுக்கான உண்மையான பாதை ஆகும். அனுப்புபவரின் தரவைக் **(data)** குறிக்கும் ஆற்றல், ஊடகத்தின் வழியாகச் சென்று ஏற்பவரை அடைய முடியும். இந்தப் பாதையானது, கம்பி, வெற்றிடம் அல்லது ஒளி இழை போன்ற பல வடிவங்களில் இருக்கலாம்.

எளிதில் கம்பியாக மாற்றக்கூடிய விலை மலிவான உலோகம் தாமிரம் ஆகும். மேலும் இது ஒரு நல்ல மின் கடத்தியாகவும் உள்ளது. தனித்தனியான கம்பிகள் ஒன்று சேர்க்கப்பட்டு, பாதுகாப்பு உறை அமைக்கப்பட்ட கட்டு, கம்பிவடம் **(cable)** எனப்படும்.

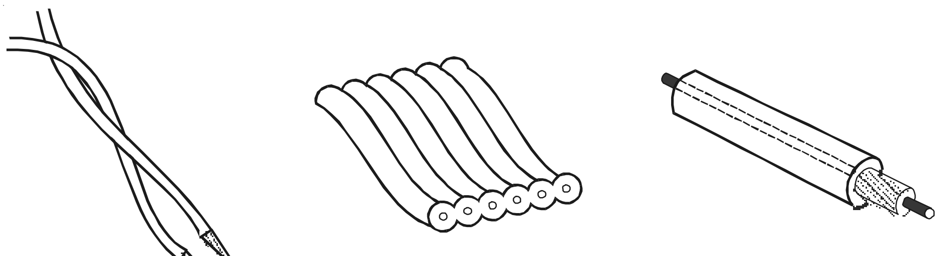
இலக்க முறைத் தகவல் தொடர்பில் பயன்படுத்தப்படும் கம்பிகள் மற்றும் கம்பி வடங்களின் முக்கிய வகைகள்

(i) முறுக்கப்பட்ட இணை (Twisted pair)

(ii) பல கடத்தி தட்டை கம்பி வடம் (Multiconductor flat cable)

(iii) பொது அச்சுக் கம்பி வடம் (Coaxial cable)

இவைகள் படம் 10.24 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன. முறுக்கப்பட்ட கம்பி வடம் என்பது எளிமையானதும் விலை மலிவானதுமான கம்பி வடமாகும். இது



(a) *முறுக்கப்பட்ட இணை* ***(b)*** *பல கடத்தி தட்டை கம்பிவடம்* ***(c)*** *பொது அச்சுக் கம்பி வடம்*

படம் 10.24 தகவல் தொடர்புக்குப் பயன்படும் கம்பி மற்றும் கம்பி வடங்களின் வகைகள்

படம் 10.24a இல் காட்டியுள்ளவாறு இரண்டு காப்பிடப்பட்ட கம்பிகள் ஒன்றன்மீது ஒன்றாக தொடர்ச்சியாக சுற்றப்பட்ட அமைப்பு ஆகும்.

வெளிப்புற இரைச்சலைக் குறைப்பதற்காக கம்பிகள் முறுக்கப்படுகின்றன. முறுக்கப்பட்ட இணை, மைய அலுவலகத்திற்கும் தொலைபேசிகளுக்கும் இடையில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. பல சைகைகளை ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு கொண்டு செல்வதற்கு இதனைப் பயன்படுத்துவது கடினம்.

பல கடத்தி தட்டை வடிவத்தில் பல இணைக் கம்பிகள் ஒரு பொதுவான பிளாஸ்டிக் உறையில் படம் 10.24bல் உள்ளவாறு வைக்கப்பட்டிருக்கும். இவ்வகையான கம்பி வடம் 10 லிருந்து 50 கம்பிகளைக் கொண்டிருக்கும். அனைத்துக் கம்பிகளும் ஒன்றாக தொகுக்கப்பட்டு ஒவ்வொரு முனையிலும் ஒரே ஒரு இணைப்பான் கொண்டு பயன்படுத்த முடியும். முறுக்கப்பட்ட இணைக் கம்பிகளை விட தட்டை வடத்தின் விலை அதிகம்.

சிலவகைப் பயன்பாடுகளில் பொது அச்சு வடங்களைப் பயன்படுத்த வேண்டும். உலோக மையக் கடத்தி ஒன்று டெப்ஃலான் **(teflon)** போன்ற பிளாஸ்டிக் காப்பான்களால் சூழப்பட்டிருக்கும். காப்பானுக்கு மேற்புறம் உள்ள இரண்டாவது கடத்தியானது குழாய் வடிவில் மிக மெல்லிய கம்பிகளால் பின்னப்பட்ட அமைப்பாக இருக்கும் **(tubular braid** அல்லது **shield)**. வெளியே இருக்கும் பிளாஸ்டிக் காப்பான் பின்னப்பட்ட குழாய் வடிவிலான கம்பி அமைப்பை பாதுகாக்கவும் மின்காப்பு செய்யுவும் உதவுகிறது. இதன் விலை அதிகம். இதன் விறைப்புத் தன்மை மற்றும் அதிக தடிமன் காரணமாக இதனை நிறுவுவது சற்று கடினமாக இருக்கும்.

10.10.6 ஒளி இழைத் தகவல் தொடர்பு (Fiber optical communication)

ஓரியல் ஒளி அலைகள், லேசர் அல்லது ஒளி உமிழும் டையோடுகளால் உருவாக்கப்படலாம். அவை ஃபோட்டோ டையோடுகள் மூலம் கண்டுணரப் படுகின்றன. ஒளி இழைகள் ஒளியை அனுப்புவதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

ஒளி இழை என்பது ஒளி ஊடுருவும் கண்ணாடி அல்லது பிளாஸ்டிக்கினாலான மிக மெல்லிய தண்டு ஆகும். இதன் வழியாக ஒளியை அனுப்ப முடியும். இந்தத் தண்டுகள் வழியாக ஒளிச் சைகைகள் பரப்பியிலிருந்து ஏற்பிக்கு பயணம் செய்கின்றன. இந்தச் சைகைகள் ஒளி இழையின் ஏற்பு முனையில் எளிதாக உணரப்படும். ஒளி இழைகள் வழியாக ஒளிச் சைகைகளை அனுப்ப முழு அக எதிரொளிப்புத் தத்துவம் பயன்படுகிறது.

நற்பண்புகள்

(i) அனுப்பீட்டின் போது ஏற்படும் இழப்பு குறைவு

(ii) ஒளி இழை லேசானது. இடத்தை அடைத்துக் கொள்ளாதது. தாமிரக் கம்பி வடங்களுக்கு இணையானது.

(iii) ஒரு ஒளி இழையை ஒத்த தாமிரக் கம்பி வடம் வழியாகச் செல்லும் செய்திகளை விட அதிக அளவிலான செய்திகள் இதன் வழியாகச் செல்லும்.

(iv) மின்மாறுபாடுகள் அல்லது மின் இரைச்சல்களால் ஒளிச்சைகை அனுப்புதலில் குறுக்கீடுகள் ஏற்படுவதில்லை.

பயன்கள்

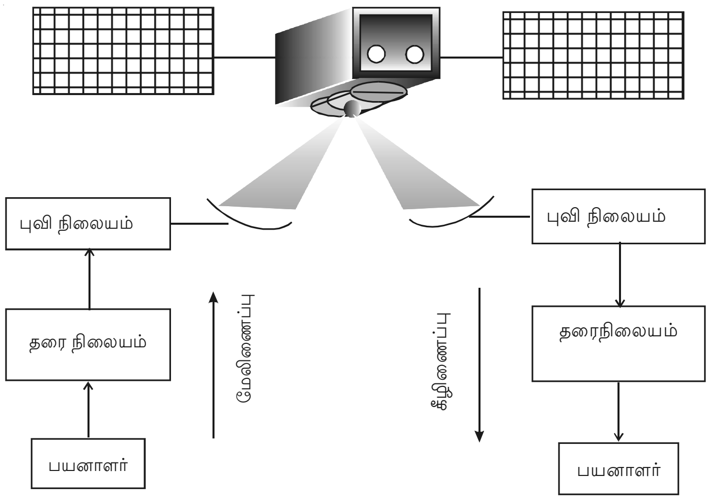
குரல், தொலைபேசிகள், காட்சித் தொலைபேசி, செய்திச் சேவை தகவல் இணையம் போன்றவற்றில் ஒளி இழை செய்தித் தொடர்பு மிகவும் பயன்படுகிறது.

10.10.7 செயற்கைக் கோள் தகவல் தொடர்பு (Satellite communication)

மனிதனால் படைக்கப்பட்ட ஸ்புட்னிக் என்ற செயற்கைக் கோள் ஏவப்பட்ட 1957ஆம் ஆண்டிலிருந்து விண்வெளித் தொழில்நுட்பம் வியத்தகு முறையில் வளர்ச்சியடைந்திருக்கிறது. தொழில்நுட்பத்தின் மிக முக்கியப் பயன்பாடு தகவல் தொடர்பு துறையில் இருந்திருக்கிறது. ஒலிம்பிக் விளையாட்டு போன்ற அனைத்துலக நிகழ்ச்சிகளை உலக மக்கள் அனைவரும் துணைக்கோள் உதவியுடன் காண்கிறார்கள். ஏராளமான நாடுகள் இராணுவத்தில் தகவல் தொடர்பை ஏற்படுத்திக் கொள்ள செயற்கைக் கோள்களைப் பயன்படுத்தி வருகின்றன. கப்பல் ஆகாய விமானங்கள் மற்றும் நடமாடும் தகவல் தொடர்புச் சாதனங்கள் ஆகியவற்றுடன் ஏற்படுத்தும் தகவல் தொடர்பும் இதில் அடங்கும். ஏராளமான செயற்கைக் கோள் நேரடித் தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்பு அமைப்புகளும் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றன.

அடிப்படையில், செயற்கைக் கோள் தகவல் தொடர்பு என்பது மைக்ரோ அலை இணைப்பு மறு உருவாக்கி **(microwaves link repeater)** ஆகும். ஒரு செயற்கைக்கோள் தரைநிலையத்திலிருந்து ஆற்றலைப் பெறுகிறது, பெருக்குகிறது. பின்னர் அதனை மேலிணைப்பு **(uplink)** அதிர்வெண்ணுக்கு அப்பால் உள்ள **2 GHz** அதிர்வெண்ணில் புவிக்கு அனுப்புகிறது. இதற்காகப் பயன்படும் செயற்கைக்கோள் புவிநிலைத் துணைக்கோள் ஆகும். இது புவி மையக் கோட்டிற்கு மேலே எப்போதும் ஒரே இடத்தில் நிலையாக இருப்பது போல் தோன்றும். உண்மையில் இது புவியைப் போன்றே அதே கோணத்திசைவேகத்துடன் இயங்குகிறது. அதாவது 24 மணி நேரத்தில் ஒரு சுழற்சியை முடிக்கும். எனவே புவியின் மீதுள்ள ஒரு புள்ளிக்கு நேர் மேலே செயற்கைக்கோள் நிலையாக இருப்பது போல் தோன்றுகிறது. செயற்கைக்கோள் புவியிலிருந்து சுமார் 36000 **km** தொலைவில் புவியைச் சுற்றிவரும் பொழுது புவியைப் பொருத்து நிலையாக இருப்பது போல் தோன்றும்.

படம் 10.25, செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்பின் பொதுவான அமைப்பைக் காட்டுகிறது. வான்வெளியில் உள்ள ஒரு செயற்கைக்கோள் பல தரை நிலையங்களை இணைக்கிறது. பயனாளர் தரை நிலையத்துடன் தரைவழி இணைப்பு வலை அமைப்பு மூலம் இணைக்கப்படுகிறார். தொலைபேசி நிலைமாற்று **(switch)** அல்லது தரை நிலையத்திற்கு என ஒதுக்கப்பட்ட இணைப்பு ஆகியவற்றை உள்ளடக்கிய ஒருங்கிணைந்த அமைப்புகளை **(configurations)** வலை அமைப்புகள்



படம் 10.25 செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்பு அமைப்பு

பெற்றிருக்கும். பயனாளரால் உருவாக்கப்படும் சைகையானது செயற்பாங்கு **(processed)** அடையுமாறு செய்யப்படுகிறது. பின்னர் தரை நிலையத்திலிருந்து செயற்கைக் கோளுக்கு அனுப்பப்படுகிறது. செயற்கைக் கோளானது முன்னரே தீர்மானிக்கப்பட்ட மேலிணைப்பு **(uplink)** அதிர்வெண்ணில் பண்பேற்றம் செய்யப்பட்ட **RF** அலைகளை வலை அமைப்பில் உள்ள நிலையங்களிலிருந்து பெற்றுக் கொள்கிறது. அந்த அதிர்வெண்களை பெருக்கி பின்னர் கீழிணைப்பு **(down link)** அதிர்வெண்ணில் தரைக்குத் திருப்பி அனுப்புகிறது. குறுக்கீடுகளைத் தவிர்க்க கீழிணைப்பு அதிர்வெண் மேலிணைப்பு அதிர்வெண்ணிலிருந்து மாறுபட்டு இருக்குமாறு வைக்கப்பட்டிருக்கும். தரை நிலையத்தினால் பெற்றுக் கொள்ளப்படும் பண்பேற்றப்பட்ட ஊர்தி அலைகள் உண்மையான **(original)** தாழ் அலைவெண் **(base band)** சைகையைப் பெறுவதற்காக செயற்பாங்கடையச் செய்யப்படும் **(processed).** இந்தச் சைகையானது தரைவழி வலை அமைப்புகளைக் கொண்டு பயனாளருக்கு அனுப்பப்படும்.

WARC, (World Administrative Radio Conference) 1979 ஒதுக்கீட்டின்படி வர்த்தக தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள்கள், மேலிணைப்பிற்கு **500 MHz** பட்டை அகலத்தை **6 GHz** அதிர்வெண்ணுக்கு அருகிலும் கீழிணைப்பிற்கு **500 MHz** பட்டை அகலத்தை **4 GHz** அதிர்வெண்ணுக்கு அருகிலும் பயன்படுத்திக் கொள்கின்றன. நடைமுறையில் மேலிணைப்பிற்கு **5.725 – 7.075 GHz** அதிர்வெண் பட்டையும், கீழிணைப்புக்கு **3.4 – 4.8 GHz** அதிர்வெண் பட்டையும் பயன்படுகிறது.

நன்மைகள்

(i) செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்பினால் நடமாடும் தகவல் தொடர்பை எளிதாக ஏற்படுத்த முடியும்.

(ii) நீண்ட தொலைவுகளுக்கு தகவல் தொடர்பை ஏற்படுத்தும் போது தரை வழித் தகவல் தொடர்பைக் காட்டிலும் செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்பு சிக்கனமானது.

(iii) ஒளி இழைத் தகவல் தொடர்புடன் ஒப்பிடும் போது செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்பு சிறந்ததாக உள்ளது. ஏனெனில், அனுப்பப்படும் சைகையின் தரம், அனுப்பும் மற்றும் ஏற்கும் நிலையங்களின் இருப்பிடம் ஆகியவை தொலைவைச் சார்ந்தது அல்ல.

(iv) போக்குவரத்து வசதி குறைந்த ஒதுக்குப்புறமான இந்தியாவின் வடகிழக்குப் பகுதிகள், லடாக் போன்ற பகுதிகளுக்கு செயற்கைக் கோள் தகவல் தொடர்பு மிக மிக சிக்கனமானதாகும்.

(v) விபத்தில் சிக்கியவர்களை மீட்பதற்கான தேடுதல் மற்றும் கடல் வழிப் பயணத்திற்கு செயற்கைக் கோள் தகவல் தொடர்பு மற்ற முறைகளுடன் ஒப்பு நோக்கும்போது மிகவும் உயர்வானதாகவும், சிக்கனமானதாகவும் உள்ளது.

குறைபாடுகள்

(i) பேச்சுகளுக்கு (சைகை) இடையே ஏற்படும் கால இடைவெளி எரிச்சலடையச் செய்வதாக உள்ளது. இந்தக் காலதாமதம் செயற்கைக் கோளின் செயல்படு திறனை குறைக்கிறது.

(ii) முழுமையற்ற மின்னெதிர்ப்பு **(impedance)** பொருத்தம் **(match)** எதிரொலிப்பை உண்டாக்கலாம். இதனைத் தடுக்க எதிரொலிப்பு ஒடுக்கியைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

(iii) ஒரு முறை அனுப்பப்பட்ட பின்னர் செயற்கைக் கோளைப் பழுதுபார்த்தல் என்பது இயலாத ஒன்று.

தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

10.1 10 MHz அதிர்வெண்ணும், 10 mV வீச்சும் கொண்ட சைன் வடிவ ஊர்தி அலை ஒன்று 5 KHz அதிர்வெண்ணும் 6mV வீச்சும் கொண்ட சைன் வடிவச் சைகை அலையினால் பண்பேற்றம் செய்யப்படுகிறது. பண்பேற்றம் பெற்ற அலையில் உள்ள அதிர்வெண் கூறுகளையும் அவற்றின் வீச்சினையும் காண்க.

தகவல் : ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் = f_c = 10 MHz

சைகையின் அதிர்வெண் = f_s= 5 kHz = 0.005 MHz

ஊர்தி அலையின் வீச்சு = E_c = 10 mV

செவியுணர் சைகையின் வீச்சு = E_s = 6 mV

பண்பேற்றம் பெற்ற அலையின் அதிர்வெண் கூறுகள் = ?

பண்பேற்றம் பெற்ற அலையின் வீச்சு = ?

தீர்வு : பண்பேற்றம் பெற்ற ஊர்தி அலை கீழ்க்கண்ட அதிர்வெண்களைக் கொண்டிருக்கும்.

(i) உண்மையான ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் = f_c = 10 MHz

(ii) மேல் பக்கப் பட்டையின் அதிர்வெண், $f_c + f_s$ = 10 + 0.005 = 10.005 MHz

(iii) கீழ் பக்கப் பட்டையின் அதிர்வெண் $f_c - f_s$ = 10 – 0.005 = 9.995 MHz

அலைப் பண்பேற்ற எண் $m = \frac{E_s}{E_c} = \frac{6}{10} = 0.6$

மேல் பக்கப் பட்டையின் வீச்சு = கீழ்பக்கப்பட்டையின் வீச்சு

$$= \frac{mE_c}{2} = \frac{0.6 \times 10}{2} = 3\text{mV}$$

10.2 ஒரு FM சைகையின் ஓய்வுநிலை அதிர்வெண் 105 MHz மற்றும் அதன் உயர்ந்தபட்ச அதிர்வெண் 105.03 MHz. இது பண்பேற்றம் செய்யப்படும் போது (i) அதிர்வெண் விலக்கம் (ii) ஊர்தி அலையின் அலைவு ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : ஓய்வு நிலை அதிர்வெண் (f) = 105 MHz

பண்பேற்றம் பெற்ற அலையின் உயர்ந்தபட்ச அதிர்வெண் (f_m) = 105.03 MHz

அதிர்வெண் விலக்கம் Δf =? ஊர்தியின் அதிர்வெண் அலைவு = ?

தீர்வு : அதிர்வெண் விலக்கம் $(\Delta f) = f_m - f$

$$\Delta f = 105.03 - 105 = 0.03 \text{ MHz}$$

ஊர்தி அலையின் அலைவு = $2 \times \Delta f = 2 \times 0.03 = 0.06$ MHz = 60 kHz

தன் மதிப்பீடு

(இந்த தன் மதிப்பீட்டு பகுதியில், கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும் கணக்குகளும் மாதிரிகளே. இவற்றைப்போன்று, பாடப் பகுதியின் எந்த ஒரு வினாவையும் அல்லது கணக்கினையும் வடிவமைக்கலாம். மாணவ, மாணவியர் தன் மதிப்பீட்டுப் பகுதியிலிருந்து மட்டுமல்லாமல், பாடப் பொருளிலிருந்தும் வடிவமைக்கப்படக் கூடிய வினாக்களுக்கும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்)

10.1 உயர் அதிர்வெண் அலைகள் பின்பற்றுவது

(a) தரை அலை பரவலை

(b) பார்வைக் கோட்டின் திசையை

(c) அயனி மண்டலப் பரவலை

(d) புவியின் வளைவை

10.2 பண்பேற்றம் செய்யப்படுவதன் முக்கிய நோக்கம்

(a) வெவ்வேறு அதிர்வெண் கொண்ட இரு அலைகளை இணைக்க

(b) ஊர்தி அலையின் அலை வடிவத்தைப் பெற

(c) குறைந்த அதிர்வெண் கொண்ட தகவலை நீண்ட தொலைவுகளுக்கு திறம்பட அனுப்ப

(d) பக்கப் பட்டைகளை உருவாக்க

10.3 வீச்சுப் பண்பேற்றத்தில்

(a) ஊர்தி அலையின் வீச்சு பண்பேறும் அலையின் வீச்சுக்கு ஏற்ப மாறுபடும்.

(b) ஊர்தி அலையின் வீச்சு மாறாமல் இருக்கும்.

(c) ஊர்தி அலையின் வீச்சு பண்பேறும் அலையின் அதிர்வெண்ணைப் பொருத்து மாறும்

(d) பண்பேற்றும் அதிர்வெண் செவியுணர் அதிர்வெண், நெடுக்கத்தில் இருக்கும்

10.4 வீச்சுப் பண்பேற்றத்தில், பட்டை அகலம்

(a) சைகையின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமமாக இருக்கும்

(b) சைகை அதிர்வெண்ணின் இரு மடங்காக இருக்கும்

(c) சைகை அதிர்வெண்ணின் மும்மடங்காக இருக்கும்

(d) சைகை அதிர்வெண்ணின் நான்கு மடங்காக இருக்கும்

10.5 கட்டப் பண்பேற்றத்தில்

(a) ஊர்தி அலையின் கடடம் மட்டுமே மாறும்

(b) ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் மட்டுமே மாறும்

(c) ஊர்தி அலையின் கட்டம் மற்றும் அதிர்வெண் மாறும்

(d) ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் மற்றும் கட்டம் மாறாது

10.6 ரேடியோ பரப்பியில் உள்ள RF அலைவரிசை உருவாக்குவது ...

(a) செவியுணர் சைகைகள்

(b) உயர் அதிர்வெண் ஊர்தி அலைகள்

(c) செவியுணர் சைகை மற்றும் உயர் அதிர்வெண் ஊர்தி அலைகள்

(d) குறைந்த அதிர்வெண் உடைய ஊர்தி அலைகள்

10.7 ஒவ்வொரு சட்டத்தையும் (படத்தையும்) இரண்டு புலங்களாகப் பிரித்து ஒரு செகண்டுக்கு 50 காட்சிகளை அனுப்புவதன் நோக்கம்

(a) படத்தில் சிமிட்டலைத் தவிர்க்க

(b) உயர்ந்த அதிர்வெண்களைக் கையாளுவது எளிது என்பதால்

(c) 50 Hz என்பது இந்தியாவில் மின்னாற்றல் அனுப்புதலின் அதிர்வெண் என்பதால்

(d) சைகையில் உள்ள தேவையில்லாத இரைச்சல்களை நீக்க

10.8 தொலை நகலியினால் அனுப்ப வேண்டிய அச்சடித்த ஆவணத்தை மின்னலைகளாக மாற்றும் முறை

(a) எதிரொளிப்பு *(b)* வரிக்கண்ணோட்டம்

(c) பண்பேற்றம் *(d)* ஒளி மாறுபாடு

10.9 ரேடியோ அலைகள் பரவும் முறைகள் யாவை?

10.10 தரைமேல் அலை பரவுதல் பற்றி விளக்குக.

10.11 அயனி மண்டலத்தில் அலை பரவுதலை விளக்குக.

10.12 தாவு தொலைவு என்றால் என்ன?

10.13 பண்பேற்றத்தின் அவசியம் யாது?

10.14 வீச்சுப் பண்பேற்றத்தை விளக்குக.

10.15 பண்பேற்ற எண் என்றால் என்ன?

10.16 பட்டை அகலம் என்பதை வரையறு.

10.17 வீச்சுப் பண்பேற்றத்தின் வரம்புகள் யாவை?

10.18 அதிர்வெண் பண்பேற்றத்தை விளக்குக.

10.19 கட்டப் பண்பேற்றம் என்றால் என்ன?

10.20 விண்ணலைக் கம்பியின் திசை நெறிப்படுத்தும் திறன் என்பதை வரையறு.

10.21 AM ரேடியோ பரப்பியின் கட்டப்படம் வரைக.

10.22 FM பரப்பியின் செயல்பாட்டைத் தெளிவான படம் வரைந்து விளக்குக.

10.23 வரிக்கண்ணோட்டம் என்றால் என்ன?

10.24 பின்னிய வரிக் கண்ணோட்டம் என்றால் என்ன?

10.25 வீடிகான் நிழற்பட கருவியின் செயல்பாட்டை விவரி.

10.26 கருப்பு வெள்ளை தொலைக்காட்சி பரப்பியின் வெவ்வேறு பகுதிகளின் செயல்பாட்டை விவரி.

10.27 கருப்பு வெள்ளை தொலைக்காட்சி ஏற்பியின் செயல்முறை கட்டப்படம் வரைந்து விளக்குக.

10.28 ரேடாரின் தத்துவத்தை விளக்குக.

10.29 ரேடாரின் பயன்பாடுகள் யாவை?

10.30 மோடத்தின் தத்துவத்தை விளக்குக.

10.31 தொலைத் தகவல் தொடர்பில் பயன்படுத்தப்படும் பல்வேறு கம்பி மற்றும் கம்பி வடங்கள் யாவை?

10.32 ஒளி இழைத் தகவல் தொடர்பின் நன்மைகள் யாவை?

10.33 ஒரு ஒலிபரப்பு நிலையத்தில் *1000 kHz* ஊர்தி அலை *100–5000 Hz*வரை அதிர்வெண் நெடுக்கமுள்ள செவியுணர் சைகையினால் பண்பேற்றம் செய்யப்படுகிறது, எனில் ***(i)*** மேல் பக்கப் பட்டையின் பெரும மற்றும் சிறும அதிர்வெண்கள் ***(ii)*** கீழ் பக்கப் பட்டையின் பெரும மற்றும் சிறும அதிர்வெண்கள் மற்றும் ***(iii)*** அலைவரிசையின் அகலம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

விடைகள்

10.1 *(c)*	***10.2*** *(c)*	***10.3*** *(a)*	***10.4*** *(b)*
10.5 *(c)*	***10.6*** *(b)*	***10.7*** *(a)*	***10.8*** *(b)*

10.33 *1005 kHz* மற்றும் *1000.1 kHz,*

999.9 kHz மற்றும் *995 kHz, 10 kHz.*

பின்னிணைப்பு

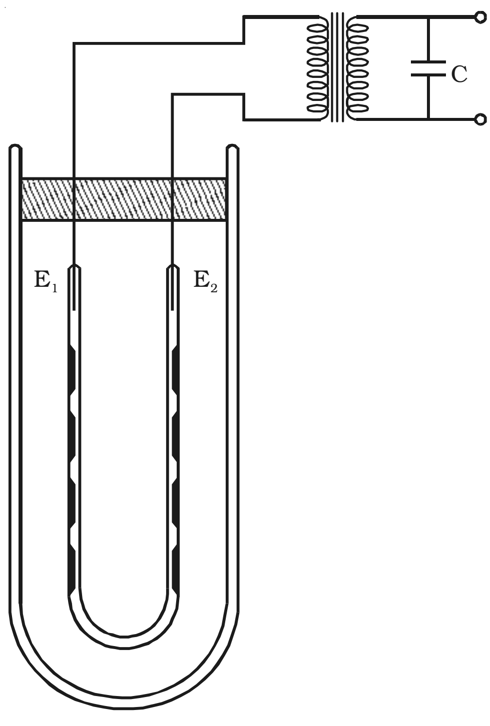
(தேர்வுக்கு உரியதன்று)

ஒளியூட்டப்படுதலில் மின்னிறக்க நிகழ்வின் பயன்பாடுகள்

குறையழுத்தங்களில் ஏற்படும் மின்னிறக்கம், அறிவியல் மற்றும் தொழில் துறையில் பயன்படுகிறது. இவற்றில் முக்கியமானது நிறமாலை ஆய்வுகளில் ஒளிமூலமாகவும், ஒளியைக் கொடுக்கும் ஒளிர் விளக்குகளாகப் பயன்படுவதாகும். இப்பகுதியில் செறிவு மிக்க ஒளியைத் தரும் நவீன விளக்குகளான **(i)** சோடியம் ஆவி விளக்கு **(ii)** பாதரசம் ஆவி விளக்கு மற்றும் **(iii)** ஒளிர் விளக்கு ஆகியவை பற்றி அறியலாம்.

சோடியம் ஆவி விளக்கு (Sodium Vapour lamp)

இவ்விளக்கு சூடேற்றப்பட்ட கேத்தோடு நேர்மின் தம்பம் மின்னிறக்கத்தின் அடிப்படையில் செயல்படுகிறது.



சோடியம் ஆவி விளக்கு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்னிறக்கக் குழாயானது U வடிவில் வளைக்கப்பட்டு இரு முனைகளிலும் E_1, E_2 என்ற இரண்டு மின்வாய்கள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். குழாயின் உட்பகுதியில் சோடியத்தின் துகள்கள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். குழாயினுள் சிறிதளவு நியான் வாயு 10 mm பாதரச அழுத்தத்தில் நிரப்பப்பட்டிருக்கும். இது மின்போக்கினை விரைவில் துவக்க உதவும். இவ்விளக்கு அதிக ஒளியை உமிழ 300^{o} C இருக்க வேண்டும். வெப்ப இழப்பினைத் தவிர்க்க மின்னிறக்கக் குழாயினைச் சுற்றி இரட்டைச் சுவர் கொண்ட வெற்றிடக் குழாய் உள்ளது. மின்போக்கினை துவக்க 400V மின்னழுத்தம் தேவை, இது, ஒரு கசிவு மின்மாற்றி மூலம் பெறப்படும்.

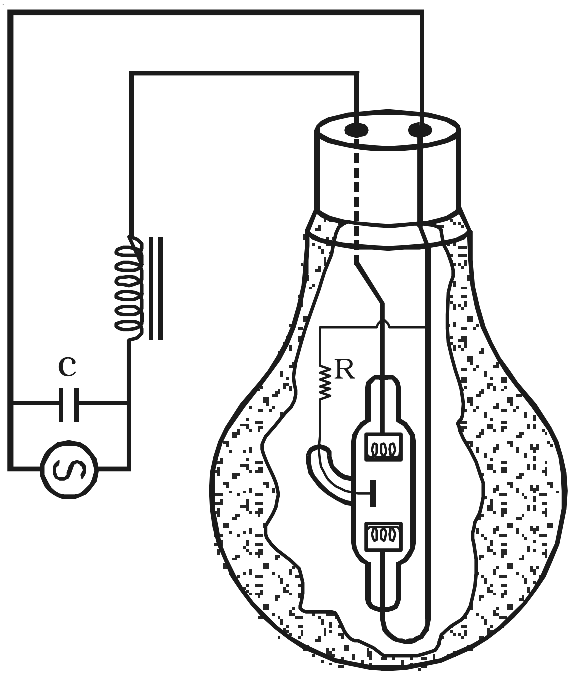
தொடக்கத்தில் நியான் வாயு வழியே மின்போக்கு ஏற்பட்டு சிவப்பு நிற ஒளி தோன்றும். மின்போக்கினால் உண்டாகும் வெப்பம் சோடியத் துகள்களை ஆவியாக்கப் போதுமானது. இதன் விளைவாக பொலிவு மிக்க மஞ்சள் நிற ஒளி வெளிவரும். இந்நிலையில் விளக்கு செயல்பட 220V மட்டும் போதுமானது.

சோடிய ஆவி விளக்கு இயற்பியல் ஆய்வுக் கூடத்தில் ஒற்றை நிற ஒளி மூலமாகச் செயல்படுகிறது. மேலும், பொது இடங்களிலும், கடைகளிலும் பயன்படுகிறது.

(ii) பாதரச ஆவி விளக்கு (Mercury Vapour lamp)

பாதரச ஆவி விளக்கும் சூடேற்றப்பட்ட கேத்தோடு முறையில் சுமார் 600^{o}C வெப்ப நிலையில் செயல்படும். இதன் அமைப்பு சோடிய ஆவி விளக்கினைப் போன்றது.

உட்புறமாக அமைந்துள்ள குழாயில் 10 mm பாதரச அழுத்தத்தில் பாதரசமும், ஆர்கான் வாயு சிறிதளவும் நிரப்பப்பட்டிருக்கும். குழாயின் முனைகளில் இரண்டு முக்கிய மின்வாய்கள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். துவக்கி வைக்கும் மின்வாய் என்ற மற்றொரு மின்வாயும் உண்டு (starting electrode). இந்த அமைப்பானது வெற்றிட உறையால் சூழப்பட்டிருக்கும். துவக்கும் மின்வாய், ஆர்கான் வாயுவின் வழியே மின்போக்கினைத் துவக்கும். சிறிது நேரத்தில் பாதரசம், ஆவியாகி மின்போக்கு ஏற்பட்டு பொலிவான ஒளி ஏற்படும்.

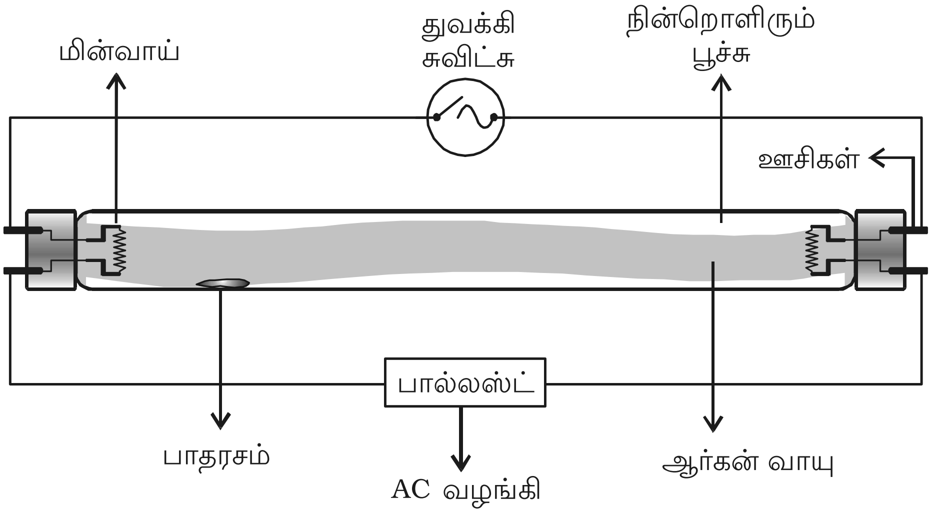


இவ்விளக்கு குறைந்த மின்னழுத்தத்தில் செயல்படும். இம்மின்னழுத்தம் தகுந்த அடைப்புச் சுருள் (choke) மூலம் கொடுக்கப்படும்.

இவ்விளக்கிலிருந்து வரும் ஒளி அதிக அளவில் புறஊதாக்கதிர்கள், ஊதா, நீலம், மற்றும் பச்சை நிற ஒளியைக் கொண்டிருக்கும். பாதரச ஆவி விளக்குகள் பொதுவாக தெருவிளக்காகவும், இயற்பியல் ஆய்வுக் கூடத்திலும் பயன்படுகிறது.

(ii) *ஒளிரும் விளக்கு* (Fluorescent lamp)

ஒளிரும் விளக்கு என்பது, வாயுவில் மின்போக்கு நடைபெறும் வகையைச் சார்ந்ததாகும். இதனை குழல் விளக்கு (tube light) என்றும் கூறுவதுண்டு. முனைகளில் மூடப்பட்ட, முனைக்கு ஒன்றாக, ஒரு சோடி (pair) மின்வாய்கள் உள்ள கண்ணாடிக் குழாய் உள்ளது. குழாயினுள் சிறுதுளி பாதரசமும், ஆர்கன் என்ற மந்த வாயுவும் வைக்கப்பட்டிருக்கும். வாயுவின் அழுத்தம் 1mm என்ற அளவுகளில் குறைவாக இருக்கும். மின்வாய்கள் டங்ஸ்டன் மின்னிழைகளால் ஆனவை. குழாயின் உட்பகுதியில் நின்றொளிரும் பொருள் (phosphor)



பூசப்பட்டிருக்கும். இப்பொருள், புறஊதாக் கதிர்வீச்சால் கிளர்ச்சியடையச் செய்யும் போது கண்ணுரு ஒளியை உமிழும்.

சுவிட்சை இயக்கி, 220V மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்தால், மின்வாய்களுக்கு இடையே உள்ள துவக்கியின் (starter) நியான் விளக்கிற்கு மொத்த மின்னழுத்தம் செயல்படுத்தப்படும். நியான் எரிந்து மின்வாய்களை வெப்பப்படுத்துகிறது. மின்வாய்களில் ஒன்று ஈருலோகப் (bimetallic) பொருளாகும். ஈருலோகம் விரிவடைந்து, மற்றொரு மின்வாயைத் தொடுவதால் துவக்கியில் குறுக்கு மின் சுற்று (short - circuit) ஏற்படுகிறது. இதன் காரணமாக, மின்னிழைகள் வழியே அதிக மின்னோட்டம் பாய்கிறது. மிகக் குறுகிய காலத்தில் மின்னிழைகள் வெப்பமடைகின்றன. நியான் விளக்கு குளர்ச்சியடைகிறது. ஈருலோகம் சுருங்கி, நியான் விளக்கின் மின்சுற்றில் தடை ஏற்படுகிறது. பல்லாஸ்ட் (Ballast) எனப்படும் மின் தூண்டி இருப்பதால் மின்சுற்றில், கண நேரத்திற்கு மின்னழுத்தம் அதிகமாகிறது. இதன் காரணமாக, குழாயின் மின்னிழைகளுக்கு இடையே உள்ள பாதரச, ஆர்கன் கலவையில் மின்போக்கு நடைபெறுகிறது. இந்த மின்போக்கு நிலைப்படுத்தப்பட்டவுடன், துவக்கியில் மின்போக்கு ஏற்படாத அளவிற்கு அதன் குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாடு மிகக் குறைவாக இருக்கும்.

குழாயினுள் மின்னிறக்கம் நடைபெறுவதால், உருவாகும் புற ஊதாக் கதிர்கள், உட்புறச் சுவரினுள் உள்ள நின்றொளிரும் பொருளால் உட்கவரப்பட்டு கண்ணுறு ஒளி உமிழப்படுகிறது.

பல்லாஸ்ட் என்பது 50 Hz அதிர்வெண்ணில் தகுந்த மின்னெதிர்ப்பை ஏற்படுத்தி, குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்கு மின்னோட்டத்தைக் குறைக்கும் ஒரு மின் தூண்டியாகும். குழாயினுள் வாயுவை அயனியாக்கம் செய்யத் தேவையான மின்னழுத்தத்தை அளிப்பது இந்த மின்தூண்டியாகும்.

பொதுவாக, துத்தநாக சல்பேட் மற்றும் காட்மியம் போரேட் போன்றவை நின்றொளிர் பொருள்களாகப் பயன்படுத்தப்படுவதால் வெள்ளொளி உமிழப்படுகிறது. தகுந்த நின்றொளிர் பொருள்களைப் பயன்படுத்தினால் வண்ண ஒளி உமிழப்படும்.

சாதாரண மின்னிழை விளக்கைவிட ஒளிரும் விளக்கின் பொலிவு அதிகம். எனவே, வீடுகளில் இவற்றை அதிகமாகப் பயன்படுத்துகிறோம். இவ்விளக்குகள் கண்களை அதிகம் கூச்சமாக்கச் (glare) செய்யாது. பொருளின் அடர்வுமிக்க நிழலை உருவாக்காது. இவ்விளக்குகளின் சராசரி ஆயுள் காலம் அதிகம்.

நவீன தொலைக்காட்சித் திரை

தொலைக்காட்சி ஏற்பியில் பயன்படும் படக்குழாய்க்கு (CRT) அதிக மின்னோட்டமும் அதிக மின்னழுத்தமும் தேவைப்படுகிறது. படக்குழாயானது, வலிமைமிக்க மின்காந்தப் புலங்களையும் உருவாக்குகிறது. வலிமை வாய்ந்த மின்காந்தக் கதிர்வீச்சுகள் மனிதக் கண்களை பாதிப்படையச் செய்கின்றன. மேலும் படக்குழாய் அதிக இடத்தை அடைத்துக் கொள்கிறது. இவற்றைத் தவிர்க்க, தற்காலத்தில், லேப்-டாப் கணிணிகளில் (lap-top) உள்ளதைப் போன்ற தட்டையான திரைகள், படக்குழாய்க்கு மாற்றாக பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இந்தத் தட்டைத்திரை காட்சியை ஏற்படுத்த ஒளி உமிழ் டையோடுகள் (LED) அல்லது திரவப் படிகக் காட்சி (LCD) போன்ற தொகுப்பு பயன்படுத்தப்படுகிறது. எதிர்வரும் காலங்களில் கணிணித் திரைகள், தொலைக்காட்சி படக்குழாய் போன்றவற்றில் கேதோடுக் கதிர்குழாய்க்குப் பதிலாக LCD காட்சியே பயன்படும்.

அடிப்படையான இயற்பியல் மாறிலிகளும் பயனுள்ள தகவலும்

1.	அணு நிறை அலகு	amu	1.66×10^{-27} kg
2.	அவகாட்ரோ எண்	N_A	6.02×10^{23} mol^{-1}
3.	எலக்ட்ரானின் நிறை	m_e	9.11×10^{-31} kg
4.	எலக்ட்ரான் - வோல்ட்	eV	1.602×10^{-19} J
5.	அடிப்படை மின்னூட்டம்	e	1.602×10^{-19} C
6.	நியூட்ரானின் நிறை	m_n	1.67×10^{-27} kg
7.	வெற்றிடத்தின் உட்புகுதிறன்	μ_o	$4\pi \times 10^{-7}$ H/m
8.	வெற்றிடத்தின் விடுதிறன்	ε_o	8.854×10^{-12} C^2 N^{-1} m^{-2}
9.	பிளாங் மாறிலி	h	6.626×10^{-34} Js
10.	புரோட்டானின் நிறை	m_p	1.67×10^{-27} kg
11.	எலக்ட்ரானின் மின்னூட்ட நிறைத் தகவு	e/m	1.759×10^{11}C/kg
12.	போர் ஆரம்	r_1	0.53Å
13.	ரிட்பர்க் மாறிலி	R	1.094×10^{7} m^{-1}
14.	1 amu-க்கான ஆற்றல்		931 MeV
15.	ஹைட்ரஜனின் அடி நிலை ஆற்றல்		–13.6 eV
16.	வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம்		3.00×10^{8} m/s

மேற்கோள் நூல்கள் (Bibliography)

Advanced Physics, *Keith Gibbs, Cambridge University Press (1996).*

College Physics, *R.L. Weber, K.V. Manning, M.W. White and G.A. Weygand, Tata McGraw Hill (1977).*

Fundamentals of Physics, *Sixth Edition, David Halliday, Robert Resnick and Jeart Walker, John Wiley (2001).*

Fundamental University Physics, *M. Alonso & E.J. Finn, Addison - Wesley (1967).*

General Physics, *Morton M. Sternheim and Joseph W. Kane, John Wiley (1986).*

Physics Foundations and Frontiers, *G. Gamov and J.M. Clereland, Tata McGraw Hill (1978).*

University Physics, *H.D. Young, M.W. Zemansky and F.W. Sears, Narosa Publications House (1982).*

University Physics, *Ronald Lane Reese, Brookes/cole Publishing Company (1998).*

Introduction to Atomic and Nuclear Physics - *H.Semat and J.R. Albright.*

Nuclear Physics - *D.G. Tayal, Himalaya Publishing House.*

Electronic Principles - *Malvino, Third Edition, Tata Mcgraw Hill Publishing Company Ltd., New Delhi (1984).*

Contd....,

Electronic Devices and Circuits, *Theodore F-Bogart, Universal Book Stall, New Delhi (1990).*

Digital Principles and Applications, *Albert Paul Malvino & Donald P. Leach, Third Edition, Tata Mcgraw Hill Publishing Company Ltd., New Delhi (1981)*

Hand Book of Electronics, *Gupta & Kumar - Pragati Prakashan, Meerut.*

Digital Fundamentals - *Third Edition, Floyd***,** *Universal Book Stall, New Delhi (1986).*

Electronics Communications, *Roddy Coolen - Prentice Hall of India.*

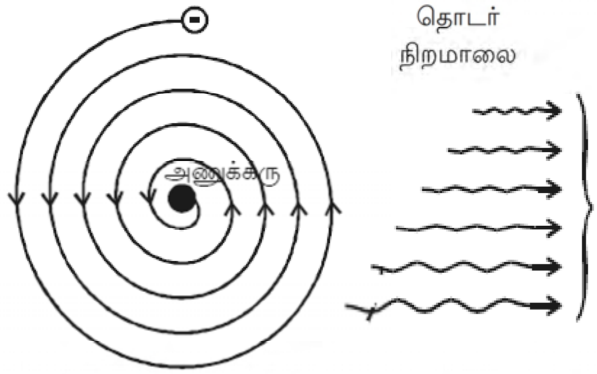
Communication Electronics - Principles and Applications, *Third Edition, Louis E.Frenzel, Mc Graw - Hill, New York (2000).*

Basic Television and Video Systems, *Fifth edition, Bernard Grob, Mc Graw Hill, New York (1984).*

திருத்தப்பட்ட பக்கங்கள்

(மே 2016)

(i) வட்டப் பாதையில் இயங்கும் எலக்ட்ரான் முடுக்கம் பெறுகிறது. மின்காந்தக் கொள்கையின்படி, முடுக்குவிக்கப்பட்ட மின்னூட்டம், மின்காந்த அலைகளாக ஆற்றலை கதிர்வீச வேண்டும். இவ்வாறாக முடுக்குவிக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான் ஆற்றலை இழந்து, சுருள் பாதையில் **(spiral)** சென்று அணுக்கருவில் விழுந்துவிடும் (படம் 6.9b). இதனால் அணுவானது நிலைத்தன்மையுடன் இருக்க முடியாது. ஆனால், எண்ணற்ற அணுக்கள் நிலைத்தன்மையுடன் விளங்குகின்றன.



படம் 6.9 b எலக்ட்ரான் செல்லும் சுருள்பாதை

(ii) பண்டைய மின்காந்தக் கொள்கையின்படி, முடுக்குவிக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான், அதன் கோணத்திசைவேகத்திற்கு நேர்த்தகவில் அமையும் அதிர்வெண்ணுடன் ஆற்றலை கதிர் வீசுகிறது. எனவே, எலக்ட்ரானானது சுருள் பாதையில் அணுக்கருவை நோக்கிச் செல்கையில், அதன் கோணத்திசைவேகம் ஈறிலா மதிப்பினைப் பெற முயல்கிறது. இதனால் ஆற்றலின் அதிர்வெண்ணும் ஈறிலா மதிப்பைப் பெற முயல்கிறது. இதன் விளைவாக அணுவானது அனைத்து அலைநீளங்களையும் கொண்ட தொடர் நிறமாலையை வெளிவிடவேண்டும். ஆனால், அணுவிலிருந்து, ஒரு சில குறிப்பிட்ட நிலையான அலைநீளங்கள் உடைய வரி நிறமாலைகள் பெறப்படுகின்றன என ஆய்வுகள் வெளிப்படுத்துகின்றன.

6.2.4 *போர் அணு மாதிரி*

1913ல் நீல்ஸ்போர் என்ற அறிஞர், அணுவின் நிலைத்தன்மை மற்றும் நிறமாலை வரிகளை உமிழ்தல் ஆகியவற்றை விளக்க, ருதர்போர்டு மாதிரியினை மாற்றியமைத்து இரண்டு எடுகோள்களைக் கூறினார்.

1. ஒரு எலக்ட்ரான் அணுக்கருவைச் சுற்றியுள்ள அனைத்துச் சுற்றுப் பாதைகளிலும் சுற்றிவர முடியாது. எலக்ட்ரான்கள், அனுமதிக்கப்பட்ட சுற்றுப்பாதைகளில் மட்டுமே அணுக்கருவைச் சுற்றி வர முடியும். அப்பொழுது எலக்ட்ரானின் கோண உந்தம் $\frac{h}{2\pi}$ ன் முழு மடங்குகளாக இருக்க வேண்டும். (இதில் $h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js, ப்ளாங்க் மாறிலி) இந்த பாதைகள் நிலைத்தன்மை பெற்ற பாதைகள் அல்லது கதிர்வீசாப் பாதைகள் எனப்படும். இப்பாதையில் இயங்கும் எலக்ட்ரான்கள் ஆற்றலை கதிர்வீசுவதில்லை.

அனுமதிக்கப்பட்ட, r ஆரமுடைய பாதையில் செல்லும் எலக்ட்ரானின் நிறை m, திசைவேகம் v எனில் அதன் கோணஉந்தம், $mvr=\frac{nh}{2\pi}$ இதில் n என்பது முதன்மை குவாண்டம் எண். இது *1,2,3...* மதிப்புகளைப் பெறும். இது போரின்(குவாண்டமாக்கல்) வரையறுத்தல் நிபந்தனை ஆகும். *(Bohr's quantization condition).*

(ii) அதிக ஆற்றல் கொண்ட கதிர்வீசாப் பாதையிலிருந்து, குறைந்த ஆற்றல் கொண்ட கதிர்வீசாப் பாதைக்கு எலக்ட்ரான் தாவும்போது மட்டுமே அணுவானது ஆற்றல் கதிர்வீச்சை வெளிவிடும்.

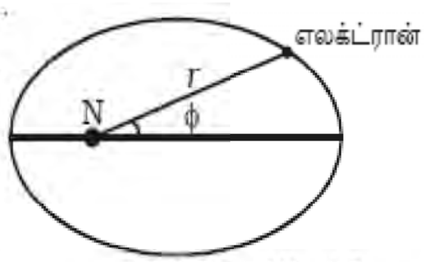
6.2.10 சாமர்பெல்டு அணுமாதிரி

நிறமாலையின் நுண்வரிகளை விளக்க சாமர்பெல்டு என்பவர் போர் மாதிரியில் இரண்டு மாற்றங்களைச் செய்தார்.

(i) சாமர்பெல்டு மாதிரிப்படி, அணுக்கருவைச் சுற்றிவரும் எலக்ட்ரானின் பாதை, அணுக்கருவினை ஒரு குவியமாகக் கொண்ட நீள் வட்டமாகும்.

(ii) நீள்வட்டப் பாதையில் செல்லும் எலக்ட்ரானின் திசைவேகம், சுற்றுப் பாதையின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் மாறுபடுகிறது. இந்த மாறுபாடு, நகரும் எலக்ட்ரானின் நிறையில், சார்பைப் பொருத்து ஏற்படும் மாறுபாட்டைத் தோற்றுவிக்கும்.

நீள்வட்டப் பாதையில் இயங்குவதாகக் கொண்டால், இரண்டு மாறுபடும் மதிப்புகளைப் பற்றி அறிய வேண்டும் *(i)* அணுக்கருவைச்சார்ந்து எலக்ட்ரானின் மாறுபடும் தொலைவு *(r)* *(ii)* அணுக் கருவினைச் சார்ந்து எலக்ட்ரானின் கோண நிலை ***(angular position)*** (ϕ) (படம் 6.13).



படம் 6.13 சாமர்பெல்டு அணுமாதிரி

இந்த மாறுபடும் மதிப்புகளைப் பற்றி அறிய இரண்டு குவாண்டம் எண்கள் அறிமுகப்படுத்தப்படுகின்றன.

(i) போர் கொள்கையின் முதன்மை குவாண்டம் எண் *(n)* எலக்ட்ரானின் ஆற்றலைக் குறிப்பிடுகிறது *(ii)* சுற்றுப்பாதை அல்லது கோண உந்த குவாண்டம் எண் l என்பது சுற்றுப்பாதையின் கோண உந்தத்தின் சிறப்பினைக் குறிக்கிறது. அதாவது, எலக்ட்ரானின் சுற்றுப்பாதையில் கோண உந்தத்தினைக் கொடுக்கும். இது சுழி முதல் $(n - 1)$ வரை மதிப்புகளைப் பெறும்.

இருக்கக் கூடிய நீள்வட்டப் பாதைகளைக் காண சுற்றுப்பாதை குவாண்டம் எண் உதவும்.

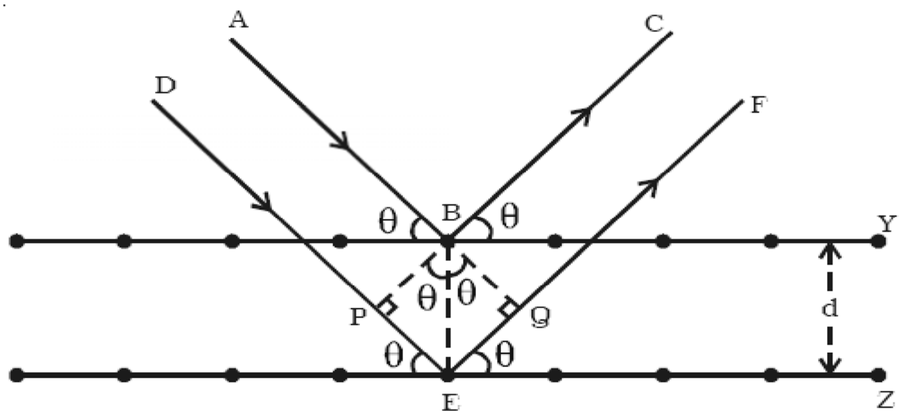
$\frac{b}{a} = \frac{l+1}{n}$ என்பதன் படி நீள்வட்டப் பாதைகள் அமைகின்றன.

இதில் a, b என்பன முறையே நீள்வட்டத்தின் அரை நெட்டச்சு *(semi-major axes)* அரை சிற்றச்சு *(semi-minor axes)* ஆகும்.

சாமர்பெல்டு மாதிரிப்படி, ஒரு குறிப்பிட்ட முதன்மை குவாண்டம் எண்ணிற்கு *(n)* சம எண்ணிக்கை கொண்ட *(n)* துணைக் கூடுகள் அல்லது துணைப்பாதைகள் இருக்கும். இந்த n துணைக் கூடுகளில் ஒன்று மட்டும் வட்டப்பாதையாகும். எஞ்சிய $(n-1)$ நீள் வட்ட வடிவில் இருக்கும்.

இந்தத் துணைக் கூடுகளில் எலக்ட்ரானின் சார்பு நிறை மாறுபடுவதால் ஆற்றல் வேறுபட்டிருக்கும்.

$n=1$ என்ற முதல் ஆற்றல் மட்டத்தைக் கருதுவோம். $n = 1$ எனில் $l = 0$. இந்த ஆற்றல் மட்டத்தில் எலக்டரானுக்கு ஒரே ஒரு சுற்றுப்பாதை அல்லது துணைக்கூடு மட்டுமே இருக்கும். மேலும் $a = b$ எனில் நீள்வட்டத்தின் இரு அச்சுகளும் சமமாகும். இதனால் $n = 1$ என்ற பாதை வட்டமாகும். இது s துணைக்கூடு எனப்படும். இந்த துணைக்கூடு $n = 1$ க்கு உரியதால், இதனை $1\ s$ எனலாம் (படம் 6.14a)



படம் 6.18 பிராக் விதி

கதிர்களுக்கு இடையேயான பாதை வேறுபாடு $PE + EQ$ ஆகும்.

$$\Delta \text{ PBE ல் } \sin\theta = \frac{PE}{BE} \text{ அல்லது } PE = BE \sin\theta = d \sin\theta$$

$$\Delta \text{ QBE ல் } \sin\theta = \frac{EQ}{BE} \text{ அல்லது } EQ = BE \sin\theta = d \sin\theta$$

$\therefore$ பாதை வேறுபாடு $= PE + EQ = d \sin\theta + d \sin\theta = 2d \sin\theta$

இந்த பாதை வேறுபாடு $2d \sin\theta$ன் மதிப்பு X–கதிரின் அலைநீளத்தின் முழு எண் மடங்குகளாக இருந்தால், ஆக்கக் குறுக்கீடு ஏற்பட்டு பெருமச் செறிவு உண்டாகும்.

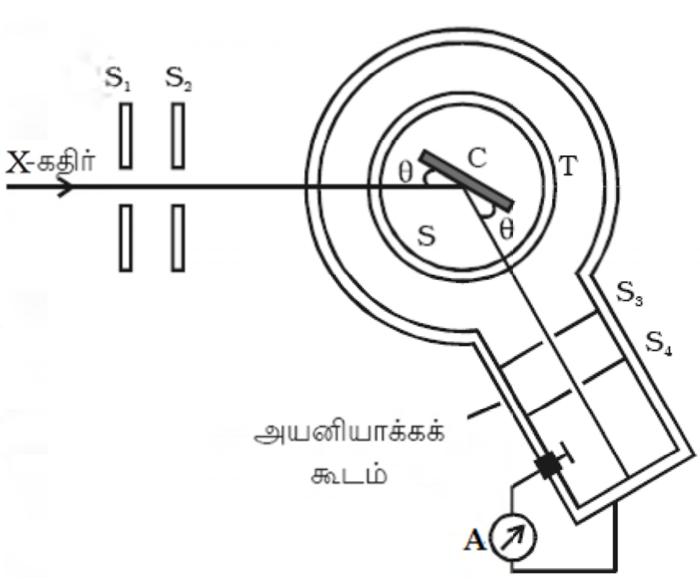
$\therefore 2d \sin\theta = n\lambda$ இங்கு $n = 1, 2, 3 \ldots$

இதுவே பிராக் விதி ஆகும்.

6.3.9 பிராக் X-கதிர்நிறமாலைமானி

பிராக் நிறமாலைமானி படத்தில் (படம்6.19) காட்டப் பட்டுள்ளது. X–கதிரின் அலை நீளத்தினைக் கணக்கிட உதவும் இதன் அமைப்பு ஒளி யியல் நிறமாலை மானியைப் போன்றது.

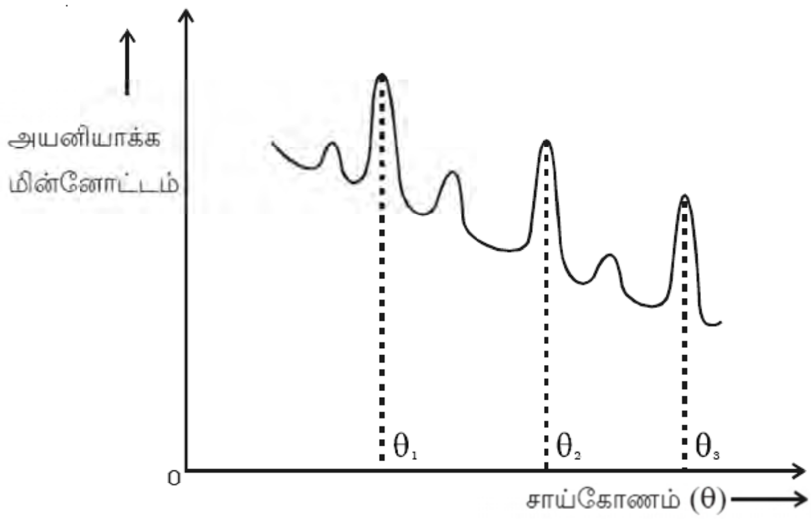
X–கதிர் குழாயிலிருந்து வரும் X–கதிர்கள் S_1, S_2 என்ற மெல்லிய பிளவுகள் வழியே அனுப்பப்பட்டு மெல்லிய கற்றையாக்கப்படுகின்றன. இக்கற்றை, நிறமாலைமானியின் மேடை மீதுள்ள ‘C’ என்ற படிகத்தின் மீது (பொதுவாக சோடியம்



படம் 6.19 பிராக் நிறமாலைமானி

குளோரைடு) விழுமாறு செய்யப்படுகிறது. இந்த மேடையானது செங்குத்து அச்சினைப் பொருத்து சுழலும். சுழற்சியினை வட்ட அளவு கோல் மூலம் அளக்கலாம். பிரதிபலிக்கப்பட்ட X– கதிர்கற்றை S_3, S_4 என்ற பிளவுகள் வழியே சென்று, அயனியாக்கக் கூடத்தில் (**ionisation chamber**) நுழையும். X–கதிர்கள், கூடத்தில் உள்ள வாயுவினை அயனியாக்கும். இதனால் மின்வாய்களுக்கிடையே உண்டாகும் மின்னோட்டத்தினை அம்மீட்டர் (A) மூலம் அளக்கலாம். அயனியாக்க மின்னோட்டமானது, படிகத்தால் பிரதிபலிக்கப்பட்ட X–கதிரின் செறிவினைப் பொருத்து அமையும்.

வெவ்வேறு சாய்கோணங்களில் (θ) அயனியாக்க மின்னோட்டம் அளக்கப்பட்டு, இம்மதிப்புகள் வரைபடத்தில் (படம் 6.20) குறிக்கப்படுகின்றன. குறிப்பிட்ட சில சாய்கோணங்களுக்கு அயனியாக்க மின்னோட்டம் திடீரென்று உயரும். முதல் பெரும மதிப்பு முதல் வரிசையையும் எனவும், இரண்டாவது பெரும மதிப்பு, இரண்டாம் வரிசையையும் குறிக்கின்றன. வெவ்வேறு வரிசைகளுக்கான



படம் 6.20 சாய்கோணம் - அயனியாக்க மின்னோட்டம் வரைபடம்

சாய்கோணங்களை அளக்கலாம். தெரிந்த சாய்கோணம் θ மற்றும் அணிக்கோவை இடைவெளி d மதிப்புகளைக் கொண்டு X கதிரின் அலைநீளத்தினைக் கணக்கிடலாம்.

6.3.10 X–கதிர் நிறமாலை - தொடர் மற்றும் சிறப்பு X–கதிர் நிறமாலை

X–கதிர் குழாயிலிருந்து தோன்றும் நிறமாலை இரண்டு வேறுபட்ட பகுதிகளைக் கொண்டது.

(i) தொடர் X–கதிர் நிறமாலை

கண்ணுறு ஒளியின் தொடர் நிறமாலையைப் போன்று, X–கதிர் நிறமாலையிலும் சிறிய அலைநீளம் முதல் பெரும மதிப்பு வரை அனைத்து அலைநீளங்களும் இருக்கும்.

6.8 அணுவில் எலக்ட்ரான்களின் நீள்வட்டப் பாதை கருத்தினைக் கூறியவர்

(a) J.J. தாம்சன் (b) போர்

(c) சாமர்பெல்டு (d) டி பிராலி

6.9 X கதிர் என்பது

(a) இயக்க ஆற்றலை கதிர்வீசலாக மாற்றும் நிகழ்ச்சி

(b) உந்தம் மாற்றப்படுதல்

(c) ஆற்றல் - நிறையாக மாற்றமடைதல்

(d) மின்னூட்ட அழிவின்மைத் தத்துவம்

6.10 Xகதிர் குழாயில் வெளிப்படும் X கதிர்களின் செறிவினை எவ்வாறுஅதிகரிக்கலாம்?

(a) மின்னிழையின் மின்னோட்டத்தினை அதிகரிப்பதன் மூலம்

(b) மின்னிழையின் மின்னோட்டத்தினைக் குறைப்பதன் மூலம்

(c) இலக்கின் மின்னழுத்தத்தினை அதிகரிப்பதன் மூலம்

(d) இலக்கின் மின்னழுத்தத்தினைக் குறைப்பதன் மூலம்

6.11 கூலிட்ஜ் குழாயில் தோன்றும் சிறப்பு Xகதிர் ஃபோட்டானின் ஆற்றல் எவ்வாறு பெறப்படுகிறது?

(a) இலக்கின் கட்டற்ற எலக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றலிலிருந்து

(b) இலக்கின் அயனிகளின் இயக்க ஆற்றலிலிருந்து

(c) மோதும் எலக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றலிலிருந்து

(d) இலக்கின் அணு தாவும்போது

6.12 கூலிட்ஜ் குழாய் ஒன்று 24800 V மின்னழுத்தத்தில் செயல்படுகிறது. தோன்றும் Xகதிர்களின் பெரும அதிர்வெண்

(a) 6×10^{18} Hz (b) 3×10^{18} Hz

(c) 6×10^{8} Hz (d) 3×10^{8} Hz

6.13 ஹைட்ரஜன் அணுவில் பின்வரும் பெயர்வுகளில் எதில் பெரும அலைநீளம் தோன்றும்?

(a) $2 \rightarrow 1$ (b) $4 \rightarrow 1$

(c) $6 \rightarrow 5$ (d) $5 \rightarrow 2$

6.14 ஹைட்ரஜன் அணுவில் பின்வருமாறு எலக்ட்ரான்கள் தாவும் பொழுது, எதில் பெரும அதிர்வெண் கொண்ட கதிர்வீச்சு தோன்றும்?

(a) $2 \rightarrow 1$ (b) $6 \rightarrow 2$

(c) $4 \rightarrow 3$ (d) $5 \rightarrow 2$

7.28 கால நீட்டிப்பை விவரி..

7.29 பொருள் ஒன்று, ஒளியின் திசைவேகத்தில் இயங்கும் போது அதன் நிறை யாது?. உனது முடிவிற்கான விளக்கம் தருக

7.30 ஐன்ஸ்டீன் நிறை - ஆற்றல் இணைமாற்றுச் சமன்பாட்டை வருவி.

கணக்குகள்

7.31 உலோகம் ஒன்றின் ஒளிமின் விளைவிற்கான வெட்டு அலைநீளம் 5000 Å. *(i)* வெளியேற்று ஆற்றலை எலக்ட்ரான் வோல்டிலும் *(eV)* மற்றும் *(ii)* 4000 Å அலைநீள ஒளியால் வெளிப்படும் எலக்ட்ரானின் இயக்கஆற்றலை எலக்ட்ரான் வோல்டிலும் *(eV)* கணக்கிடுக.

7.32 குறிப்பிட்ட உலோகம் ஒன்றிலிருந்து $670\ nm$ அலைநீளம் கொண்ட சிவப்புஒளி வெளிப்படுத்தும் எலக்ட்ரான்களுக்குத் தேவைப்படும் நிறுத்துமின்னழுத்தம் $0.5\ V$. உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றல் மற்றும் வெட்டு அலைநீளம் யாது?

7.33 இலக்கு பொருளின் வெளியேற்று ஆற்றல் $1.24\ eV$ மற்றும் படும் கதிர்வீச்சின் அலைநீளம் $4.36 \times 10^{-7}\ m$ எனில், ஒளிஎலக்ட்ரானின் திசைவேகத்தைக் கணக்கிடுக.

7.34 எலக்ட்ரானின் ஓய்வு நிறை $9.1 \times 10^{-31}\ kg$. ஒளியின் திசைவேகத்தில் (4/5) பங்கு திசைவேகத்தில் இயங்கும் போது அதன் நிறை யாது?

7.35 *(i)* சீசியம் மற்றும் *(ii)* நிக்கல் பரப்புகளில் இருந்து ஒளி எலக்ட்ரான்களை வெளியேற்றும் ஃபோட்டான்களின் பயன் தொடக்க அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடுக. (சீசியத்தின் வெளியேற்று ஆற்றல் $1.8\ eV$ மற்றும் நிக்கலின் வெளியேற்று ஆற்றல் $5.9\ eV$).

7.36 ஒளி எலக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் $10^4\ ms^{-1}$ எனில் பொட்டாசியம் உலோகத்தின் மீது விழும் கதிர்வீச்சின் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடுக.பொட்டாசியத்தின் வெளியேற்று ஆற்றல் $2.3\ eV$.

7.37 மூலம் (source) ஒன்றிலிருந்து பெறப்படும் 2271 Å அலைநீளம் கொண்ட புறஊதாக் கதிர், மாலிப்டின உலோகத்தால் உருவாக்கப்பட்ட ஒளிமின்கலத்தின் மீது விழுகின்றன. நிறுத்து மின்னழுத்தம் $1.3\ V$ எனில், உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றலைக் கணக்கிடுக. $He - Ne$ லேசரிலிருந்து பெறப்படும் செறிவு மிக்க$(10^5\ Wm^{-2})$ 6328 Å அலைநீளம் கொண்ட சிவப்பு ஒளிவிழும்போது என்ன நிகழும்?

7.38 இரும்பின் வெளியேற்று ஆற்றல் $4.7\ eV$. இதற்கான வெட்டு அதிர்வெண் மற்றும் அதற்குரிய வெட்டு அலைநீளம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

7.39 ஓய்வு நிலையில் உள்ள ஆய்வாளரால் கணக்கிடப்படும் கால இடைவெளி $2.5 \times 10^{-8} s$. $v = 0.73\ c$ என்ற திசைவேகத்தில் இயங்கும் ஆய்வாளரால் கணக்கிடப்படும் கால இடைவெளி யாது?

7.40 எலக்ட்ரானின் ஓய்வு ஆற்றலை *MeV* ல் கணக்கிடுக.(எலக்ட்ரானின் நிறை 9.11×10^{-31} *kg*).

7.41 ஒளியின் திசைவேகத்தில் 0.900 பங்கு வேகத்தில் செல்லும் புரோட்டான் ஒன்றின் இயக்க ஆற்றலை *joule* மற்றும் *MeV*-ல் கணக்கிடுக

விடைகள்

7.1 (a) **7.2** (a) **7.3** (b) **7.4** (a)

7.5 (d) **7.6** (d) **7.7** (a) **7.8** (c)

7.9 (c) **7.10** (a)

7.31 2.475 eV, 0.62 eV **7.32** 1.354 eV, 917.2 nm

7.33 $7.52 \times 10^5\ ms^{-1}$ **7.34** 15.16×10^{-31} kg

7.35 4.34×10^{14} Hz; 1.42×10^{15} Hz

7.36 0.56×10^{15} Hz

7.37 4.166 eV, $\nu_o > \nu$, என்பதால் எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படமாட்டாது.

7.38 1.1×10^{15} Hz ; 2.64×10^2 nm **7.39** 3.658×10^{-8} s

7.40 0.512 MeV **7.41** 1.955×10^{-10} J ; 1221.8 MeV